

**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA – INPA**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS - UFAM**

**Estrutura de comunidades de peixes de igarapés de terra firme na Amazônia Central: composição, distribuição e características tróficas**

**Maeda Batista dos Anjos**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Tropical e Recursos Naturais do convênio INPA/UFAM, como parte dos requisitos para a obtenção do título de mestre em Ciências Biológicas, área de concentração em Biologia de Água Doce e Pesca Interior.

**MANAUS – AM**  
**2005**

**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA – INPA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS - UFAM**

**Estrutura de comunidades de peixes de igarapés de  
terra firme na Amazônia Central: composição,  
distribuição e características tróficas**

**Maeda Batista dos Anjos**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Tropical e Recursos Naturais do convênio INPA/UFAM, como parte dos requisitos para a obtenção do título de mestre em Ciências Biológicas, área de concentração em Biologia de Água Doce e Pesca Interior.

**Orientador: Dr. Jansen A. S. Zuanon**

**Fontes Financiadoras:**

**CNPq: Processo 130789 / 2003-8**

**PDBFF – INPA/SI**

**MANAUS – AM**

**2005**

## FICHA CATALOGRÁFICA

574.52632 Anjos, Maeda Batista dos. 2005  
A599e

**Estrutura de comunidades de peixes de igarapés de terra firme na Amazônia Central: composição, distribuição e características tróficas /**  
Maeda Batista dos Anjos. – Manaus: 2005.

68f.: il. color., mapa

Dissertação de Mestrado. INPA/UFAM, 2005.

1. Igarapés de cabeceira; 2. Ictiofauna; 3. Composição de espécies;  
4. Estrutura trófica; 5. Amazônia Central.

CDD 19° ed.

### **Sinopse**

Com intuito de verificar como a distribuição, composição de espécies e características tróficas da ictiofauna variam entre igarapés de 1ª a 3ª ordens, foram estudados nove riachos localizados nas áreas das reservas do PDBFF, Amazônia Central. Avaliou-se também um tamanho amostral mínimo capaz de gerar estimativas seguras de riqueza de espécies para pequenos igarapés de cabeceira dessa região. As análises multivariadas revelaram que tanto a composição de espécies quanto as características tróficas da ictiofauna variam longitudinalmente no sistema de drenagem (ou na bacia de drenagem), e que tais variações estão associadas às características morfométricas e hidráulicas do canal.

**Palavras-chave:** Igarapés de cabeceira; ictiofauna; composição de espécies; estrutura trófica; Amazônia Central.

*Dedico essa dissertação aos meus amados pais, José (in memoriam) e Maria e a minha querida irmãzinha, Wanessa, pelo imenso amor e confiança dados a mim. Amo muito vocês!*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por sempre ter me guiado em minhas escolhas e iluminado os meus caminhos.

Ao Dr. Jansen Zuanon, pela cuidadosa orientação, pela amizade, pela enorme paciência e pelos preciosos ensinamentos, que muito contribuíram para meu crescimento, enquanto pesquisadora e bióloga. Também pelo auxílio na identificação dos peixes.

Ao CNPq, pelo auxílio financeiro, através da concessão da bolsa de mestrado.

Ao Projeto de Dinâmica Biológica de Fragmentos Florestais (PDBFF), pelo suporte financeiro e logístico aos trabalhos de campo.

Ao INPA e à UFAM, pela grande oportunidade de realizar meu mestrado nos igarapés da Amazônia.

Aos professores do curso BADPI, por todo o conhecimento amazônico a mim transmitido, que muito contribuiu para realização desta dissertação.

Aos professores doutores que constituíram a banca avaliadora deste trabalho: Carlos Edwar de C. Freitas (UFAM), Érica P. Caramaschi (UFRJ), José Sabino (UNIDERP-MS), Lílían Casatti (UNESP - São José do Rio Preto) e Virginia S. Uieda (UNESP – Botucatu), pelas valiosas contribuições.

Ao Dr. Carlos Edwar C. Freitas, pela orientação nas análises estatísticas.

Ao MSc. Fernando P. Mendonça, pela amizade, pelo empréstimo dos aparelhos eletrônicos para medidas limnológicas e também pela grande ajuda na parte de análises estatísticas.

À MSc. Lucélia N. Carvalho e principalmente aos técnicos de campo do PDBFF, em especial ao Juruna e ao Léo, pela grande e imprescindível ajuda nos trabalhos de campo.

À MSc. Ana Maria Oliveira Pes, pelo grande auxílio na identificação dos invertebrados.

Ao MSc. Marcelo Moreira (querido Pinguela), pela edição do mapa e pela ajuda na análise das imagens do dossel.

Ao Dr. Rosseval G. Leite, por ceder as dependências e os equipamentos do laboratório sob sua responsabilidade.

À Maria do Carmo Arruda (Carminha), por estar sempre pronta a ajudar e pelo imenso apoio prestado por meio da secretária do curso do BADPI.

Aos meus companheiros de turma: Ana Cristina, Aprígio, Alzira, Gilberto, Grace, Karen, Leocy, Marcelo, Renato, Rafael, Suelen e Vivien, pelo agradável convívio e pelo grande apoio e amizade tão valiosos durante esses dois anos de mestrado longe de casa.

Às meninas da “Casa das Sete Mulheres”: Rafaela (Finha), Liana (Lili), Gina (Nininha), e Silvia (Silvita) e também à Ana Maria Dias (Bananinha), à Janaína Paulocci (Jana), ao Renilto e à Dona Rita, pela amizade, pelo carinho e por terem se tornado uma verdadeira família para mim, durante esses dois anos em Manaus.

A toda minha querida família, pelas orações, pela confiança e amor dedicados a mim e que foram extremamente importantes para suportar os momentos adversos e a enorme saudade de casa.

À Janaína Brito (Chaveirinho), pela amizade verdadeira, desde os tempos de graduação na UFMT, e pelo grande carinho e apoio recebidos, principalmente durante o nosso convívio em Manaus.

Ao Renildo, por todo amor, carinho, cuidado e apoio tão importantes na minha vida.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	iii
LISTA DE TABELAS.....	iv
RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	vii
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Considerações gerais.....	1
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	7
2.1. Área de estudo.....	7
2.2. Procedimentos de coleta de dados.....	8
2.2.1. Amostragem da ictiofauna.....	10
2.2.2. Variáveis ambientais.....	11
2.3. Análise dos dados.....	13
2.3.1. Estabelecimento do tamanho amostral mínimo.....	13
2.3.2. Parâmetros da comunidade íctica.....	14
2.3.3. Classificação trófica.....	15
2.3.4. Relações entre a composição de espécies, estrutura trófica da ictiofauna e variáveis ambientais.....	16
3. RESULTADOS.....	17
3.1. Estrutura dos igarapés.....	17
3.2. A ictiofauna.....	18
3.3. Relação entre o esforço amostral e a representatividade da coleta em igarapés de cabeceira.....	27
3.4. Variações na composição da ictiofauna em igarapés de 1 <sup>a</sup> a 3 <sup>a</sup> ordem.....	34
3.5. Estrutura trófica da ictiofauna.....	36
3.6. Variações na estrutura trófica da ictiofauna de igarapés de 1 <sup>a</sup> a 3 <sup>a</sup> ordem.....	43
3.7. Influência das variáveis ambientais sobre a composição de espécies e estrutura trófica da ictiofauna.....	45
4. DISCUSSÃO.....	49
4.1. Estimativas de riqueza de espécies de peixes e esforço de coleta em igarapés de terra firme.....	49

4.2. Composição e distribuição da ictiofauna e suas relações com características do ambiente em igarapés de cabeceira.....	52
4.3. Estrutura trófica de igarapés de terra firme.....	57
5. CONCLUSÕES.....	61
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62



## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Localização geográfica das áreas das reservas do Projeto Dinâmica Biológica de Fragmentos Florestais (PDBFF), em imagem LANDSAT (1986). Inclusas, em destaque, as localizações dos igarapés amostrados no presente estudo..... 9
- Figura 2.** Curvas de acumulação de espécies para valores de riqueza observados nos igarapés de 1<sup>a</sup> a 3<sup>a</sup> ordem localizados nas áreas de estudo do PDBFF, Manaus (AM).....31
- Figura 3.** Valores acumulados de riqueza e abundância de peixes em trechos de 100 metros em igarapés de 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup> ordens localizados nas áreas de estudo do PDBFF, Manaus (AM). .....33
- Figura 4.** Relação entre a riqueza e abundância de peixes em trechos de 100 metros em igarapés de 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup> ordens localizados nas áreas de estudo do PDBFF, Manaus (AM).....33
- Figura 5.** Ordenação por meio de Escalonamento Multidimensional Híbrido (HMDS) para dados referentes a valores de abundância (A), presença-ausência (B), densidade em número de indivíduos (C) e densidade em biomassa (D) de peixes em trechos de 100 metros em igarapés de 1<sup>a</sup> a 3<sup>a</sup> ordem, localizados nas áreas de estudo do PDBFF, Manaus (AM). .....35
- Figura 6.** Ordenação por meio de Escalonamento Multidimensional Híbrido (HMDS) para dados referentes a valores de presença-ausência de categorias tróficas (A) e para valores de abundância (B) e densidade em biomassa (C) de peixes nas categorias tróficas registradas em trechos de 100 metros em igarapés de 1<sup>a</sup> a 3<sup>a</sup> ordem, localizados nas áreas de estudo do PDBFF, Manaus (AM).....44

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Valores médios dos parâmetros ambientais medidos em igarapés de 1 <sup>a</sup> a 3 <sup>a</sup> ordem amostrados nas áreas de estudo do PDBFF, Manaus (AM), entre os meses de maio e novembro de 2004.....	20
<b>Tabela 2.</b> Composição da ictiofauna em igarapés de 1 <sup>a</sup> a 3 <sup>a</sup> ordem nas áreas de estudo do PDBFF; dados das espécies e respectivas abundâncias.....	21
<b>Tabela 3.</b> Valores de biomassa (g) e densidade em biomassa (g/ m <sup>3</sup> ) de peixes obtidos em igarapés de 1 <sup>a</sup> a 3 <sup>a</sup> ordem localizados nas áreas de estudo do PDBFF, Manaus (AM), entre os meses de maio e novembro de 2004.....	24
<b>Tabela 4.</b> Valores de ocorrência (%), número de indivíduos (%) e densidade em biomassa (%) para cada espécie coletada em igarapés de 1 <sup>a</sup> a 3 <sup>a</sup> ordem localizados nas áreas de estudo do PDBFF, Manaus (AM).....	25
<b>Tabela 5.</b> Valores de abundância e riqueza encontrados para trechos de 20 metros e valores acumulados em cinco trechos de 20 metros em igarapés de 1 <sup>a</sup> a 3 <sup>a</sup> ordem localizados nas áreas de estudo do PDBFF, Manaus (AM), entre os meses de maio e novembro de 2004.....	29
<b>Tabela 6.</b> Valores de similaridade (coeficiente de Jaccard) na composição de espécies entre as amostras de trechos de 20 metros de igarapés 1 <sup>a</sup> a 3 <sup>a</sup> ordem localizados nas áreas de estudo do PDBFF, Manaus (AM).....	30
<b>Tabela 7.</b> Valores de riqueza observados nas amostras e os estimados pelo índice de Jackknife para os igarapés localizados nas áreas de estudo do PDBFF, Manaus (AM), segundo a ordem e local.....	32
<b>Tabela 8.</b> Classificação trófica das espécies amostradas em igarapés de 1 <sup>a</sup> a 3 <sup>a</sup> ordem nas áreas de estudo do PDBFF, Manaus (AM), incluso dados sobre a composição da dieta.....	38
<b>Tabela 9.</b> Valores de abundância (número de indivíduos) de peixes para cada categoria trófica, em cada um dos igarapés 1 <sup>a</sup> a 3 <sup>a</sup> ordem localizados nas áreas de estudo do PDBFF, Manaus (AM).....	41

<b>Tabela 10.</b> Valores de densidade em biomassa (gramas de peixe / m <sup>3</sup> ) para cada categoria trófica, em cada um dos igarapés de 1 <sup>a</sup> a 3 <sup>a</sup> ordem avaliados neste estudo.....	42
<b>Tabela 11.</b> Correlação de Pearson entre as variáveis ambientais medidas em igarapés de 1 <sup>a</sup> a 3 <sup>a</sup> ordem, localizados nas áreas de estudo do PDBFF, Manaus (AM), entre os meses de maio e novembro de 2004.....	47
<b>Tabela 12.</b> Relação das variáveis ambientais, medidas em igarapés de 1 <sup>a</sup> a 3 <sup>a</sup> ordem nas áreas de estudo do PDBFF, com os dois eixos criados pela Análise de Componentes Principais (PCA), inclusos os respectivos pesos (“loadings”).....	48

## RESUMO

Variações nas características físicas de ambientes de riachos, incluindo estrutura do canal e diversidade de microhabitats, desempenham um papel importante na determinação da estrutura de comunidades de peixes. Entretanto, pouco se conhece sobre essas relações em riachos tropicais, e menos ainda em igarapés amazônicos. Neste sentido, foram estudados nove riachos localizados nas áreas das reservas do PDBFF (Projeto Dinâmica Biológica de Fragmentos Florestais), Amazônia Central, visando determinar como a distribuição, composição de espécies e características tróficas da ictiofauna variam entre igarapés de 1ª a 3ª ordens. Além disso, buscou-se analisar se características físicas do hábitat e fatores abióticos estariam relacionadas a tais variações. Foram realizadas coletas em nove igarapés (três de cada ordem), em trechos de 100 metros em cada local, que resultaram no registro de 65 espécies de peixes. Análises multivariadas revelaram um padrão de adição de espécies no sentido cabeceira-foz. Entretanto, o acréscimo em abundância não foi proporcional ao aumento das dimensões do riacho, e a densidade e biomassa de peixes diminuíram nos igarapés maiores. A baixa produtividade primária em tais igarapés possivelmente explica a ausência de uma relação positiva entre biomassa e densidade de peixes e as dimensões do canal. Foi verificada também uma adição de categorias tróficas e de espécies por categoria com o aumento da ordem dos igarapés. Grande parte da ictiofauna foi sustentada, principalmente, por insetos terrestres e aquáticos, o que ratifica a importância da conservação de florestas ripárias para a manutenção da integridade das comunidades ictiofaunísticas de pequenos igarapés de terra firme. As variações na composição de espécies e nas características tróficas da ictiofauna foram relacionadas às características morfométricas e hidráulicas do canal. Para avaliar a confiabilidade das informações geradas pelas coletas em campo, no presente estudo avaliou-se também um tamanho amostral mínimo capaz de gerar estimativas seguras de riqueza para pequenos igarapés de cabeceira dessa região. Comparando as capturas reais com estimativas de riqueza de espécies (geradas pelo método de Jackknife) e curvas de acumulação de espécies, verificou-se que trechos de 100 metros de extensão foram satisfatórios para mensurar a riqueza de espécies de peixes e poderiam ser utilizados como tamanho mínimo amostral em estudos de ecologia de peixes de igarapés de cabeceira na Amazônia Central. Entretanto, para fins de inventários ictiofaunísticos, o tamanho do trecho amostrado provavelmente deveria ser maior, o que ainda necessita ser testado.

## ABSTRACT

Stream fish assemblages are known to be strongly influenced by channel structure, microhabitat diversity and other habitat characteristics. Nevertheless, the information about these relationships in tropical systems remains scarce, especially for Amazonian streams. We studied nine streamlets located at the Biological Dynamics Forest Fragments Project (BDFFP) reserves, Brazilian Central Amazon, aiming to verify how the distribution, composition and trophic characteristics of the fish fauna vary along 1st to 3rd order streams. We also analyzed the possible relation of habitat traits and abiotic factors to fish assemblage characteristics. Nine streams (1st to 3rd order, three of each) were sampled in 100m stretches, resulting in the catch of 65 fish species. Multivariate analyses revealed a pattern of species addition along the drainage system. Nevertheless, the increase in fish abundance was not proportional to the size of the streams, and the fish density and biomass decreased in larger streams. The low primary productivity in these systems possibly explains the absence of a positive relation between fish density and biomass and stream channel dimensions. Species and trophic guilds addition constituted the main mechanism of fish assemblage modification along the stream continuum. Terrestrial and aquatic insects constituted the main food for most of the stream's fish fauna, which reinforces the importance of the conservation of riparian forests along small "terra firme" streams in Amazonia. The composition of the stream's fish assemblages and their trophic structure were clearly related to stream channel morphology and hydraulics. A comparison of the real catches with estimative of fish species richness (Jackknife method) and species accumulation curves revealed that a 100m stretch of stream might generate a reliable sample of the local fish fauna for ecological studies. However, a larger stream stretch would be necessary for fish faunal surveys, the dimensions of which remains to be established.

## **1. INTRODUÇÃO**

### **1.1. Considerações gerais**

A bacia Amazônica apresenta em toda a sua extensão uma complexa e extremamente densa rede de pequenos riachos, denominados regionalmente como igarapés (Junk, 1983). Na Amazônia Central, as águas claras ou pretas destes pequenos cursos contribuem, significativamente, para a formação dos afluentes que drenam as bacias dos grandes rios amazônicos (Walker, 1990).

Nesta porção da bacia, ao longo dos igarapés podem ser encontradas três zonas ecológicas distintas: (1) a zona de inundação ou curso inferior, (2) a zona intermediária ou curso médio, que pode ser alcançada pela inundação, em época de grandes cheias e (3) a zona superior ou de terra firme (Fittkau, 1967). A zona de terra firme, ao contrário da zona de inundação, não sofre a influência da enchente sazonal dos grandes rios, apresentando alterações no nível de suas águas em função do regime de chuva local (Frankem & Leopoldo, 1984). Segundo Walker (1990), os igarapés de terra firme distantes do igapó possuem uma fauna distinta dos igarapés da zona inundável.

Os pequenos igarapés em terra firme ou de cabeceira têm seus cursos cobertos pelo dossel das árvores adjacentes. A cobertura do dossel dificulta a penetração de luz e, conseqüentemente, as condições para produção primária nesses sistemas aquáticos, tornando sua fauna troficamente dependente do material alóctone advindo do sistema terrestre circundante, tais como, flores, frutos, folhas e insetos (Goulding, 1980; Walker, 1991; Lowe-McConnell, 1999).

A despeito da baixa produção primária, esses pequenos riachos abrigam um grande número de espécies de peixes (Saul, 1975) que pertencem a diversas ordens, tais como: Characiformes, Siluriformes, Perciformes, Gymnotiformes, Synbranchiformes e

Cyprinodontiformes. Contudo, espécies de pequenos Characiformes, seguidos por Siluriformes, são as mais frequentes e abundantes nesses ambientes (Buhrnheim, 1998; Sabino & Zuanon, 1998; Lowe-McConnell, 1999; Mendonça, 2002).

Ainda são poucos os estudos realizados sobre a ictiofauna de igarapés de terra firme que compõem a porção central da bacia Amazônica, sendo tais trabalhos voltados para avaliação de padrões de atividade, distribuição e alimentação das espécies e principalmente para aspectos da estrutura de comunidades (Silva, 1992; 1993; Buhrnheim, 1998; Sabino & Zuanon, 1998; Araújo-Lima *et al.*, 1999; Kemenes, 2000; Martins, 2000; Buhrnheim & Cox-Fernandes, 2001; Buhrnheim, 2002; Mendonça, 2002; Buhrnheim & Cox-Fernandes, 2003).

Segundo Vannote (1980), as regiões de cabeceira englobam riachos de 1ª, 2ª e 3ª ordens. De acordo com a escala de Horton, modificada por Strahler (Petts, 1994), riachos de 1ª ordem são aqueles que não possuem tributários, sendo a ordem do riacho aumentada pela junção de dois riachos de mesma ordem. Assim, a união de dois riachos de 1ª ordem forma um riacho de 2ª ordem, dois de 2ª ordem formam um de 3ª ordem e assim por diante.

Características estruturais dos ambientes de riachos consideradas importantes para determinação da abundância e da composição de espécies de peixes, tais como, tamanho do rio (Bussing & López, 1977; Angermeier & Karr, 1984), velocidade da água (Bussing & López, 1977; Harding *et al.*, 1998; Zuanon, 1999) e profundidade (Angermeier & Karr, 1984; Martin-Smith, 1998) variam em função da ordem do riacho. Tributários de 1ª ordem têm vazão, profundidade, largura, área e heterogeneidade espacial, relativamente, pequenas quando comparadas com igarapés de 2ª ordem, e o mesmo acontece quando se compara estes com igarapés de 3ª ordem (Junk, 1993).

Vários estudos evidenciaram que a estrutura das ictiocenoses de riachos, principalmente as características tróficas e a distribuição de espécies, varia em função do gradiente gerado por fatores abióticos. De acordo com Minshall *et al.* (1983), quanto menor o igarapé mais constante e previsível será a dieta dos organismos e mais dependentes estes serão do substrato de fundo e dos itens alóctones da floresta. Winemiller (1983), estudando dois riachos na Costa Rica, verificou que recursos alimentares autóctones foram utilizados por um número maior de espécies de peixes no riacho de maior tamanho.

Tipicamente, variações no hábitat físico promovem variações das fontes de alimento em um riacho. Segundo Lowe-McConnell (1999), em rios e riachos o gradiente de recursos na dieta de peixes é notável, sendo que em regiões de cabeceira os peixes dependem primariamente de material alóctone. Entretanto, não se conhece em detalhes esse suposto gradiente de dependência das fontes alóctones ao longo de uma bacia de drenagem na Amazônia Central. Supõe-se que com o aumento do tamanho do riacho, a abertura do dossel e a incidência solar se tornem maiores, resultando em um aumento na produção primária local, o que possibilitaria que recursos autóctones suportassem mais indivíduos e/ou espécies, ou o estabelecimento de novas guildas tróficas.

Efeitos do tamanho do córrego, tanto para densidade e biomassa, como para a composição e a abundância de espécies, também foram descritos. Araújo-Lima *et al.* (1999) constataram que a maioria das espécies que ocorreram em riachos de 1ª ordem estava presente nos de 2ª ordem, contudo, o número de espécies comuns entre riachos de 2ª e 3ª ordens foi menor. Angermeier & Karr (1984) verificaram que a abundância de pequenos peixes, em geral insetívoros, foi inversamente relacionada com a largura do canal, ou seja, eles se tornaram menos abundantes em riachos maiores. Mendonça



(2002) verificou que espécies de pequeno porte ocorreram em todos os igarapés, independente do tamanho destes, e que indivíduos jovens de espécies de maior porte, tais como *Hoplias malabaricus*, foram encontrados em igarapés de 1ª ordem. Entretanto, indivíduos adultos de espécies maiores, como por exemplo, *Crenicichla lenticulata*, só foram registrados em igarapés de 3ª ordem.

A limitação imposta pelas condições físicas é, provavelmente, um fator muito importante na estrutura de comunidades de peixes em riachos de cabeceira (Lotrich, 1973). Lowe-McConnell (1999) afirma que a diversidade de espécies de peixes diminui em direção às nascentes dos córregos, onde os fatores físico-químicos, elevadas velocidades do fluxo e o tamanho e características dos abrigos podem ser muito limitantes. Assim, não se sabe até que ponto, igarapés menores poderiam atuar como barreiras físicas para determinadas espécies.

O aumento da riqueza e diversidade de espécies de peixes com o aumento da ordem do córrego é freqüentemente associado a uma maior disponibilidade de habitats (maior heterogeneidade espacial) em igarapés maiores (Harrel *et al.*, 1967; Gorman & Karr, 1978; Rahel & Hubert, 1991; Araújo-Lima *et al.*, 1999). Segundo Lotrich (1973), a disponibilidade de nichos é aumentada para algumas espécies e diminuída para outras com o aumento da ordem do riacho, contudo, é difícil definir se o decréscimo de algumas espécies é um resultado da competição a partir da adição de novas espécies ou a partir de uma diminuição de habitats adequados.

Lamouroux *et al.* (2002) verificaram que as características hidráulicas e geomorfológicas do habitat físico em córregos, através de regiões biogeográficas distintas, são altamente relacionadas à estrutura de suas comunidades ictiofaunísticas, padrão que resulta de convergências adaptativas morfológicas e comportamentais dos peixes ao seu ambiente. Assim, características biológicas dos indivíduos, tais como,

morfologia corpórea, capacidade de natação, taxa de longevidade, potencial reprodutivo e preferências quanto à posição na coluna de água, poderiam ser preditas a partir destas características do ambiente.

Como dito acima, é notória a influência das condições abióticas de riachos sobre a estrutura da comunidade de peixes. Contudo para o melhor entendimento de padrões gerais em sistemas lóticos, estudos mais detalhados sobre a importância de fatores abióticos no estabelecimento de padrões de distribuição de indivíduos, espécies e biomassa, bem como de aspectos tróficos das comunidades de peixes, ao longo de gradientes de tamanho dos riachos, são ainda necessários, principalmente, em regiões pouco estudadas, como a Amazônia Central.

A possibilidade de evidenciar padrões de riqueza, diversidade, abundância e densidade de peixes em igarapés depende da existência de um acúmulo de informações comparáveis sobre igarapés de diferentes ordens, com características estruturais variadas e ligadas a diferentes bacias hidrográficas. Entretanto, um dos problemas mais evidentes quando se pretende realizar estudos comparativos em igarapés de terra firme da Amazônia Central é exatamente a carência de tais informações. A inexistência de uma metodologia comum aos estudos até então realizados, não permite que se façam considerações seguras sobre eventuais semelhanças ou diferenças observadas na riqueza, diversidade e abundância das espécies.

A incerteza quanto à efetividade das coletas em amostrar adequadamente a ictiofauna dos igarapés, torna no mínimo duvidosas as considerações que poderiam ser feitas sobre os padrões de ocorrência e distribuição das espécies nesses sistemas aquáticos. Protocolos de amostragem mal delineados ou negligentes podem deixar de amostrar parcelas significativas da ictiofauna, produzindo subestimativas grosseiras da riqueza de espécies de um dado local. Além do próprio registro errôneo da riqueza de

espécies, esse problema pode gerar uma subestimativa da diversidade alfa e uma superestimativa da diversidade beta (Santos, 2003) com possíveis consequências negativas para o estabelecimento de estratégias de conservação da ictiofauna de riachos (J. Zuanon, comunicação pessoal).

Nos estudos até agora realizados em igarapés de terra firme da Amazônia Central, foram aplicadas uma diversidade de técnicas e protocolos de amostragem. Há diferenças nos tipos de apetrechos de pesca, no tamanho dos trechos amostrados, no esforço de coleta, nos períodos (dia/noite) e na introdução de técnicas complementares, por exemplo, observação subaquática (Silva, 1992; 1993; Buhrnheim, 1998; Sabino & Zuanon, 1998; Kemenes, 2000; Martins, 2000; Buhrnheim & Cox-Fernandes, 2001; Mendonça, 2002).

A sugestão de um tamanho de amostragem que represente bem a comunidade de peixes desses riachos é importante, pois gerará um tamanho mínimo confiável de amostragem a ser utilizado em estudos posteriores nesta região, o que possibilitará comparações mais significativas sobre parâmetros de sua ictiofauna, tais como, composição de espécies, distribuição e diversidade.

Diante disto, o presente estudo tem como objetivo geral comparar a riqueza, abundância, composição de espécies e aspectos tróficos das comunidades ícticas de igarapés de terra firme de 1<sup>a</sup> a 3<sup>a</sup> ordem. Tendo como objetivos específicos:

- 1- Estabelecer um tamanho mínimo amostral que represente adequadamente as comunidades de peixes desses riachos.
- 2- Verificar possíveis variações na riqueza, abundância, biomassa e densidade de peixes entre igarapés de 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup> ordens na Amazônia Central.

3- Verificar possíveis variações na estrutura trófica da ictiofauna, através da distribuição de categorias tróficas, entre comunidades pertencentes a igarapés de 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup> ordens na Amazônia Central.

4- Determinar quais características físicas do hábitat e fatores abióticos podem estar relacionados com os padrões de estrutura da ictiocenoses encontrados em igarapés de 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup> ordens.

Sendo testadas as seguintes hipóteses:

$H_0$  = Os padrões de estrutura de comunidades ictiofaunísticas não diferem entre igarapés de 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup> ordens na Amazônia Central.

$H_0$  = Características físicas do hábitat e fatores abióticos não estão relacionados com os padrões de estrutura das ictiocenoses encontradas em igarapés de 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup> ordens na Amazônia Central.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. Área de estudo**

Os igarapés amostrados neste estudo estão localizados nas áreas das reservas florestais administradas pelo Projeto Dinâmica Biológica de Fragmentos Florestais (PDBFF) (Figura 1). O Projeto PDBFF iniciou-se em 1979 e é resultado de um convênio entre o Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia e Smithsonian Institution (PDBFF – INPA/SI).

As áreas dessas reservas estão localizadas a cerca de 80 km ao norte de Manaus (2<sup>o</sup>25'S, 60<sup>o</sup>W), dentro do Distrito Agropecuário sob jurisdição da Superintendência da Zona Franca de Manaus (Suframa). Elas englobam aproximadamente 3.500 ha

divididos em 23 reservas ecológicas. Tais reservas podem ser isoladas por pastagens ou áreas de crescimento secundário ou fazerem parte de grandes extensões de floresta contínua (não isoladas) (Gascon & Bierregaard, 2001). Os fragmentos de floresta podem ter de 1 a 100 ha de área.

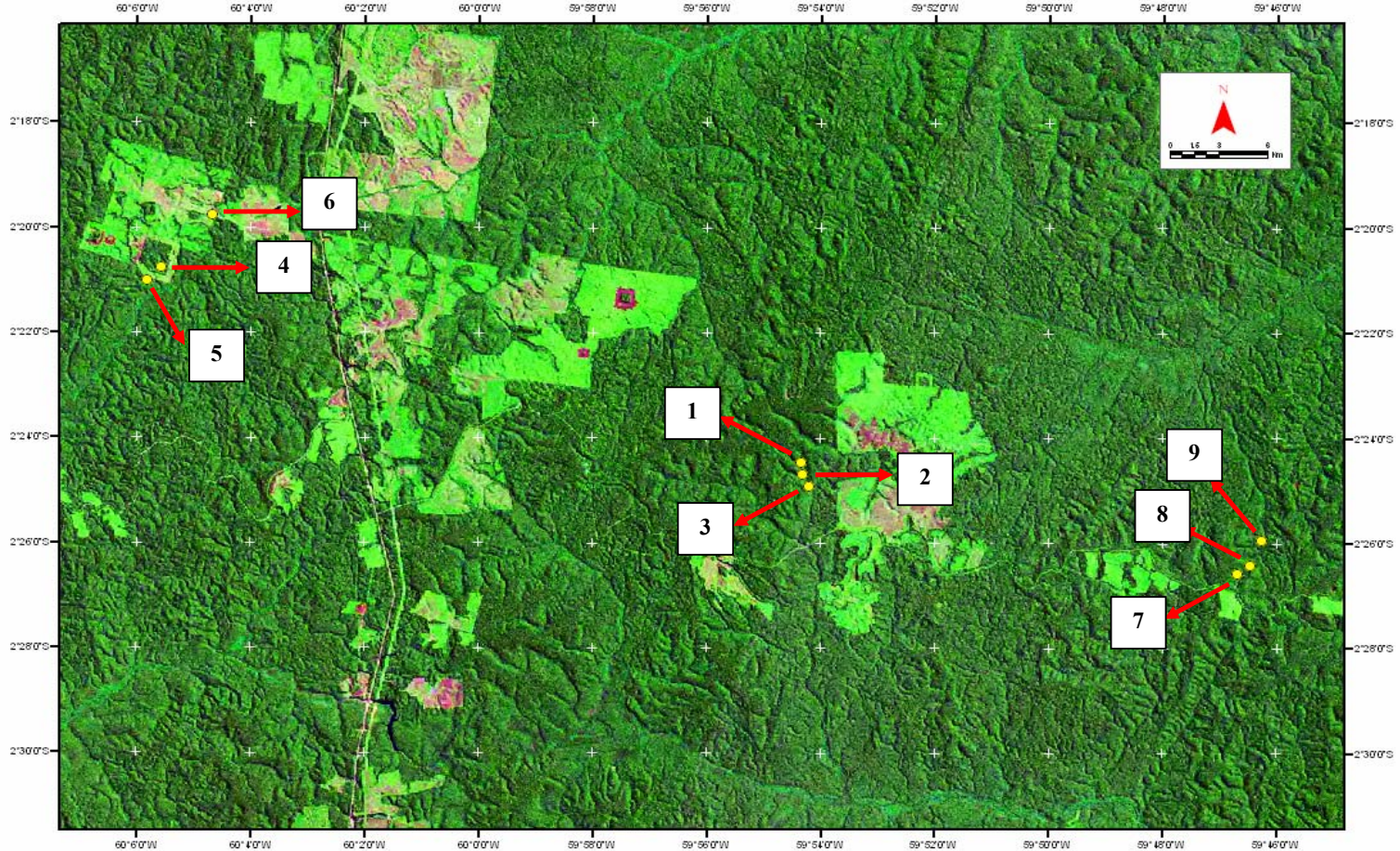
A altitude média das áreas das reservas variam em torno de 80-100 m acima do nível do mar. O clima é tropical chuvoso (classificação de Köppen), com temperatura média anual de 26°C. A precipitação média anual é de 1900-2300 mm e umidade relativa do ar de 80%. Possui estação chuvosa de dezembro a maio e estação seca de junho a novembro. A vegetação é do tipo floresta tropical densa, com cobertura vegetal possuindo altura de 30-37 m, com árvores emergentes de 45-50 m e o sub-bosque com abundantes palmeiras acaules (Gascon & Bierregaard, 2001).

Quanto à geologia, as reservas estão localizadas sobre os terraços de sedimentos terciários pertencentes à Formação Barreiras, com predomínio do latossolo amarelo, pobre em nutrientes ou distrófico (Fearnside & Filho, 2001).

A rede de drenagem localizada nas áreas de estudo do PDBFF engloba as bacias dos rios Preto da Eva e Urubu (afluentes do rio Amazonas) e do rio Cuieiras (afluente do rio Negro).

## **2.2. Procedimentos de coleta de dados**

As expedições de campo foram realizadas de maio a novembro de 2004. Foram amostrados nove igarapés em três reservas pertencentes às áreas do PDBFF: Fazenda Dimona, Reserva do 41 e Reserva do Cabo Frio. Foram selecionados um igarapé de 1ª ordem, um de 2ª ordem e um de 3ª ordem em cada uma das reservas. A classificação dos riachos foi feita de acordo com a escala de Horton, modificada por Strahler (Petts, 1994) e a localização dos igarapés amostrados pode ser vista na Figura 1.



Fonte: [HTTPS://zulu.ssc.nasa.gov](https://zulu.ssc.nasa.gov)

Figura 1: Localização geográfica das áreas das reservas do Projeto Dinâmica Biológica de Fragmentos Florestais (PDBFF), em imagem LANDSAT (1986). Inclusas, em destaque, as localizações dos igarapés amostrados no presente estudo.

● = Localização dos igarapés amostrados no presente estudo; 1= Cabo Frio 1ª ordem; 2= Cabo Frio 2ª ordem; 3= Cabo Frio 3ª ordem; 4= Dimona 1ª ordem; 5= Dimona 2ª ordem; 6= Dimona 3ª ordem; 7= 41 1ª ordem; 8= 41 2ª ordem; 9= 41 3ª ordem.

No presente trabalho, os igarapés são referidos de acordo com a reserva em que estão localizados e com sua ordem: Igarapé Dimona 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup> ordens, Igarapé do 41 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup> ordens e Igarapé do Cabo Frio 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup> ordens. Com exceção do Igarapé Dimona 1<sup>a</sup> ordem, que está localizado parcialmente em um fragmento de 100 ha, todos os demais igarapés amostrados estão incluídos em áreas de floresta contínua.

### **2.2.1. Amostragem da ictiofauna**

Foram estabelecidos cinco trechos de 20 metros em cada um dos igarapés, sendo os trechos separados uns dos outros por espaços de 15 metros. Os trechos tiveram suas extremidades fechadas por redes de cerco (malhas de cinco mm entre nós opostos), com intuito de evitar a fuga dos peixes. As coletas foram realizadas no sentido jusante-montante, até o final do último trecho.

Os apetrechos de coleta utilizados, além das redes de cerco, foram os puçás ou rapichés, as peneiras e pequenas redes de arrasto de malha fina, aparelhos muito eficientes para a coleta ativa em riachos amazônicos, permitindo a captura de peixes junto à vegetação marginal e substrato

Nos igarapés de 3<sup>a</sup> ordem, o esforço de pesca foi aumentado através da adição de sete armadilhas “fykenet” e de uma bateria de sete malhadeiras (malhas de 30, 50, 60, 70, 80, 90, 110 mm entre nós opostos) com tamanho de 10 metros de comprimento e 1,5 metros de altura cada uma. As armadilhas e malhadeiras foram colocadas ao longo dos igarapés e permaneceram nos locais por um período de 12 horas. Importante salientar que o bloqueio dos trechos nesses igarapés foi impossibilitado, em função do grande volume de água e maior velocidade da corrente.

O esforço de coleta ativa para cada trecho foi padronizado, sendo a amostragem feita por três coletores durante um período de 45 minutos em igarapés de 1ª ordem e 60 minutos nos de 2ª ordem e por quatro coletores durante 60 minutos nos de 3ª ordem.

Os exemplares capturados foram fixados com formalina a 10%, sendo posteriormente levados para o laboratório de Sistemática e Ecologia de Peixes do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, para as análises pertinentes. A captura de cada trecho foi acondicionada em recipientes distintos, para posterior análise do tamanho de trecho mínimo de amostragem para igarapés.

A identificação dos peixes foi realizada com o uso de chaves específicas e com o auxílio de especialistas. Amostras do material coletado serão depositadas na Coleção de Peixes do INPA.

### **2.2.2. Variáveis ambientais**

Com intuito de caracterizar o ambiente e de verificar possíveis relações das variáveis ambientais com a estrutura de comunidades de peixes, foram feitas medidas de algumas variáveis estruturais e físico-químicas ao longo dos trechos dos igarapés. O horário de mensuração foi sempre entre 8:00 e 14:00 horas. Foram realizadas medidas em dois pontos para todas as variáveis analisadas, uma no início e outra no fim de cada trecho de 20 metros.

Os valores de potencial hidrogeniônico (pH), condutividade ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), oxigênio dissolvido (mg/l) e temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) foram determinados por meio da utilização de aparelhos eletrônicos portáteis (respectivamente, pHmetro Gehaka, modelo PG-1400; condutímetro Gehaka, modelo CG-220; oxímetro/termômetro Yellow Springs, modelo 55).



A largura média do canal (m) foi medida com o uso de trena e a profundidade média (cm) determinada a partir de sondagens em transectos transversais, com uso de bastão milimetrado e com medidas feitas a cada 10 cm, iniciando a 10 cm da margem. A velocidade da corrente (m/s) foi estimada pela razão entre a distância percorrida (m) por um flutuador (bóia) e o tempo (s) levado para percorrê-la, sendo feitas três medidas em cada ponto e os valores expressos como médias.

A vazão média do igarapé ( $m^3/s$ ) foi estimada relacionando-se os valores de velocidade da corrente, largura e profundidade obtidos em cada ponto medido. O cálculo foi feito com uso da seguinte fórmula:  $Q = A \cdot V_m$

onde:

$Q =$  Vazão

$A =$  Área média da secção transversal

$V_m =$  Velocidade média da corrente

A abertura média do dossel (%) foi obtida através da análise de imagens do dossel, de acordo com o seguinte procedimento: utilizando-se uma câmera fotográfica digital (Canon, modelo PowerShot A75), foram tiradas fotos do dossel da floresta acima dos igarapés. Por meio do programa Adobe Photoshop 7.0, tais fotos foram convertidas em arquivos bitmap (50% limiar), tornando pretas as áreas com vegetação e brancas as áreas com incidência direta de luz. Em seguida, estas imagens foram transportadas para o programa ArcView 3.2 e transformadas em arquivos com formato grid, possibilitando assim a contagem dos pixels correspondentes às áreas pretas e brancas. Para finalizar, foi calculado o valor de abertura de dossel (%), por meio da razão entre o número de pixels da área branca pelo número total de pixels da imagem.

Os tipos de substrato foram determinados a partir de sondagens em transectos transversais, com uso de bastão milimetrado e com medidas feitas a cada 10 cm, e

iniciando a 10 cm da margem. Os substratos encontrados foram quantificados por frequência de ocorrência e classificados em oito categorias: areia, argila, seixo, macrófitas, raiz (oriundas da vegetação marginal), tronco, liteira fina (material particulado fino) e liteira grossa (folhas e pequenos galhos).

## **2.3. Análise dos dados**

### **2.3.1. Estabelecimento do tamanho amostral mínimo**

Nas análises de tamanho amostral só foram utilizados os resultados obtidos a partir da captura com apetrechos de coleta ativa, ou seja, não incluímos os peixes capturados em armadilhas e malhadeiras. Para avaliar a representatividade da captura de trechos de 20 metros, foram, inicialmente, estimados os valores de riqueza (número de espécies) e a abundância (número de indivíduos) para cada trecho. Cálculos de média, desvio padrão, números máximos e mínimos de espécies e abundância foram utilizados para verificar as variações entre capturas de trechos de um mesmo igarapé e entre trechos de diferentes igarapés de mesma ordem.

Valores de similaridade na composição de espécies foram estimados utilizando-se o coeficiente de Jaccard. Este é um índice qualitativo que se baseia na presença e ausência de indivíduos na amostra. Os valores deste coeficiente de similaridade variam de 0 (=dissimilar) até 1 (=completa similaridade) (Krebs, 1999).

Curvas de acumulação de espécies foram geradas para cada igarapé, a partir dos valores reais obtidos nos cinco trechos de 20 metros amostrados em cada local. Este procedimento teve o intuito de verificar a efetividade das amostragens nos igarapés de diferentes ordens.

Pseudovalores de riqueza foram estimados pela análise de Jackknife (Krebs, 1999), método que gera um valor de riqueza esperado para determinado ambiente, a

partir do número de espécies raras e abundância de indivíduos nas amostras. Tais pseudovalores foram utilizados para verificar a representatividade dos valores de riqueza obtidos nas capturas reais, em relação à riqueza real de espécies das comunidades das quais elas foram retiradas. Tal análise objetivou verificar a efetividade do protocolo de amostragem proposto pelo presente estudo, bem como estabelecer o tamanho mínimo do trecho amostrado que representasse adequadamente a comunidade de peixes dos igarapés de 1ª a 3ª ordens (ou seja, trechos de 20 até 100 metros de igarapé). Após o estabelecimento desse tamanho amostral mínimo, todas as análises subsequentes foram realizadas com base nas capturas realizadas no trecho de tamanho estabelecido.

Análises de variâncias (Zar, 1996) foram realizadas com os valores de riqueza e abundância de espécies nos trechos de 100 metros, para verificar se tais valores estavam relacionados com a ordem dos igarapés. E para verificar a existência de relação entre o número de indivíduos e número de espécies de peixe em cada local foi realizada uma regressão linear simples (Zar, 1996). Antes destas análises, foram testadas a homocedasticidade, normalidade e linearidade dos dados, premissas para a aplicação desses testes.

### **2.3.2. Parâmetros da comunidade íctica**

Além de valores de riqueza e abundância, foram estimados valores de densidade em número de indivíduos e densidade em biomassa total por trecho para as comunidades amostradas. A densidade em número de indivíduos denota a concentração de indivíduos de uma espécie em relação a uma determinada área. No presente estudo, a densidade foi calculada por meio da razão entre o número de indivíduos e o volume do

trecho amostrado, por acreditarmos que esta medida representa melhor as dimensões dos igarapés do que simplesmente a área.

Já a densidade em biomassa foi calculada por meio da relação entre a biomassa (peso) dos peixes e o valor do volume do trecho amostrado e revela a quantidade de tecido animal por m<sup>3</sup> de igarapé. Para tal, os peixes foram retirados do formol e secos externamente com papel absorvente e pesados utilizando-se uma balança analítica (modelo Mettler PC 440, precisão de 1 mg e três casas decimais).

### **2.3.3. Classificação trófica**

A classificação trófica das espécies foi realizada a partir de um banco de dados contendo informações sobre a proporção relativa dos tipos de alimentos consumidos por peixes de igarapés, construído com base em dados de estudos feitos nas reservas do PDBFF (incluindo grande parte dos igarapés que foram objeto do presente estudo). Para as espécies para as quais não havia informações, foram feitas análises do conteúdo estomacal de três a quatro indivíduos por espécie. Para as espécies em que nenhum destes procedimentos pode ser feito, a classificação foi realizada com base em informações fornecida por especialista (J. Zuanon, comunicação pessoal).

A identificação dos itens alimentares foi feita por meio de chaves específicas (Thorp & Covich, 1991; Merrit & Cummins, 1996) e com a ajuda de especialistas. Em seguida, a partir de uma estimativa visual da proporção de itens alimentares dispostos em uma placa de Preti, foi estimado o volume relativo de cada item alimentar ( $V\% =$  proporção volumétrica de cada item alimentar em relação ao volume total de alimento encontrado no conteúdo estomacal). De acordo com os valores de volume obtidos, as espécies foram enquadradas em categorias tróficas, definidas a partir dos itens com participação relativa igual ou superior a 60% da dieta (Hynes, 1950).

#### **2.3.4. Relações entre a composição de espécies, estrutura trófica da ictiofauna e variáveis ambientais**

Para verificar a existência de relações tanto entre a composição de espécies como entre a estrutura trófica das comunidades ictiofaunísticas de igarapés de diferentes ordens, foi empregada a técnica de ordenação de Escalonamento Multidimensional Híbrido (HMDS). Este procedimento teve como objetivo reduzir um grande número de variáveis a poucas dimensões, facilitando assim a identificação dos principais padrões, eventualmente presentes na estrutura das comunidades de peixes estudadas. Na análise dos resultados, foram utilizadas duas dimensões para descrever estes padrões, uma vez que essas usualmente capturam a maior variação dos dados.

Para a análise da composição de espécies, as ordenações foram realizadas considerando-se informações sobre abundância, densidade em número de indivíduos, densidade em biomassa e presença-ausência de espécies. Já para a análise da estrutura trófica, foram utilizadas informações sobre a ocorrência, abundância e densidade em biomassa por categoria trófica. Para dados quantitativos, a matriz de dissimilaridade foi obtida com o uso do índice de Bray-Curtis e para os qualitativos com o uso do índice de Sorensen. Nas análises com valores referentes à abundância, os dados foram previamente padronizados com o método da divisão pela soma.

Uma análise de correlação de Pearson foi realizada entre as variáveis ambientais medidas (variáveis físico-químicas e frequência de ocorrência dos substratos), para verificar se elas eram correlacionadas. Como foi encontrado um alto nível de correlação, e para evitar problemas de colinearidade nas análises, as variáveis foram reordenadas por meio de uma Análise de Componentes Principais (PCA), criando-se novas variáveis ou eixos ortogonais.

Para verificar a relação das variáveis independentes (variáveis ambientais, representadas pelos eixos da PCA) com os dados de composição de espécies e estrutura trófica da ictiofauna (representados pelos eixos do HMDS), foram feitas análises de Correlação Canônica (CCA) e Análise Múltipla de Variância (MANOVA).

Os programas estatísticos utilizados foram PATN (Belbin, 1995) para os HMDS e SYSTAT 10 (Wilkinson, 2000) para PCA, CCA e MANOVA.

### **3. RESULTADOS**

#### **3.1. Estrutura dos igarapés**

Os igarapés estudados apresentaram, de uma maneira geral, cursos estreitos com largura média variando de 1,12 a 4,23 m ( $\bar{X}= 2,35 \pm 1,11$  DP) e com grande cobertura da floresta adjacente, possuindo abertura do dossel em média de 10,48% ( $\pm 1,70$  DP). A profundidade média variou de 7,98 a 57,27 cm ( $\bar{X}= 28,20 \pm 18,97$  DP) e a maior parte de seus leitos foram cobertos por areia (35,30%), bancos de liteira grossa (25,43%) e liteira fina (17,78%) (Tabela 1).

As águas mostraram-se ácidas, com valores de pH entre 3,93 e 4,55 ( $\bar{X}= 4,18 \pm 0,20$  DP), com baixa concentração de íons dissolvidos (condutividade média= 7,4  $\mu\text{S}/\text{cm} \pm 0,78$  DP) e bem oxigenadas, possuindo teores de  $\text{O}_2$  dissolvido entre 4,93 e 7,12 mg/l ( $\bar{X}= 6,35 \pm 0,79$  DP). Os valores de temperatura foram baixos e pouco variáveis ( $\bar{X}= 25,2$  °C  $\pm 0,45$  DP). A velocidade da corrente variou entre 0,1 e 0,36 m/s ( $\bar{X}= 0,25 \pm 0,08$  DP), já a vazão média mostrou grande variação, oscilando de 0,007 a 0,63 m<sup>3</sup>/s ( $\bar{X}= 0,25 \pm 0,08$  DP) (Tabela 1).

### 3.2. A Ictiofauna

Foram capturados 2.252 peixes, pertencentes a 65 espécies, seis ordens e 20 famílias. A ictiofauna foi composta por 27 espécies da ordem Characiformes (41,6%), 20 espécies de Siluriformes (30,8%), oito espécies de Gymnotiformes (12,3%), seis espécies de Perciformes (9,2%), três espécies de Cyprinodontiformes (4,6%) e uma espécie de Synbranchiformes (1,5%). Characiformes também foi o grupo mais abundante (73,1%), seguidos por Siluriformes (15,4%), Perciformes (8%), Gymnotiformes (2,1%), Cyprinodontiformes (1,2%) e Synbranchiformes (0,2%).

Apenas seis espécies tiveram abundâncias maiores que 5% do total encontrado, sendo elas, *Pyrrhulina brevis* (21,1%), *Bryconops inpai* (10%), *Hemigrammus pretoensis* (8,4%), *Hyphessobrycon* sp.1 (8%), *Hyphessobrycon* cf. *agulha* (7,5%) e *Hyphessobrycon melazonatus* (7%) (Tabela 2).

De maneira geral, foi encontrada uma densidade em número de indivíduos de 10 peixes por m<sup>3</sup>, os Characiformes foram responsáveis por 78,6% dos indivíduos, Siluriformes por 9,9%, Perciformes por 8%, Gymnotiformes por 2,1%, Synbranchiformes por 1,25% e os Cyprinodontiformes por apenas 0,15%.

A biomassa total de peixes capturados somou 3.537,2 g. O valor da densidade em biomassa total de peixes foi de 77,1 g/m<sup>3</sup> e o valor médio por igarapé foi de 8,57 g/m<sup>3</sup> ( $\pm$  6,93 DP) (Tabela 3). Os Characiformes foram responsáveis por 76,98% (59,36 g/m<sup>3</sup>) de toda a biomassa por m<sup>3</sup> obtida, os Perciformes representaram 10,76% (8,3 g/m<sup>3</sup>), os Siluriformes 6,24% (4,81 g/m<sup>3</sup>), os Gymnotiformes 4,03% (3,11 g/m<sup>3</sup>), os Synbranchiformes 1,58% (1,22 g/m<sup>3</sup>) e os Cyprinodontiformes apenas 0,41% (0,3 g/m<sup>3</sup>).

As famílias Erythrinidae (28,95%), Lebiasinidae (26,51%) e Characidae (21,25%) juntas somaram 76,71% de toda biomassa por m<sup>3</sup> dos igarapés estudados. Em

relação às espécies, as mais representativas foram *Pyrrhulina brevis* (25,85%), *Hoplias malabaricus* (24,27%), *Hemigrammus pretoensis* (11,5%), *Aequidens pallidus* (8,57%) e *Bryconops inpai* (5,74%), que juntas representaram 75,9% ou 58,54 g/m<sup>3</sup> (Figura 4).



Tabela 1 - Valores médios dos parâmetros ambientais medidos em igarapés de 1<sup>a</sup> a 3<sup>a</sup> ordem amostrados nas áreas de estudo do PDBFF, Manaus (AM), entre os meses de maio e novembro de 2004.

Igarapés	Ordem	Largura (m)	Prof (cm)	V.C (m/s)	Vazão (m <sup>3</sup> /s)	Dossel (%)	O <sub>2</sub> (mg/l)	Temp (C°)	Cond (µS/cm)	pH	Categorias de substratos (%)							
											AR	ARG	LF	LG	MA	RA	SX	TR
Cabo Frio	1 <sup>a</sup>	1,58	13,88	0,28	0,043	11,5	6,37	25,02	7,39	4,02	33,33	0	23,33	17,78	0	23,33	0	2,23
Dimona	1 <sup>a</sup>	1,12	7,98	0,11	0,007	8,2	4,93	25,97	7,72	4,08	16,66	0	36,67	42,22	0	0	0	4,45
41	1 <sup>a</sup>	1,27	10,38	0,1	0,010	8,56	5,15	25,05	8,72	4,28	15,56	0	13,33	51,11	2,22	7,78	0	10
Cabo Frio	2 <sup>a</sup>	1,99	21,84	0,3	0,099	11,41	6,37	24,63	7,83	4,00	28,89	0	20	26,67	0	13,33	2,22	8,89
Dimona	2 <sup>a</sup>	2,83	33,93	0,31	0,085	11,67	7,01	24,85	6,06	4,35	56,67	0	10	12,22	0	13,33	0	7,78
41	2 <sup>a</sup>	1,65	14,07	0,28	0,052	9,23	6,48	25,44	7,30	3,93	50	0	13,33	11,11	0	15,56	0	10
Cabo Frio	3 <sup>a</sup>	3,78	57,27	0,36	0,633	12,83	7,00	25,36	6,41	4,33	55,56	0	8,89	17,78	2,22	5,55	4,44	5,56
Dimona	3 <sup>a</sup>	4,23	54,54	0,26	0,396	11,83	7,12	25,77	7,69	4,55	37,78	0	22,22	15,56	11,11	8,88	0	4,45
41	3 <sup>a</sup>	2,73	39,9	0,29	0,246	9,1	6,72	24,82	7,28	4,08	23,33	4,44	12,22	34,45	0	20	0	5,56

**Prof**= profundidade; **V.C**= velocidade média da corrente; **Dossel**= abertura de dossel; **O<sub>2</sub>**= oxigênio dissolvido; **Temp**= temperatura; **Cond**= condutividade; **AR**= areia; **ARG**= argila; **LF**= liteira fina; **LG**= liteira grossa; **MA**= macrófita; **RA**= raiz; **SX**= seixo; **TR**= tronco.

Tabela 2 - Composição da ictiofauna em igarapés de 1ª a 3ª ordem coletada nas áreas de estudo do PDBFF, dados das espécies e respectivas abundâncias.

ORDEM	Família	Área de estudo			Total
		CF	D	41	
<b>CHARACIFORMES</b>					
<b>Characidae</b>					
	<i>Bryconops inpai</i> (Knöppel <i>et al.</i> , 1968)	130	71	25	226
	<i>Bryconops</i> sp.1	4	-	-	4
	<i>Hemigrammus pretoensis</i> (Géry, 1965)	72	-	118	190
	<i>Hemigrammus vorderwinkleri</i> (Géry, 1963)	-	1	-	1
	<i>Hyphessobrycon cf. agulha</i> (Fowler, 1913)	29	141	-	170
	<i>Hyphessobrycon melazonatus</i> (Durbin, 1908)	74	-	84	158
	<i>Hyphessobrycon</i> sp.1	-	154	27	181
	<i>Iguanodectes variatus</i> (Géry, 1993)	6	1	12	19
	<i>Microschemobrycon</i> sp.	-	12	-	12
	<i>Moenkhausia cf. collettii</i> (Steindachner, 1882)	-	13	-	13
	<i>Phenacogaster</i> sp.	-	1	-	1
	<i>Poptella compressa</i> (Günther, 1864)	5	2	-	7
<b>Crenuchidae</b>					
	<i>Ammocryptocharax elegans</i> (Weitzman & Kanazawa,	-	10	-	10
	<i>Characidium cf. pteróides</i> (Eigenmann, 1909)	-	31	-	31
	<i>Characidium</i> sp.1	1	2	-	3
	<i>Crenuchus spilurus</i> (Günther, 1863)	-	4	2	6
	<i>Elachocharax</i> sp.	-	1	-	1
	<i>Microcharacidium</i> sp.	-	-	9	9
<b>Erythrinidae</b>					
	<i>Erythrinus erythrinus</i> (Bloch & Shneider, 1801)	7	18	13	38
	<i>Hoplias malabaricus</i> (Bloch, 1794)	5	3	3	11
<b>Gasteropelecidae</b>					
	<i>Carnegiella strigata</i> (Günther, 1964)	-	15	-	15
	<i>Gnathocharax steindachneri</i> (Fowler, 1913)	-	1	-	1
<b>Lebiasinidae</b>					
	<i>Copella nigrofasciata</i> (Meinken, 1952)	-	8	7	15
	<i>Nannostomus marginatus</i> (Eigenmann, 1909)	2	14	24	40
	<i>Nannostomus trifasciatus</i> (Steindachner, 1876)	-	6	-	6
	<i>Pyrrhulina brevis</i> (Steindachner, 1876)	68	186	220	474
	<i>Pyrrhulina cf. laeta</i> (Cope, 1872)	1	2	-	3
<b>CYPRINODONTIFORMES</b>					
<b>Poeciliidae</b>					
	<i>Fluviphylax</i> sp.	-	8	-	8
<b>Rivulidae</b>					
	<i>Rivulus compressus</i> (Henn, 1916)	6	1	11	18
	<i>Rivulus kirovskyi</i> (Costa, 2004)	-	1	-	1

Tabela 2 - Composição da ictiofauna em igarapés de 1ª a 3ª ordem coletada nas áreas de estudo do PDBFF, dados das espécies e respectivas abundâncias. (Continuação-1/2)

ORDEM	Família	Área de estudo			
		Espécies	CF	D	41
<b>GYMNOTIFORMES</b>					
<b>Gymnotidae</b>					
	<i>Gymnotus anguillaris</i> (Hoedeman, 1962)	6	2	14	22
	<i>Gymnotus</i> sp.1	1	1	4	6
	<i>Gymnotus</i> cf. <i>stenoleucus</i> (Mago-Leccia, 1994)	1	-	-	1
<b>Hypopomidae</b>					
	<i>Brachyhypopomus</i> sp.	1	2	-	3
	<i>Microsternarchus</i> sp.	-	3	-	3
<b>Rhamphichthyidae</b>					
	<i>Gymnorhamphichthys rondoni</i> (Miranda Ribeiro, 1920)	-	7	-	7
<b>Sternopygidae</b>					
	<i>Eigenmannia</i> aff. <i>trilineata</i> (López & Castello, 1966)	-	3	-	3
	<i>Sternopygus macrurus</i> (Bloch & Shneider, 1801)	1	1	-	2
<b>PERCIFORMES</b>					
<b>Cichlidae</b>					
	<i>Aequidens pallidus</i> (Heckel, 1840)	49	10	28	87
	<i>Apistogramma</i> aff. <i>steindachneri</i> (Regan, 1908)	14	5	29	48
	<i>Apistogramma</i> sp.1	4	10	-	14
	<i>Apistogramma</i> sp.2	-	1	-	1
	<i>Crenicichla</i> cf. <i>alta</i> (Eigenmann, 1912)	9	2	4	15
	<i>Crenicichla inpa</i> (Ploeg, 1991)	3	3	10	16
<b>SILURIFORMES</b>					
<b>Aspredinidae</b>					
	<i>Bunocephalus</i> sp.	-	4	-	4
<b>Auchenipteridae</b>					
	<i>Auchenipterichthys punctatus</i> (Valenciennes, 1840)	-	3	-	3
	<i>Tatia</i> aff. <i>brunnea</i> (Mees, 1974)	1	-	-	1
	<i>Tetranematichthys quadrifilis</i> (Kner, 1858)	-	1	-	1
<b>Callichthyidae</b>					
	<i>Callichthys callichthys</i> (Linnaeus, 1758)	-	1	2	3
<b>Cetopsidae</b>					
	<i>Helogenes marmoratus</i> (Günther, 1863)	4	5	16	25
	<i>Pseudocetopsis macilenta</i> (Eigenmann, 1912)	-	1	2	3
<b>Heptapteridae</b>					
	<i>Brachyglanis</i> cf. <i>melas</i> (Eigenmann, 1912)	2	3	2	7
	<i>Imparfinis pristus</i> (Mees e Cala, 1989)	-	10	-	10
	<i>Mastiglanis asopos</i> (Bockmann, 1994)	-	16	-	16
	<i>Myoglanis</i> sp.	6	14	2	22
	<i>Nemuroglanis</i> sp.	-	55	8	63

Tabela 2 - Composição da ictiofauna em igarapés de 1ª a 3ª ordem coletada nas áreas de estudo do PDBFF, dados das espécies e respectivas abundâncias. (Continuação-2/2)

ORDEM Família Espécies	Área de estudo			Total
	CF	D	41	
<b>SILURIFORMES</b>				
<b>Loricariidae</b>				
<i>Acestridium discus</i> (Haseman, 1911)	28	21	-	49
<i>Ancistrus</i> sp.1	-	3	-	3
<i>Ancistrus</i> sp.2	4	-	10	14
<i>Farlowella</i> sp.	-	50	-	50
<i>Nannoptopoma</i> sp.	-	25	1	26
<i>Rineloricaria heteroptera</i> (Isbrücker & Nijssen, 1976)	4	8	3	15
<b>Trichomycteridae</b>				
<i>Ituglanis</i> sp.	-	1	-	1
<i>Stauroglanis gouldingi</i> (de Pinna, 1989)	-	32	-	32
<b>SYNBRANCHIFORMES</b>				
<b>Synbranchidae</b>				
<i>Synbranchus</i> sp.	-	2	2	4
<b>n= 65 espécies</b>	<b>548</b>	<b>1012</b>	<b>692</b>	<b>2252</b>

CF= Cabo Frio; D= Dimona; 41= 41.

Tabela 3 – Valores de biomassa (g) e densidade em biomassa (g/ m<sup>3</sup>) de peixes obtidos em igarapés de 1<sup>a</sup> a 3<sup>a</sup> ordem localizados nas áreas de estudo do PDBFF, Manaus (AM), entre os meses de maio e novembro de 2004.

<b>Igarapés</b>	<b>Ordem</b>	<b>Biomassa (g)</b>	<b>Densidade em biomassa (g/ m<sup>3</sup>)</b>
Cabo Frio	1 <sup>a</sup>	390,1	18,13
Dimona	1 <sup>a</sup>	107,4	11,87
41	1 <sup>a</sup>	270,7	20,9
Cabo Frio	2 <sup>a</sup>	274,7	6,34
Dimona	2 <sup>a</sup>	143,8	1,49
41	2 <sup>a</sup>	106,7	4,59
Cabo Frio	3 <sup>a</sup>	760	3,5
Dimona	3 <sup>a</sup>	675,2	2,94
41	3 <sup>a</sup>	808,6	7,34
<b>Total</b>		<b>3.537,3</b>	<b>77,1</b>

Tabela 4 – Valores de ocorrência (%), número de indivíduos (%) e densidade em biomassa (%) para cada espécie coletada em igarapés de 1ª a 3ª ordem localizados nas áreas de estudo do PDBFF, Manaus (AM).

<b>Espécies</b>	<b>F.O (%)</b>	<b>N (%)</b>	<b>Densidade em biomassa (%)</b>
<i>Aequidens pallidus</i>	89	3,86	8,5715
<i>Ammocryptocharax elegans</i>	22	0,44	0,0132
<i>Acestridium discus</i>	22	2,18	0,0598
<i>Ancistrus</i> sp.1	22	0,13	0,0567
<i>Ancistrus</i> sp.2	22	0,62	0,1008
<i>Apistogramma</i> aff. <i>steindachneri</i>	78	2,13	0,7499
<i>Apistogramma</i> sp.1	22	0,62	0,0167
<i>Apistogramma</i> sp.2	11	0,04	0,0018
<i>Auchenipterichthys punctatus</i>	11	0,13	1,2750
<i>Brachyglanis</i> cf. <i>melas</i>	44	0,31	0,1322
<i>Brachyhypopomus</i> sp.	33	0,13	0,0222
<i>Bryconops inpai</i>	78	10,04	5,7414
<i>Bryconops</i> sp.1	11	0,18	0,0322
<i>Bunocephalus</i> sp.	22	0,18	0,2403
<i>Callichthys callichthys</i>	22	0,13	0,9464
<i>Carnegiella strigata</i>	22	0,67	0,0763
<i>Characidium</i> cf. <i>pteróides</i>	22	1,38	0,0403
<i>Characidium</i> sp.	22	0,13	0,0024
<i>Copella nigrofasciata</i>	22	0,67	0,3490
<i>Crenicichla</i> cf. <i>alta</i>	44	0,67	1,2987
<i>Crenicichla inpa</i>	33	0,71	0,1213
<i>Crenuchus spilurus</i>	22	0,27	0,1186
<i>Eigenmannia</i> aff. <i>trilineatta</i>	11	0,13	0,0672
<i>Elachocharax</i> sp.	11	0,04	0,0003
<i>Erythrinus erythrinus</i>	78	1,69	4,6815
<i>Farlowella</i> sp.	22	2,22	0,2912
<i>Fluviphylax</i> sp.	11	0,36	0,0020
<i>Gnatocharax steindachneri</i>	11	0,04	0,0014
<i>Gymnorhamphichthys rondoni</i>	11	0,31	0,0542
<i>Gymnotus anguillaris</i>	78	0,98	1,0784
<i>Gymnotus</i> cf. <i>stenoleucus</i>	11	0,04	0,0246
<i>Gymnotus</i> sp.1	33	0,27	2,6829
<i>Helogenes marmoratus</i>	89	1,11	1,8403
<i>Hemigrammus pretoensis</i>	67	8,44	11,4966
<i>Hemigrammus vorderwinkleri</i>	11	0,04	0,0007
<i>Hoplias malabaricus</i>	56	0,49	24,2683
<i>Hyphessobrycon</i> cf. <i>agulha</i>	44	7,55	1,1578

Tabela 4 – Valores de ocorrência (%), número de indivíduos (%) e densidade em biomassa (%) para cada espécie coletada em igarapés de 1ª a 3ª ordem localizados nas áreas de estudo do PDBFF, Manaus (AM). (Continuação 1/1)

<b>Espécies</b>	<b>F.O (%)</b>	<b>N (%)</b>	<b>Densidade em biomassa (%)</b>
<i>Hyphessobrycon melazonatus</i>	67	7,02	1,3798
<i>Hyphessobrycon</i> sp.1	56	8,04	0,3783
<i>Iguanodectes variatus</i>	44	0,84	0,3320
<i>Imparfinis pristos</i>	22	0,44	0,0145
<i>Ituglanis</i> sp.	11	0,04	0,0011
<i>Mastiglanis asopos</i>	22	0,71	0,2995
<i>Microcharacidium</i> sp.	33	0,40	0,0217
<i>Microchemobrycon</i> sp.	11	0,53	0,0090
<i>Microsternarchus</i> sp.	11	0,13	0,0066
<i>Moenkhausia</i> cf. <i>collettii</i>	11	0,58	0,0249
<i>Myoglanis</i> sp.	44	0,98	0,0819
<i>Nannoptopoma</i> sp.	22	1,15	0,0434
<i>Nannostomus marginatus</i>	56	1,78	0,3017
<i>Nannostomus trifasciatus</i>	11	0,27	0,0086
<i>Nemuroglanis</i> sp.	22	2,80	0,0498
<i>Phenacogaster</i> sp.	11	0,04	0,0170
<i>Poptella compressa</i>	22	0,31	0,6766
<i>Pseudocetopsis macilenta</i>	22	0,13	0,0114
<i>Pyrrhulina brevis</i>	89	21,05	25,8473
<i>Pyrrhulina</i> cf. <i>laeta</i>	22	0,13	0,0065
<i>Rineloricaria heteropta</i>	44	0,67	0,2786
<i>Rivulus compressus</i>	78	0,80	0,4059
<i>Rivulus kirovskyi</i>	11	0,04	0,0003
<i>Stauroglanis gouldingi</i>	22	1,42	0,0438
<i>Sternopygus macrurus</i>	22	0,09	0,0931
<i>Synbranchus</i> sp.	33	0,18	1,5791
<i>Tatia</i> aff. <i>brunnea</i>	11	0,04	0,0198
<i>Tetranematichthys quadrifilis</i>	11	0,04	0,4536

**F.O**= frequência de ocorrência da espécie nos igarapés, dada em porcentagem; **N**= porcentagem do número de indivíduos da espécie, em relação ao número total de indivíduos; **Densidade em biomassa**= porcentagem da densidade em biomassa da espécie, em relação a densidade em biomassa total.

### **3.3. Relação entre o esforço amostral e a representatividade da coleta em igarapés de cabeceira**

Os resultados das capturas de trechos de 20 metros dos igarapés estudados mostraram-se largamente variáveis, tanto em número de espécies quanto em abundância. Tais variações ocorreram tanto em análises locais (entre trechos de um mesmo igarapé), quanto em análises regionais (entre trechos de diferentes igarapés de mesma ordem) (Tabela 5).

A amplitude de variação de riqueza (número de espécies) dos trechos foi mais similar entre igarapés de 1<sup>a</sup> e 2<sup>a</sup> ordens, não ultrapassando a diferença de seis espécies, localmente e de nove espécies, regionalmente. Esta diferença foi superior nos igarapés de 3<sup>a</sup> ordem, que tiveram amplitude de variação local e regional de oito e 16 espécies, respectivamente. O padrão distinto dos igarapés de 3<sup>a</sup> ordem ocorreu, em grande parte, em função dos resultados do Igarapé Dimona, que exibiu os maiores valores de espécies por trecho (25 spp.) e um valor mínimo superior ao máximo dos outros dois igarapés de mesma ordem.

A abundância de indivíduos por trecho apresentou amplitudes de variação semelhantes entre 1<sup>a</sup> e 2<sup>a</sup> ordens e maiores em igarapés de 3<sup>a</sup> ordem (Tabela 5).

Os níveis de similaridade na composição de espécies, para as capturas de trechos de 20 metros, foram baixos para todos os igarapés, não ultrapassando o valor de 0,57 localmente e de 0,32 regionalmente, com os menores valores sendo observados nos igarapés de 3<sup>a</sup> ordem (Tabela 6).

Curvas de acumulação de espécies plotadas para todos os igarapés demonstraram que a representatividade da coleta, em termos de riqueza, está diretamente relacionada ao esforço amostral. Com o aumento do trecho amostrado na coleta houve um incremento do número de espécies amostradas (Figura 2A, B e C).



Embora não tenha ocorrido estabilização de tais curvas para todos os igarapés, podemos observar algumas tendências nestas amostragens de até 100 metros. Os igarapés com localização no Cabo Frio e 41 tiveram valores acumulados de espécies mais próximos quando comparados com os igarapés localizados na Dimona. O igarapé de 1ª ordem da Dimona apresentou valores acumulados de riqueza por trecho (20, 40, 60, 80 e 100 metros) bem mais baixos que os demais igarapés de mesma ordem, sendo a situação invertida para 2ª e 3ª ordens, nos quais os igarapés da Dimona possuíram valores bem maiores que os demais.

Os valores de riqueza estimados para os igarapés pelo método de Jackknife demonstraram que as capturas de trechos de 100 metros não representam toda a riqueza da comunidade de peixes dais quais foram retiradas, com porcentagens variando de 71,4% a 85,7% da riqueza total estimada (Tabela 7).

Os dados de abundância apresentaram homocedasticidade entre as variâncias (Levene's=  $F_{(2,6)} = 2,85$ ;  $p = 0,134$ ) e os valores de riqueza foram previamente logaritimizados para as variâncias se tornassem homocedásticas (Levene's=  $F_{(2,6)} = 0,53$ ;  $p = 0,61$ ).

Houve um aumento significativo no número de espécies coletadas por trecho de 100 metros de acordo com a ordem dos igarapés ( $F_{(2,6)} = 9,65$ ;  $p = 0,013$ ). Igarapés de 1ª ordem apresentaram valor médio de 11 espécies, os de 2ª ordem 18 espécies e os de 3ª ordem 30 espécies (Figura 3A). Já os valores de abundância para trechos de 100 metros não foram significativamente diferentes entre os igarapés de diferentes ordens ( $F_{(2,6)} = 1,31$ ;  $p = 0,338$ ) (Figura 3B).

Houve uma relação direta entre o número de espécies e a abundância de peixes nos igarapés amostrados ( $F_{(1,7)} = 6,86$ ;  $r^2 = 0,49$ ;  $p = 0,03$ ) (Figura 4).

Tabela 5 - Valores de abundância e riqueza encontrados para trechos de 20 metros e valores acumulados em cinco trechos de 20 metros em igarapés de 1<sup>a</sup> a 3<sup>a</sup> ordem localizados nas áreas de estudo do PDBFF, Manaus (AM), entre os meses de maio e novembro de 2004.

Ordem	Igarapé	Riqueza					Abundância				
		Média	DP	Mín	Máx	Total	Média	DP	Mín	Máx	Total
1 <sup>a</sup>	CF	7,2	2,2	4	10	12	23,8	8,3	14	37	119
1 <sup>a</sup>	D	3,8	1,3	2	5	8	43,8	10,9	36	63	219
1 <sup>a</sup>	41	8,2	1,6	7	11	14	57	10,9	44	74	285
1 <sup>a</sup>	Geral	6,4	2,5	2	11	20	41,53	16,9	14	74	623
2 <sup>a</sup>	CF	9,4	2,1	6	11	16	30,8	8,4	22	42	154
2 <sup>a</sup>	D	11	1,2	9	12	22	53	15,5	35	75	265
2 <sup>a</sup>	41	7,8	2,4	5	11	15	34,8	10,9	16	44	174
2 <sup>a</sup>	Geral	9,4	2,2	5	12	34	39,53	14,9	16	75	593
3 <sup>a</sup>	CF	11,8	2,4	9	15	25	51	19,4	23	77	255
3 <sup>a</sup>	D	21	3,8	17	25	42	102,4	35,1	59	154	512
3 <sup>a</sup>	41	12,6	2,3	9	15	24	43,4	22,3	21	71	217
3 <sup>a</sup>	Geral	15,13	5,1	9	25	58	65,6	36,6	21	154	984

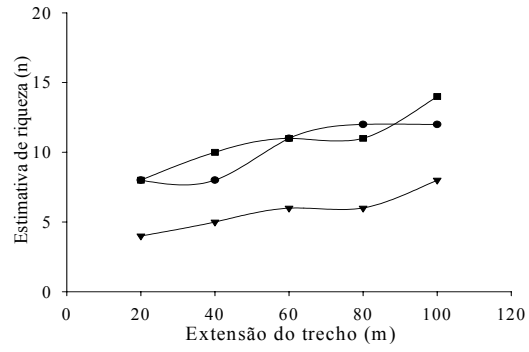
**CF**= Igarapé do Cabo Frio; **D**= Igarapé da Dimona; **41**= Igarapé do 41; **Média**= média aritmética; **DP**= desvio padrão; **Mín**= número mínimo de espécies ou de indivíduos encontrados por trecho; **Máx**= número máximo de espécies ou de indivíduos encontrados por trecho; **Total**= total de espécies ou de indivíduos coletados no igarapé .

Tabela 6 - Valores de similaridade (coeficiente de Jaccard) na composição de espécies entre as amostras de trechos de 20 metros de igarapés 1<sup>a</sup> a 3<sup>a</sup> ordem localizados nas áreas de estudo do PDBFF, Manaus (AM).

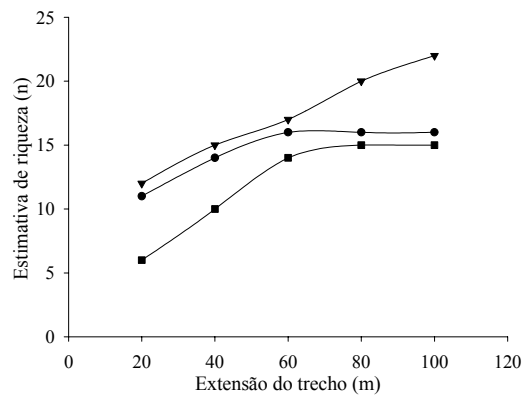
Ordem	Igarapé	Similaridade na composição de espécies				Total spp.
		Média	DP	Mín	Máx	
1 <sup>a</sup>	CF	0,54	0,17	0,36	0,87	12
1 <sup>a</sup>	D	0,45	0,16	0,29	0,80	8
1 <sup>a</sup>	41	0,57	0,14	0,38	0,78	14
1 <sup>a</sup>	Geral	0,32	0,17	0,08	0,87	20
2 <sup>a</sup>	CF	0,57	0,10	0,43	0,75	16
2 <sup>a</sup>	D	0,47	0,09	0,33	0,60	22
2 <sup>a</sup>	41	0,46	0,10	0,33	0,63	15
2 <sup>a</sup>	Geral	0,30	0,19	0	0,75	34
3 <sup>a</sup>	CF	0,41	0,09	0,29	0,58	25
3 <sup>a</sup>	D	0,42	0,05	0,35	0,51	42
3 <sup>a</sup>	41	0,44	0,09	0,32	0,65	24
3 <sup>a</sup>	Geral	0,24	0,14	0,03	0,65	57

**CF**= Igarapé do Cabo Frio; **D**= Igarapé da Dimona; **41**= Igarapé do 41; **Média**= média aritmética dos valores de similaridade; **DP**= desvio padrão; **Mín**= número mínimo de espécies encontrado por trecho; **Máx**= número máximo de espécies encontrado por trecho; **Total spp.**= total de espécies coletadas no igarapé.

A



B



C

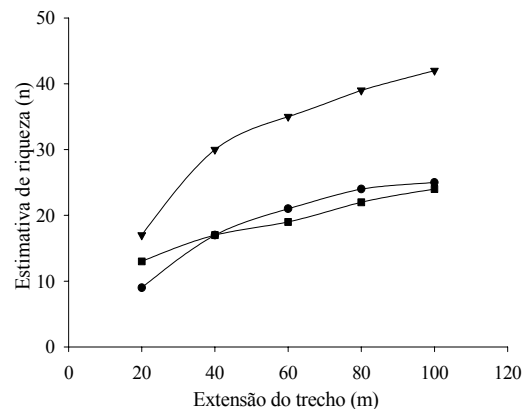


Figura 2 - Curvas de acumulação de espécies para valores de riqueza observados nos igarapés de 1<sup>a</sup> a 3<sup>a</sup> ordem localizados nas áreas de estudo do PDBFF, Manaus (AM).

A= Igarapés de 1<sup>a</sup> ordem; B= Igarapés de 2<sup>a</sup> ordem; C= Igarapés de 3<sup>a</sup> ordem; n= número de espécies; ● = Cabo Frio ▼ = Dimona ■ = 41.

Tabela 7 - Valores de riqueza observados nas amostras e os estimados pelo índice de Jackknife para os igarapés localizados nas áreas de estudo do PDBFF, Manaus (AM), segundo a ordem e local.

<b>Ordem</b>	<b>Igarapé</b>	<b>Obs</b>	<b>Est</b>	<b>%Est</b>
1 <sup>a</sup>	CF	12	14	85,7
1 <sup>a</sup>	D	8	10	80,0
1 <sup>a</sup>	41	14	18	77,7
2 <sup>a</sup>	CF	16	21	76,2
2 <sup>a</sup>	D	22	30	73,3
2 <sup>a</sup>	41	15	19	78,9
3 <sup>a</sup>	CF	25	35	71,4
3 <sup>a</sup>	D	42	54	77,8
3 <sup>a</sup>	41	24	30	80,0

**CF**= Igarapé do Cabo Frio; **D**= Igarapé da Dimona; **41**= Igarapé do 41; **Obs**= riqueza observada; **Est**= riqueza estimada; **%Est**= porcentagem da riqueza observada em relação a estimada para trechos de 100 metros pelo índice de Jackknife.

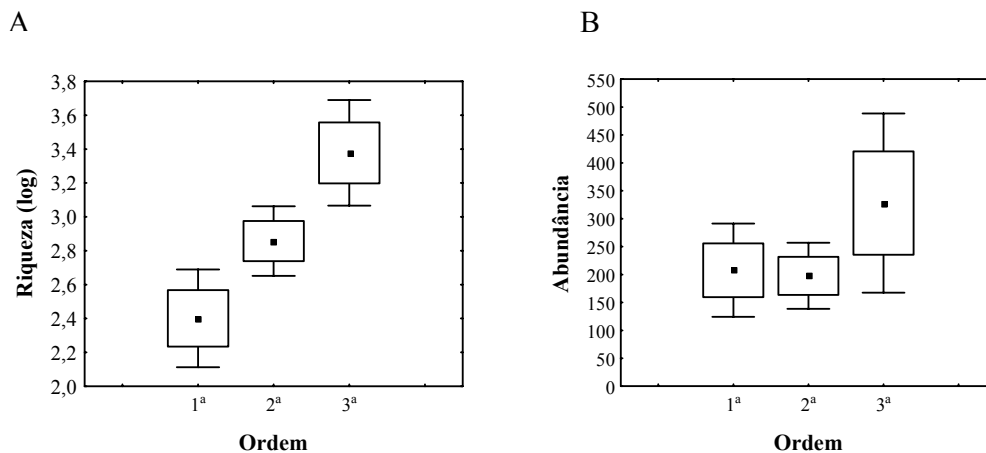


Figura 3 - Valores acumulados de riqueza e abundância de peixes em trechos de 100 metros em igarapés de 1ª, 2ª e 3ª ordens localizados nas áreas de estudo do PDBFF, Manaus (AM).

A= Valores de riqueza; B= Valores de abundância; □ = ± Erro padrão; I = ± Desvio padrão; ■ = Média.

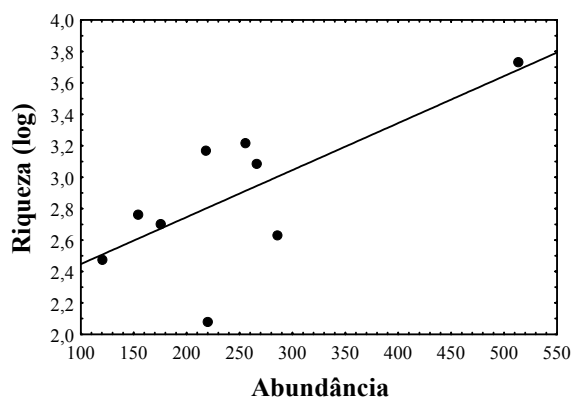


Figura 4 – Relação entre a riqueza e abundância de peixes em trechos de 100 metros em igarapés de 1ª, 2ª e 3ª ordens localizados nas áreas de estudo do PDBFF, Manaus (AM).

### 3.4. Variações na composição da ictiofauna em igarapés de 1<sup>a</sup> a 3<sup>a</sup> ordem

As análises bidimensionais, feitas por meio dos eixos do HMDS, conseguiram capturar grande parte da variação dos dados originais de composição de espécies das comunidades, tanto para os dados de presença-ausência ( $r^2 = 0,92$ ) quanto para dados quantitativos, referentes a valores de abundância ( $r^2 = 0,70$ ), densidade em número de indivíduos ( $r^2 = 0,77$ ) e densidade em biomassa ( $r^2 = 0,77$ ).

As análises, tanto com dados quantitativos como com dados de presença-ausência, mostram um gradiente relacionado com o tamanho dos igarapés, representado na forma de uma diagonal através do espaço bidimensional. O padrão gerado para todos os tipos de dados (presença-ausência, abundância, densidade em biomassa e densidade em número de indivíduos) indica uma separação de grupos de acordo com as ordens (principalmente ao longo do eixo 1) (Figura 5A-D).

As análises com dados de abundância e presença-ausência mostram uma tendência em função do aumento da ordem dos igarapés que é inversa a mostrada pelas análises com dados de densidade em número de indivíduos e densidade em biomassa (Figura 5A-D).

Um padrão de separação de igarapés em função de suas dimensões físicas (área e volume) também foi evidenciado, onde os igarapés maiores estão separados dos menores independentemente da ordem. Isto pode ser visualizado pela presença do igarapé da Dimona de 2<sup>a</sup> ordem, sempre junto aos de 3<sup>a</sup> ordem e o igarapé de 2<sup>a</sup> ordem do 41 sempre próximo aos igarapés de 1<sup>a</sup> ordem das demais microbacias. (Tabela 1; Figura 5A-B).

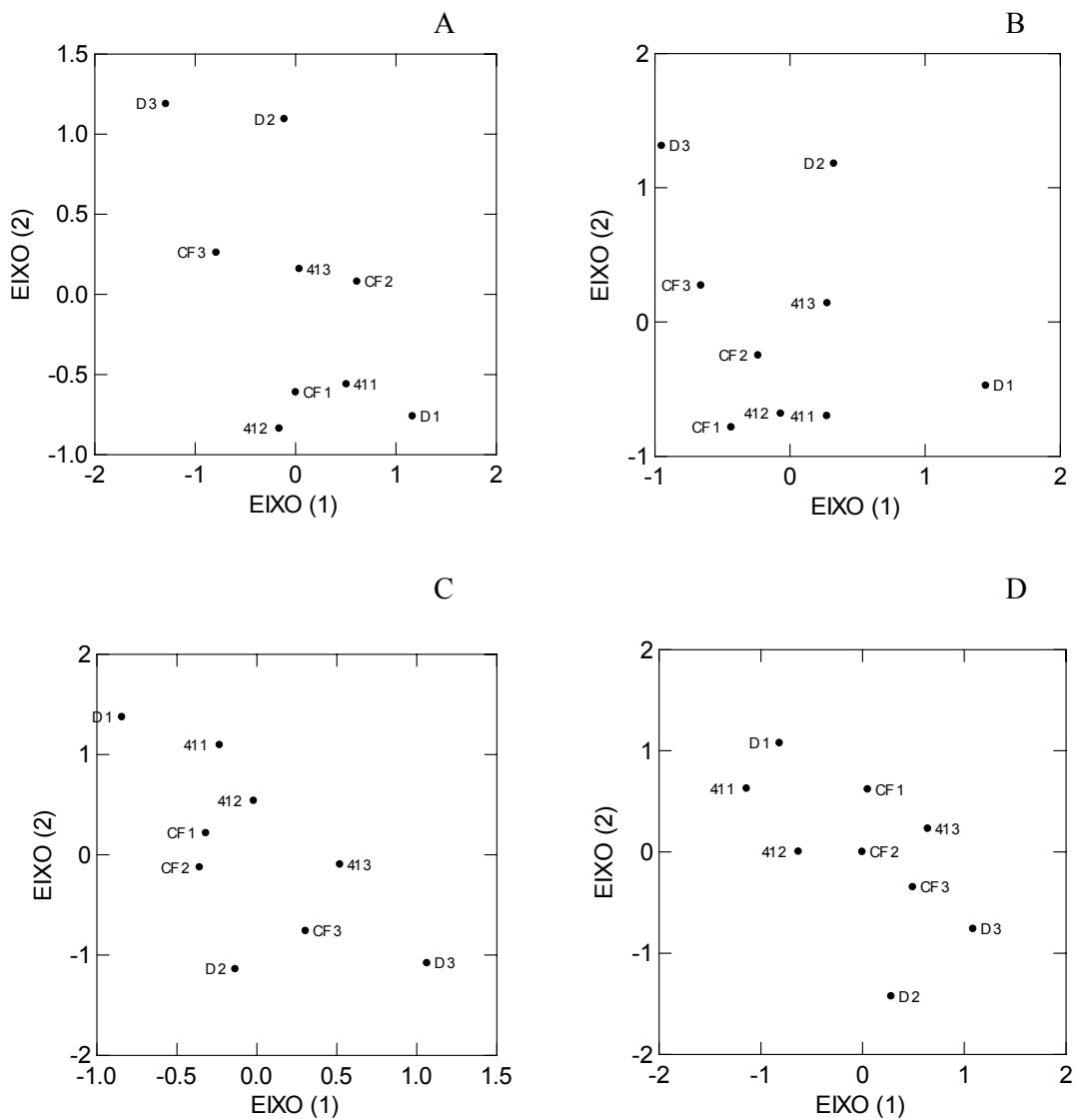


Figura 5 – Ordenação por meio de Escalonamento Multidimensional Híbrido (HMDS) para dados referentes a valores de abundância (A), presença-ausência (B), densidade em número de indivíduos (C) e densidade em biomassa (D) de peixes em trechos de 100 metros em igarapés de 1<sup>a</sup> a 3<sup>a</sup> ordem, localizados nas áreas de estudo do PDBFF, Manaus (AM).

CF= Igarapé do Cabo Frio; D= Igarapé da Dimona; 41= Igarapé do 41; 1= Igarapés de 1<sup>a</sup> ordem; 2= Igarapés de 2<sup>a</sup> ordem; 3= Igarapés de 3<sup>a</sup> ordem.



### 3.5 Estrutura trófica da ictiofauna

As 65 espécies coletadas nos nove igarapés foram incluídas em sete categorias tróficas: carnívoros (dieta  $\geq$  60% material animal, sem predominância de nenhum grupo específico), insetívoros alóctones (dieta  $\geq$  60% insetos terrestres), insetívoros autóctones (dieta  $\geq$  60% insetos aquáticos), insetívoros gerais (dieta  $\geq$  60% insetos), perífívoros (dieta  $\geq$  60% perifíton), piscívoros (dieta  $\geq$  60% peixe) e onívoros (dieta composta por alimentos de origem animal e vegetal, sem predominância de nenhum deles). A classificação das espécies é apresentada na Tabela 8.

Em relação à dieta, os insetos terrestres encontrados incluíram os Hymenoptera (Formicidae), Coleoptera, Homoptera, Orthoptera, Lepidoptera, Diptera e Hemiptera. Os insetos aquáticos incluíram representantes das ordens Diptera (Tipulidae, Ceratopogonidae, Chironomidae), Trichoptera, Plecoptera, Megaloptera, Hemiptera, Lepidoptera, Coleoptera, Odonata (larvas) e Ephemeroptera. O perifíton foi representado basicamente por diatomáceas. Os demais invertebrados aquáticos encontrados incluíram Acari e Crustacea (Decapoda e Conchostraca), e entre os terrestres, Aracnida e Oligochaeta. Foram registrados também os itens alimentares, fragmentos de vegetais superiores, peixes, escamas de peixes e detrito (classificado no presente estudo como a matéria orgânica finamente particulada e microrganismos a ela associados, além do material de origem inorgânica).

A categoria trófica que abrigou a maior abundância foi a dos insetívoros alóctones, com 956 indivíduos (42,45%), sendo representada por espécies das famílias Characidae, Lebiasinidae e Cetopsidae (Tabelas 8 e 9).

A categoria dos insetívoros gerais foi a segunda mais abundante, com 421 indivíduos (18,7%) e incluiu representantes das famílias Characidae, Crenuchidae, Gymnotidae, Heptapteridae, Hypopomidae, Lebiasinidae e Rivulidae (Tabelas 8 e 9).

Os carnívoros somaram 352 indivíduos (15,63%), sendo estes pertencentes às famílias Auchenipteridae, Cetopsidae, Characidae, Cichlidae e Erythrinidae (Tabelas 8 e 9).

Os insetívoros autóctones apresentaram um total de 348 indivíduos (15,45%) incluídos nas famílias Callichthyidae, Characidae, Cichlidae, Crenuchidae, Gasteropelecidae, Gymnotidae, Heptapteridae, Hypopomidae, Poeciliidae, Rhamphichthyidae, Sternopygidae, Synbranchidae e Trichomycteridae (Tabelas 8 e 9).

A categoria dos perifitívoros teve 157 indivíduos (6,97%) e representantes somente da família Loricariidae. Os piscívoros foram representados por uma única espécie, *Hoplias malabaricus*, e somaram 11 indivíduos (0,49%) e os onívoros tiveram um total de sete indivíduos (0,31%), pertencentes às famílias Aspredinidae e Auchenipteridae (Tabelas 8 e 9).

Insetívoros alóctones também constituíram a categoria trófica com maior densidade em biomassa, perfazendo 27,76 g/m<sup>3</sup> (36%). Os carnívoros foram responsáveis por 20,55 g/m<sup>3</sup> (26,65%), os piscívoros por 18,71 g/m<sup>3</sup> (24,27%), os insetívoros autóctones por 6,13 g/m<sup>3</sup> (7,95%), os insetívoros gerais por 2,14 g/m<sup>3</sup> (2,78%), os onívoros por 1,17 g/m<sup>3</sup> (1,52%) e os perifitívoros por apenas 0,64 g/m<sup>3</sup> (0,83%) (Tabela 10).

Tabela 8 – Classificação trófica das espécies amostradas em igarapés de 1ª a 3ª ordem nas áreas de estudo do PDBFF, Manaus (AM), inclusos dados sobre a composição da dieta.

<b>ORDEM</b>		
<b>Família</b>		
Espécies	<b>Classificação trófica</b>	<b>Dieta (%)</b>
<b>CHARACIFORMES</b>		
<b>Characidae</b>		
<i>Bryconops inpai</i>	Insetívoro alóctone	70% INSAL ; 30%INSAU
<i>Bryconops</i> sp.1	Insetívoro alóctone	70% INSA L; 30%INSAU
<i>Hemigrammus pretoensis</i>	Carnívoro	40%FV ; 54%INSAL ; 1,5%INSAU ; 4,5%INVAL
<i>Hemigrammus vorderwinkleri</i>	Carnívoro	*
<i>Hyphessobrycon</i> cf. <i>agulha</i>	Insetívoro alóctone	2%FV ; 65%INSAL ; 15%INSAU
<i>Hyphessobrycon melazonatus</i>	Insetívoro geral	50%INSAL ; 44%INSAU ; 6%INVAL
<i>Hyphessobrycon</i> sp.1	Insetívoro geral	50%INSAL ; 44%INSAU ; 6%INVAL
<i>Iguanodectes variatus</i>	Insetívoro alóctone	77%INSAL ; 23%INSAU
<i>Microschemobrycon</i> sp.	Insetívoro autóctone	7,5%FV ; 88,5%INSAU ; 0,7%INVAL; 3,3%DE
<i>Moenkhausia</i> cf. <i>collettii</i>	Insetívoro alóctone	60%INSAL ; 40%INSAU
<i>Phenacogaster</i> sp.	Insetívoro autóctone	100%INSAU
<i>Poptella compressa</i>	Insetívoro alóctone	20%FV ; 62%INSAL ; 9%INSAU ; 7%INVAL ; 2%INVAU
<b>Crenuchidae</b>		
<i>Ammocryptocharax elegans</i>	Insetívoro autóctone	100%INSAU
<i>Characidium</i> cf. <i>pteróides</i>	Insetívoro autóctone	7%FV ; 93%INSAU
<i>Characidium</i> sp.	Insetívoro autóctone	97,5%INSAU ; 2,5%INVAU
<i>Crenuchus spilurus</i>	Insetívoro geral	7%ES ; 20%INSAL ; 53%INSAU ; 20%INVAU
<i>Elachocharax</i> sp.	Insetívoro autóctone	100%INSAU
<i>Microcharacidium</i> sp.	Insetívoro autóctone	*
<b>Erythrinidae</b>		
<i>Erythrinus erythrinus</i>	Carnívoro	1,5%FV ; 47,5%INSAU ; 27%INVAU ; 24%PEX
<i>Hoplias malabaricus</i>	Piscívoro	100%PEX
<b>Gasteropelecidae</b>		
<i>Carnegiella strigata</i>	Insetívoro autóctone	100%INSAU
<i>Gnathocharax steindachneri</i>	Insetívoro autóctone	3,5%ES ; 3,5%FV ; 33%INSAL ; 60%INSAU ;
<b>Lebiasinidae</b>		
<i>Copella nigrofasciata</i>	Insetívoro alóctone	25%FV ; 69%INSAL ; 6%INSAU
<i>Nannostomus marginatus</i>	Insetívoro geral	28%FV ; 37%INSAL; 35%INSAU
<i>Nannostomus trifasciatus</i>	Insetívoro geral	28%FV ; 37%INSAL; 35%INSAU
<i>Pyrrhulina brevis</i>	Insetívoro alóctone	13%FV ; 70%INSAL ; 7%INSAU ; 12%INVAU
<i>Pyrrhulina</i> cf. <i>laeta</i>	Insetívoro alóctone	13%FV ; 68%INSAL ; 7%INSAU ; 12%INVAU
<b>CYPRINODONTIFORMES</b>		
<b>Poeciliidae</b>		
<i>Fluviphylax</i> sp.	Insetívoro autóctone	87%INSAU
<b>Rivulidae</b>		
<i>Rivulus compressus</i>	Insetívoro geral	2%FV ; 45%INSAL ; 33%INSAU ; 20%INVAL
<i>Rivulus kirovskiyi</i>	Insetívoro geral	2%FV ; 45%INSAL ; 33%INSAU ; 20%INVAL

Tabela 8 – Classificação trófica das espécies amostradas em igarapés de 1<sup>a</sup> a 3<sup>a</sup> ordem nas áreas de estudo do PDBFF, Manaus (AM), inclusos dados sobre a composição da dieta. (Continuação-1/2)

<b>ORDEM</b>		
<b>Família</b>		
Espécies	<b>Classificação trófica</b>	<b>Dieta (%)</b>
<b>GYMNOTIFORMES</b>		
<b>Gymnotidae</b>		
<i>Gymnotus anguillaris</i>	Insetívoro autóctone	10%FV ; 1%INSAL ; 89%INSAU
<i>Gymnotus</i> sp.1	Insetívoro autóctone	10%FV ; 1%INSAL ; 89%INSAU
<i>Gymnotus</i> cf. <i>stenoleucus</i>	Insetívoro geral	13%FV ; 34%FI ; 53%INSAU
<b>Hypopomidae</b>		
<i>Brachyhypopomus</i> sp.	Insetívoro geral	20%INSAL ; 50%INSAU ; 15%INVAU ; 15%DE
<i>Microsternachus</i> sp.	Insetívoro autóctone	100%INSAU
<b>Rhamphichthyidae</b>		
<i>Gymnorhamphichthys rondoni</i>	Insetívoro autóctone	45%INSAL ; 52%INSAU
<b>Sternopygidae</b>		
<i>Eigenmannia</i> aff. <i>trilineata</i>	Insetívoro autóctone	30%INSAL ; 67,5%INSAU ; 2,5%INVAU
<i>Sternopygus macrurus</i>	Insetívoro autóctone	8%FV ; 81%INSAU ; 11%DE
<b>PERCIFORMES</b>		
<b>Cichlidae</b>		
<i>Aequidens pallidus</i>	Carnívoro	5%ES ; 32%FV ; 14%INSAL ; 38%INSAU ; 8%INVAL
<i>Apistogramma</i> aff. <i>steindachneri</i>	Insetívoro autóctone	100%INSAU
<i>Apistogramma</i> sp.1	Insetívoro autóctone	100%INSAU
<i>Apistogramma</i> sp.2	Insetívoro autóctone	100%INSAU
<i>Crenicichla</i> cf. <i>alta</i>	Carnívoro	16%INSAL ; 35% INSAU ; 11%INVAL ; 13INVAU ; 25%PEX
<i>Crenicichla inpa</i>	Carnívoro	16%INSAL ; 35% INSAU ; 11%INVAL ; 13INVAU ; 25%PEX
<b>SILURIFORMES</b>		
<b>Aspredinidae</b>		
<i>Bunocephalus</i> sp.	Onívoro	17,5%FV ; 35%INSAL ; 12,5%INSAU ; 35%DE
<b>Auchenipteridae</b>		
<i>Auchenipterichthys punctatus</i>	Onívoro	*
<i>Tatia</i> aff. <i>brunnea</i>	Carnívoro	*
<i>Tetranematichthys quadrifilis</i>	Carnívoro	*
<b>Callichthyidae</b>		
<i>Callichthys callichthys</i>	Insetívoro autóctone	17,5%FI ; 75%INSAU ; 5%INVAU ; 2,5%DE
<b>Cetopsidae</b>		
<i>Helogenes marmoratus</i>	Insetívoro alóctone	16%FV ; 70%INSAL ; 9%INSAU
<i>Pseudocetopsis macilenta</i>	Carnívoro	*
<b>Heptapteridae</b>		
<i>Brachyglanis</i> cf. <i>melas</i>	Insetívoro geral	40%INSAL ; 57%INSAU ; 3%INVAU
<i>Imparfinis pristos</i>	Insetívoro autóctone	80%INSAU ; 20%INVAU
<i>Mastiglanis asopos</i>	Insetívoro autóctone	100%INSAU
<i>Myoglanis</i> sp.	Insetívoro autóctone	10%ES ; 12%FI ; 3%FV ; 60%INSAU
<i>Nemuroglanis</i> sp.	Insetívoro autóctone	100%INSAU

Tabela 8 - Classificação trófica das espécies amostradas em igarapés de 1ª a 3ª ordem nas áreas de estudo do PDBFF, Manaus (AM), inclusos dados sobre a composição da dieta. (Continuação-2/2)

<b>ORDEM</b>		
<b>Família</b>		
<b>Espécies</b>	<b>Classificação trófica</b>	<b>Dieta</b>
<b>SILURIFORMES</b>		
<b>Loricariidae</b>		
<i>Acestridium discus</i>	Perifitívoro	1%FI ; 99%PER
<i>Ancistrus</i> sp.1	Perifitívoro	20%FV ; 80%PER
<i>Ancistrus</i> sp.2	Perifitívoro	20%FV ; 80%PER
<i>Farlowella</i> sp.	Perifitívoro	100%PER
<i>Nannoptopoma</i> sp.	Perifitívoro	90%PER ; 10% DE
<i>Rineloricaria heteroptera</i>	Perifitívoro	2%INSAU ; 98%PER
<b>Trichomycteridae</b>		
<i>Ituglanis</i> sp.	Insetívoro autóctone	100%INSAU
<i>Stauroglanis gouldingi</i>	Insetívoro autóctone	100%INSAU
<b>SYNBRANCHIFORMES</b>		
<b>Synbranchidae</b>		
<i>Synbranchus</i> sp.	Insetívoro autóctone	100%INSAU

**ES**= Escamas; **FI**= Fragmentos de insetos não identificados; **FV**= Fragmentos vegetais; **INSAL**= Insetos terrestres; **INSAU**= Insetos aquáticos; **INVAL**= Invertebrados terrestres; **INVAU**= Invertebrados aquáticos; **PER**= Perifiton; **PEX**= Peixe; **DE**= Detrito \* = Classificação com base em informação de especialista.

Tabela 9 – Valores de abundância (número de indivíduos) de peixes para cada categoria trófica, em cada um dos igarapés 1<sup>a</sup> a 3<sup>a</sup> ordem localizados nas áreas de estudo do PDBFF, Manaus (AM).

<b>Igarapés</b>	<b>Categorias tróficas</b>						
	<b>Carnívoro</b>	<b>Ins aloc</b>	<b>Ins autoc</b>	<b>Ins geral</b>	<b>Onívoro</b>	<b>Perifitívoro</b>	<b>Piscívoro</b>
CF 1	47	45	11	14	0	0	2
D 1	23	190	2	4	0	0	0
41 1	84	154	20	27	0	0	0
CF 2	78	51	8	16	0	0	1
D 2	8	170	51	14	1	21	0
41 2	60	74	10	30	0	0	0
CF 3	16	151	14	56	0	36	2
D 3	5	69	192	167	6	86	3
41 3	31	52	40	93	0	14	3
<b>Total</b>	<b>352</b>	<b>956</b>	<b>348</b>	<b>421</b>	<b>7</b>	<b>157</b>	<b>11</b>

**CF**= Igarapé do Cabo Frio; **D**= Igarapé da Dimona; **41**= Igarapé do 41; **1**= Igarapés de 1<sup>a</sup> ordem; **2**= Igarapés de 2<sup>a</sup> ordem; **3**= Igarapés de 3<sup>a</sup> ordem ; **Ins aloc**= Insetívoro alóctone; **Ins autoc**= Insetívoro autóctone; **Ins geral**= Insetívoro geral.

Tabela 10 – Valores de densidade em biomassa (gramas de peixe / m<sup>3</sup>) para cada categoria trófica, em cada um dos igarapés de 1<sup>a</sup> a 3<sup>a</sup> ordem avaliados neste estudo.

<b>Igarapés</b>	<b>Categorias tróficas</b>						
	<b>Carnívoro</b>	<b>Ins aloc</b>	<b>Ins autoc</b>	<b>Ins geral</b>	<b>Onívoro</b>	<b>Perifitívoro</b>	<b>Piscívoro</b>
CF 1	3,26	2,67	0,21	0,29	0	0	11,70
D 1	4,50	6,59	0,70	0,08	0	0	0
41 1	7,10	10,72	2,35	0,72	0	0	0
CF 2	2,79	1,29	0,04	0,18	0	0	2,05
D 2	0,03	0,83	0,29	0,05	0,09	0,19	0
41 2	1,40	2,54	0,14	0,51	0	0	0
CF 3	0,34	1,51	0,10	0,03	0	0,18	1,34
D 3	0,36	0,25	0,33	0,10	1,08	0,20	0,62
41 3	0,77	1,36	1,97	0,18	0	0,07	3,00
<b>Total</b>	<b>20,55</b>	<b>27,76</b>	<b>6,13</b>	<b>2,14</b>	<b>1,17</b>	<b>0,64</b>	<b>18,71</b>

**CF**= Igarapé do Cabo Frio; **D**= Igarapé da Dimona; **41**= Igarapé do 41; **1**= Igarapés de 1<sup>a</sup> ordem; **2**= Igarapés de 2<sup>a</sup> ordem; **3**= Igarapés de 3<sup>a</sup> ordem ; **Ins aloc**= Insetívoro alóctone; **Ins autoc**= Insetívoro autóctone; **Ins geral**= Insetívoro geral.

### 3.6. Variações na estrutura trófica da ictiofauna de igarapés de 1<sup>a</sup> a 3<sup>a</sup> ordem

As variações na estrutura trófica da ictiofauna dos nove igarapés amostrados foram avaliadas por meio de uma análise de Escalonamento Multidimensional Híbrido (HMDS). Os dois eixos criados pela análise conseguiram captar grande parte da variação das distâncias originais na composição da estrutura trófica das comunidades, tanto para dados de presença-ausência de categorias tróficas ( $r^2 = 0,96$ ), quanto para dados quantitativos, referentes a valores de abundância ( $r^2 = 0,95$ ) e de densidade em biomassa ( $r^2 = 0,89$ ) por categoria trófica.

Para dados de presença-ausência, novamente observa-se uma separação entre os igarapés de tamanhos diferentes principalmente ao longo do eixo 1. Também é possível verificar que os igarapés de 1<sup>a</sup> e 2<sup>a</sup> ordens estão mais próximos entre si do que em relação aos igarapés de 3<sup>a</sup> ordem, com exceção do igarapé Dimona 2<sup>a</sup> ordem (Figura 6A). Para as análises com valores de abundância e biomassa, o padrão parece ser o mesmo observado para dados qualitativos. Contudo, o gradiente formado pelos igarapés de diferentes ordens é especialmente evidente para os valores de densidade em biomassa (Figura 6C).



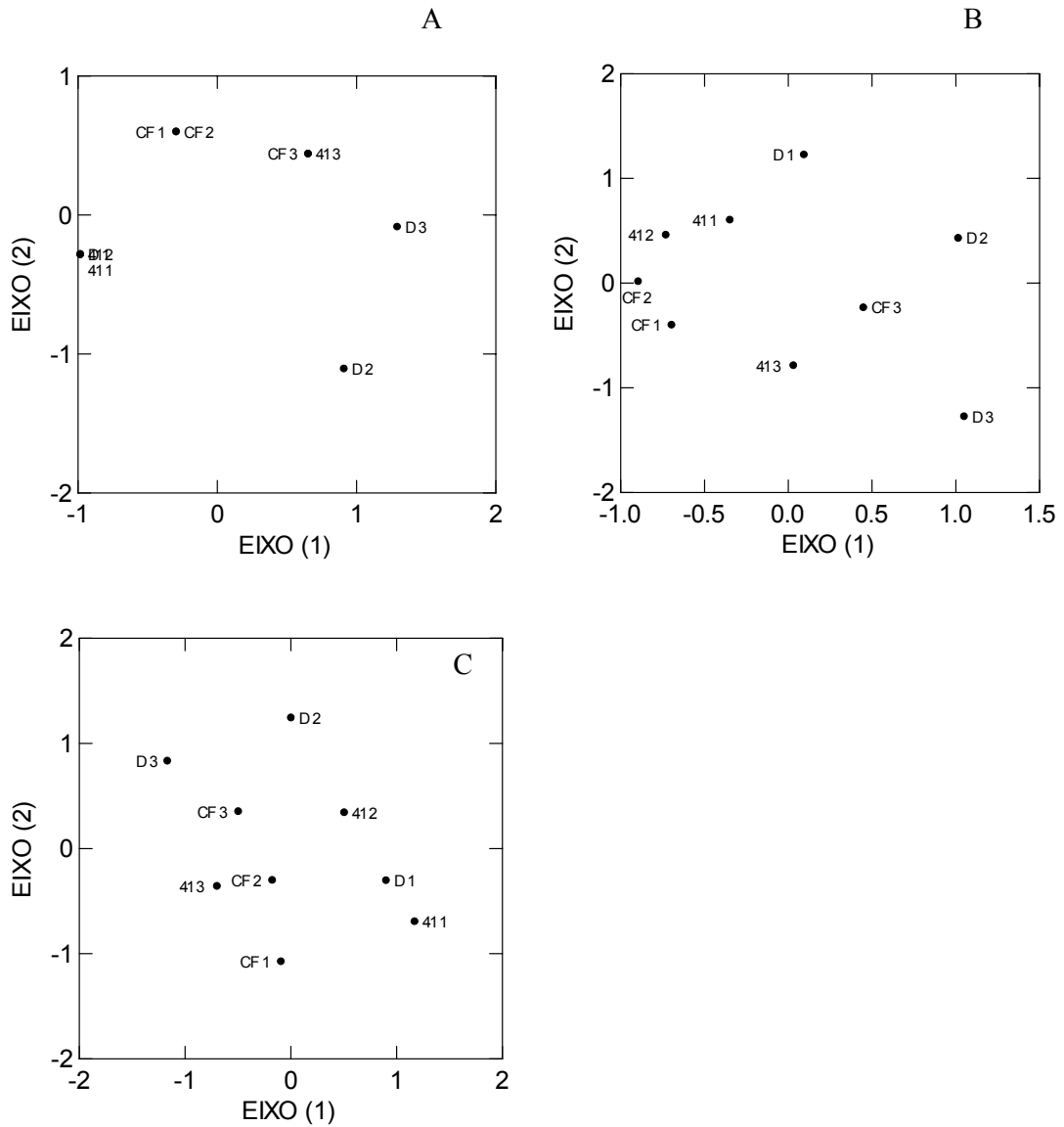


Figura 6 – Ordenação por meio de Escalonamento Multidimensional Híbrido (HMDS) para dados referentes a valores de presença-ausência de categorias tróficas (A) e para valores de abundância (B) e densidade em biomassa (C) de peixes nas categorias tróficas registradas em trechos de 100 metros em igarapés de 1<sup>a</sup> a 3<sup>a</sup> ordem, localizados nas áreas de estudo do PDBFF, Manaus (AM).

**CF**= Igarapé do Cabo Frio; **D**= Igarapé da Dimona; **41**= Igarapé do 41; **1**= Igarapés de 1<sup>a</sup> ordem; **2**= Igarapés de 2<sup>a</sup> ordem; **3**= Igarapés de 3<sup>a</sup> ordem.

### **3.7. Influência das variáveis ambientais sobre a composição de espécies e estrutura trófica da ictiofauna**

Uma análise de correlação de Pearson entre as variáveis ambientais medidas (parâmetros físico-químicos e frequência de ocorrência dos substratos), identificou um alto nível de correlação entre as mesmas (Tabela 11). Em função deste elevado nível de correlação, e para evitar problemas de colinearidade nas análises, as variáveis foram reordenadas através de uma Análise de Componentes Principais (PCA), criando-se novas variáveis ou eixos ortogonais. Assim estas puderam ser diretamente relacionadas através de análises de Correlação Canônica (CCA) e Análise de Variância Multivariada (MANOVA) aos dados de composição de espécies e estrutura trófica da ictiofauna (representados pelos eixos 1 e 2 dos respectivos HMDS).

Para essas análises foram utilizados os dois primeiros eixos da PCA, pois estes explicaram grande parte da variação dos dados (62,5%), o primeiro explicando 43,7% e o segundo 19,8%. A importância ou peso “loadings” de cada variável original para os dois eixos criados pode ser vista na Tabela 12.

O eixo 1 da PCA foi relacionado fortemente ao gradiente físico estrutural do canal, com altos pesos para oxigênio dissolvido (0,93), largura média (0,89), profundidade média (0,89), velocidade da corrente (0,87), vazão média (0,81) e abertura do dossel (0,86). Este eixo também apresentou relações com três categorias de substratos, areia (0,81), liteira grossa (-0,76) e liteira fina (-0,55) e também com um outro fator físico-químico, condutividade (0,73).

O eixo 2 da PCA foi principalmente relacionado a duas categorias de substratos, raiz (-0,77) e macrófitas (0,75) e a dois fatores físico-químicos, temperatura (0,77) e pH (0,67).

As análises de Correlação Canônica e MANOVA utilizando dados de composição da ictiofauna indicaram que o primeiro eixo da PCA foi significativamente relacionado tanto com as ordenações de presença-ausência de espécies (Pillai Trace = 0,81;  $F_{2,5} = 10,76$ ;  $P < 0,015$ ) como com as ordenações quantitativas para dados de abundância (Pillai Trace = 0,84;  $F_{2,5} = 13,04$ ;  $P < 0,01$ ), densidade em número de indivíduos (Pillai Trace = 0,87;  $F_{2,5} = 16,17$ ;  $P < 0,006$ ) e densidade em biomassa (Pillai Trace = 0,81;  $F_{2,5} = 10,99$ ;  $P < 0,015$ ). O segundo eixo da PCA não teve relação significativa com nenhuma das ordenações para dados de composição da ictiofauna.

Em relação à estrutura trófica, as análises de Correlação Canônica e MANOVA indicaram que o primeiro eixo da PCA foi significativamente relacionado com as ordenações para presença-ausência de categorias tróficas (Pillai Trace = 0,73;  $F_{2,5} = 6,6$ ;  $P < 0,04$ ) e para valores de densidade em biomassa por categoria trófica (Pillai Trace = 0,8;  $F_{2,5} = 9,65$ ;  $P < 0,019$ ), mas não com a ordenação para valores de abundância por categoria trófica. O segundo eixo da PCA também não apresentou relação significativa com nenhuma das ordenações para dados referentes à estrutura trófica.

Tabela 11 - Correlação de Pearson entre as variáveis ambientais medidas em igarapés de 1ª a 3ª ordem, localizados nas áreas de estudo do PDBFF, Manaus (AM), entre os meses de maio e novembro de 2004.

	Largura (m)	Prof (cm)	V.C (m/s)	Vazão (m³/s)	Dossel (%)	O <sub>2</sub> (mg/l)	Temp (C°)	Cond (µS/cm)	pH	Categorias de substratos (%)								
										AR	ARG	LF	LG	MA	RA	SX	TR	
<b>Largura</b>	1																	
<b>Prof</b>	0,983	1																
<b>V.C</b>	0,622	0,636	1															
<b>Vazão</b>	0,872	0,921	0,570	1														
<b>Dossel</b>	0,703	0,668	0,773	0,627	1													
<b>O<sub>2</sub></b>	0,816	0,788	0,913	0,626	0,765	1												
<b>Temp</b>	0,094	0,045	-0,387	0,176	-0,199	-0,253	1											
<b>Cond</b>	-0,495	-0,515	-0,741	-0,422	-0,573	-0,680	0,108	1										
<b>pH</b>	0,731	0,678	0,031	0,554	0,439	0,336	0,254	-0,162	1									
<b>AR</b>	0,548	0,509	0,767	0,456	0,682	0,760	-0,037	-0,833	0,250	1								
<b>ARG</b>	0,127	0,231	0,150	0,125	-0,305	0,175	-0,324	-0,046	-0,188	-0,283	1							
<b>LF</b>	-0,391	-0,437	-0,549	-0,370	-0,315	-0,562	0,557	0,413	-0,205	-0,557	-0,236	1						
<b>LG</b>	-0,518	-0,438	-0,805	-0,339	-0,704	-0,824	0,013	0,702	-0,106	-0,882	0,238	0,303	1					
<b>MA</b>	0,668	0,574	-0,018	0,499	0,322	0,314	0,466	0,189	0,775	0,062	-0,178	0,077	-0,168	1				
<b>RA</b>	-0,059	-0,065	0,480	-0,203	0,152	0,434	-0,640	-0,145	-0,413	0,133	0,415	-0,330	-0,377	-0,273	1			
<b>SX</b>	0,397	0,482	0,509	0,696	0,586	0,295	-0,112	-0,333	0,114	0,380	-0,177	-0,312	-0,175	-0,036	-0,280	1		
<b>TR</b>	-0,256	-0,263	-0,117	-0,287	-0,288	-0,145	-0,329	0,197	-0,138	0,081	-0,135	-0,484	0,138	-0,223	-0,102	0,024	1	

**Prof**= profundidade; **V.C**= velocidade média da corrente; **Dossel**= abertura de dossel; **O<sub>2</sub>**= oxigênio dissolvido; **Temp**= temperatura; **Cond**= condutividade; **AR**= areia; **ARG**= argila; **LF**= liteira fina; **LG**= liteira grossa; **MA**= macrófita; **RA**= raiz; **SX**= seixo; **TR**= tronco.

Tabela 12 – Relação das variáveis ambientais, medidas em igarapés de 1ª a 3ª ordem nas áreas de estudo do PDBFF, com os dois eixos criados pela Análise de Componentes Principais (PCA), inclusos os respectivos pesos (“loadings”).

<b>Variável</b>	<b>Eixo 1</b>	<b>Eixo2</b>
Largura média (Largura)	<b>0,89</b>	0,34
Profundidade média (Prof)	<b>0,89</b>	0,29
Velocidade da corrente (V.C)	<b>0,87</b>	- 0,43
Vazão média (Vazão)	<b>0,81</b>	0,37
Abertura do dossel (Dossel)	<b>0,86</b>	0,02
Oxigênio dissolvido (O <sub>2</sub> )	<b>0,93</b>	- 0,21
Temperatura (Temp)	- 0,11	<b>0,77</b>
Condutividade (Cond)	- <b>0,73</b>	0,28
pH	0,50	<b>0,67</b>
Areia (AR)	<b>0,81</b>	- 0,21
Argila (ARG)	0,01	- 0,31
Liteira Fina (LF)	- <b>0,55</b>	0,45
Liteira Grossa (LG)	- <b>0,76</b>	0,24
Macrófitas (MA)	0,37	<b>0,75</b>
Raiz (RA)	0,16	- <b>0,77</b>
Seixo (SX)	0,53	0,06
Tronco (TR)	- 0,19	- 0,31

## **4. DISCUSSÃO**

### **4.1 Estimativas de riqueza de espécies de peixes e esforço de coleta em igarapés de terra-firme**

Estimativas de atributos tipicamente usados para a caracterização da estrutura da comunidade de peixes, tais como riqueza e abundância de espécies, são geralmente muito sensíveis ao esforço amostral (Angermeier & Smogor, 1995). Assim, a escolha de um tamanho amostral que permita gerar estimativas seguras de tais atributos é fundamental em trabalhos que desejem entender e fazer comparações de relações e padrões em comunidades ecológicas (Cao *et al.*, 2002).

Se uma amostra realmente representa a comunidade da qual ela foi retirada, é esperado que amostras subseqüentes retiradas nas mesmas condições produzam resultados muito semelhantes, em termos de composição e abundância de espécies. Os dados obtidos para trechos de 20 metros em todos os igarapés mostraram-se extremamente variáveis e muito pouco similares em relação à composição de espécies, o que indica que estimativas baseadas em coletas em trechos de igarapés desta extensão não representariam bem os ambientes estudados.

As curvas de acumulação de espécies demonstraram um aumento evidente da riqueza em função do tamanho do trecho amostrado, e que igarapés maiores tiveram uma adição de espécies mais acentuada à medida que se aumentava o esforço, o que deve estar relacionado a fatores como a relação espécie-área e a heterogeneidade ambiental (Gorman & Karr, 1984; Angermeier & Schlosser, 1989; Angermeier & Smogor, 1995). Trechos de uma determinada extensão em igarapés de ordens mais elevadas terão maiores áreas alagadas e volumes do que trechos equivalentes de igarapés de menor ordem, o que possibilita o surgimento de novos microhabitats e abre nichos para a acomodação de novas

espécies. Assim, o aumento do esforço de coleta possibilita que novos microhabitats sejam amostrados e, conseqüentemente, as espécies raras ou que ocupam microhabitats pouco comuns sejam coletadas.

Buhrnheim & Cox Fernandes (2003), trabalhando em uma área próxima a do presente estudo, constataram que três igarapés de 2ª ordem possuíam número de espécies bem diferentes, e associaram tais variações a efeitos de localidade, principalmente ao tamanho dos corpos de água. No presente estudo, também foi constatada a variabilidade entre igarapés de mesma ordem, e aqui o efeito das dimensões do riacho sobre sua riqueza parece também existir. Os igarapés de mesma ordem localizados no Cabo Frio e 41 têm dimensões mais semelhantes se comparados com os localizados na Dimona, o que pode explicar o número de espécies mais similar entre eles.

Os igarapés da Dimona de 2ª e 3ª ordens têm sempre dimensões maiores que os equivalentes de outras áreas, o que parece justificar o maior número de espécies neles registrado. A menor riqueza foi encontrada no igarapé de 1ª ordem da Dimona, que teve as menores dimensões dentre todos os riachos e, além disso, mostrou-se estruturalmente homogêneo, com substrato de fundo constituído basicamente de liteira grossa. Araújo-Lima *et al.* (1999), em estudo realizado em igarapés da bacia do rio Urubu, verificaram que a riqueza da ictiofauna foi associada à complexidade do hábitat, e que as seções dos riachos com maior variedade de microhabitats tiveram mais espécies do que aquelas menos complexas.

Embora em alguns igarapés a curva de acumulação de espécies tenha se aproximado de um ponto de estabilidade, os valores estimados de riqueza revelaram que, para nenhum dos igarapés amostrados, os trechos de 100 metros englobaram todas as espécies da ictiofauna ali existente. Contudo, os valores de riqueza obtidos representam bem tais comunidades, sempre ultrapassando a casa dos 70% da riqueza estimada.

O número de espécies capturadas em igarapés menores parece estar mais próximo da estabilização que o de igarapés maiores, pois embora os valores de riqueza estimados não coincidam com os valores observados, estes estão dentro do intervalo de confiança estabelecido pelo método de Jackknife, o que não ocorreu com os igarapés de 3<sup>a</sup> ordem (e com o Dimona 2<sup>a</sup> ordem). Assim, riachos mais complexos ou mais heterogêneos parecem exigir amostragens de maiores extensões, para que os valores obtidos de riqueza estejam mais próximos do número real de espécies.

Angermeier & Schlosser (1989), estudando a ictiofauna de pequenos córregos temperados e tropicais, concluíram que o número de indivíduos (abundância) é com frequência o melhor preditor de riqueza de espécies de uma amostra. Nos igarapés do presente estudo, as análises de trechos de 100 metros também confirmaram a existência desta relação. Contudo, essa relação não é tão forte, sendo menos de 50% da variação total da riqueza de espécies explicada pela variação da abundância, e é bastante influenciada pela presença dos valores do Igarapé Dimona 3<sup>a</sup> ordem nas análises (Figura 4).

Informações apresentadas por outros estudos em igarapés de terra-firme da Amazônia Central possuem resultados de riqueza variados e são baseados em metodologias de coletas bem diversificadas. Buhrnheim & Cox-Fernandes (2001) encontraram de 18 a 26 espécies em igarapés de 2<sup>a</sup> ordem em amostragens de 100 metros na bacia do rio Urubu, que incluíram observações a partir das margens, covos e coleta ativa com puçás. Araújo-Lima *et al.* (1999) (localização- q.v. página 50) encontraram um número acumulado de sete espécies para tributários de 1<sup>a</sup> ordem, de 15 espécies para tributários de 2<sup>a</sup> ordem e de 14 espécies para tributários de 3<sup>a</sup> ordem, utilizando somente redes de mão como apetrecho de coleta. Mendonça (2002) não verificou aumento da riqueza em relação à ordem de riachos de duas diferentes bacias hidrográficas, sendo em média coletadas nove espécies em trechos de 50 metros para igarapés de 1<sup>a</sup> a 3<sup>a</sup> ordem,



utilizando coleta com puçás, armadilhas, malhadeiras e detectores de pulsos elétricos. Sabino & Zuanon (1998) encontraram 29 espécies em 100 metros de extensão do Igarapé Guaraná, classificado como 3ª ordem, tendo sido utilizados tanto métodos de coleta ativos como observação subaquática.

Para os igarapés do presente estudo, as amostragens de 100 metros e o esforço (técnicas de coleta) aplicado podem ser considerados satisfatórios para estimar a riqueza de espécies de peixes, dado que as amostras obtidas representam pelo menos 75% da ictiofauna estimada para os igarapés amostrados, e poderiam ser utilizadas como padrão em estudos ecológicos posteriores de ictiofauna de pequenos igarapés na região. Contudo, sabe-se que estimativas de riqueza da ictiofauna de riachos de cabeceiras está relacionada tanto às características da área amostrada, como também ao esforço de coleta empregado (Santos, 2003). Assim, somente com o desenvolvimento de mais protocolos amostrais que testem a eficiência de tamanhos de trechos, o efeito da combinação de várias técnicas de coletas e a relação de riqueza e localidade em várias bacias de drenagem, será possível estabelecer realmente um tamanho amostral mínimo a ser utilizado no estudo da riqueza de comunidades de peixes de pequenos igarapés da Amazônia Central.

#### **4.2. Composição e distribuição da ictiofauna e suas relações com características do ambiente em igarapés de cabeceira**

Estudos desenvolvidos em riachos brasileiros, freqüentemente, descrevem a dominância de Characiformes e Siluriformes na composição ictiofaunística das comunidades (Uieda, 1984; Garutti, 1988; Uieda *et al.*, 1997; Araújo-Lima *et al.*, 1999; Martins, 2000). No presente estudo, Characiformes e Siluriformes responderam por mais de 70% das espécies encontradas, e em termos de abundância e densidade, foram responsáveis por mais de 85% da comunidade. Já em termos de biomassa, embora os

Characiformes ainda predominem com mais de 75%, os Perciformes passam a ser a segunda ordem mais representativa, com quase o dobro da biomassa registrada para os Siluriformes. Em concordância com os padrões de ictiofauna encontrados em outros estudos em igarapés da Amazônia, Gymnotiformes, Synbranchiformes e Cyprinodontiformes também contribuíram para a composição da comunidade desses igarapés (Soares, 1979; Silva, 1993; Lowe-McConnell, 1999; Buhnheim & Cox-Fernandes, 2001; Mendonça, 2002).

A adição de espécies, mais do que a substituição, prevalece como padrão na composição da ictiofauna de sistemas de rios e riachos tropicais (Welcomme, 1985). A sucessão longitudinal observada no presente estudo também seguiu tal padrão, dado que a maior parte da ictiocenose de peixes dos igarapés de 1ª ordem estava representada nos de 2ª ordem, e 94% da ictiofauna destes ocorreu nos de 3ª ordem.

As espécies que estavam nos igarapés de 1ª ordem e foram ausentes nos de 2ª ordem foram *Callichthys callichthys* (um indivíduo jovem), *Copella nigrofasciata*, *Crenuchus spilurus* e *Synbranchus* sp.; as que estavam nos de 2ª ordem e faltaram em igarapés de 3ª foram *Gymnotus* sp.1. e *Gymnotus* cf. *stenoleucus*. É possível que a baixa densidade destas espécies tenha sido o motivo da sua aparente ausência em igarapés de 2ª ordem, pois algumas reaparecem nos cursos de 3ª ordem. Para as duas espécies de *Gymnotus* e para *Synbranchus* sp., o fato de serem peixes de hábitos criptobióticos (que vivem enterrados em bancos de serrapilheira ou associadas a emaranhados de raízes) deve ter dificultado ainda mais suas capturas e assim provocado a ausência de registros em certos igarapés.

O igarapé de 1ª ordem da Dimona desviou-se um pouco do padrão encontrado, pois somente quatro das oito espécies presentes no igarapé menor foram encontradas nos dois igarapés maiores da mesma área. Espécies comumente presentes nos outros igarapés de 1ª

ordem, tais como, *Hemigrammus pretoensis*, *Hyphessobrycon* cf. *agulha* e *Apistogramma* aff. *steindachneri*, também não foram ali encontradas. Dois fatores podem estar associados a tal diferenciação: a localização deste igarapé, que está parcialmente contido em um fragmento de floresta de 100 ha, e a menor heterogeneidade estrutural desse igarapé (substrato composto quase exclusivamente por serrapilheira e areia). Assim embora a ordem de um igarapé represente razoavelmente bem sua posição na bacia de drenagem, variações importantes no tamanho desses corpos de água e na sua estrutura física indicam que medidas diretas de variáveis estruturais podem representar melhor as características desses ambientes.

Embora estudos realizados nas reservas do PDBFF tenham revelado que córregos localizados em fragmentos florestais desta extensão são capazes de suportar uma fauna de peixes muito semelhante àquela de córregos de mata contínua (J. Zuanon, dados não publicados), a situação de dependência dessas comunidades ictiofaunísticas em função da floresta adjacente é bem documentada (Angermeier & Karr, 1984; Silva, 1992; Lowe-McConnell, 1999; Martins, 2000). Além disso, relações entre o deflorestamento e modificações da estrutura de comunidades de peixes de pequenos riachos tropicais já foram registradas (Burcham, 1988; Bojsen & Barriga, 2002) e, portanto, devem ser aqui consideradas. Entretanto, a ausência destas espécies pode estar refletindo apenas a maior uniformidade do substrato daquele igarapé, ou seja, uma menor diversidade de microhabitats disponíveis para colonização pela ictiofauna do sistema.

As análises multivariadas revelaram que a estrutura das comunidades de peixes estudadas foi fortemente relacionada às características morfométricas e hidráulicas do canal dos riachos (largura, profundidade, velocidade da corrente e vazão). Como mencionado acima, e de acordo com outros estudos em córregos de tropicais (Garutti, 1988; Barrella & Petrere, 1993; Araújo-Lima *et al.*, 1999; Martins, 2000), a riqueza de

espécies de peixes aumentou com o aumento das dimensões do canal, o que deve estar associado ao incremento na heterogeneidade ambiental ou na disponibilidade de habitats no sentido cabeceira-foz.

A abundância também sofreu um incremento, mas somente nos maiores igarapés e de maneira não tão pronunciada quanto o registrado para a riqueza de espécies. Como tal acréscimo não foi proporcional ao aumento das dimensões do riacho, a densidade e biomassa de peixes diminuíram nos igarapés maiores (Tabela 3). Essa desproporção da abundância em relação ao tamanho do igarapé não deve ser oriunda de uma ineficiência amostral, apesar de alguns peixes terem sido visualizados e, todavia, não capturados (principalmente em locais mais profundos ou com muitos obstáculos). Como espaço não foi um fator limitante ao incremento em abundância e biomassa em igarapés maiores, é provável que este padrão deva ser consequência da disponibilidade relativa de recursos alimentares, caracterizando um efeito do tipo “bottom-up” (Begon *et al.*, 1990).

É sabido que a vegetação ripária fornece matéria orgânica, continuamente, para os igarapés, sendo estes extremamente dependentes da entrada dessa fonte de energia para o sistema (Henderson & Walker, 1986; Walker, 1987; 1990). Para que este material cumpra sua função nutricional junto à biota, é necessário que fique retido nesses sistemas até ser processado e incorporado à cadeia trófica (Lima & Zakia, 2001). Observou-se que, com o aumento do igarapé, o volume dos bancos de liteira, principalmente marginais, tornou-se proporcionalmente reduzido e que a retenção pode ter sido dificultada pela maior velocidade da corrente verificada nos igarapés maiores. A correlação inversa e significativa verificada entre os substratos liteira grossa e liteira fina e a velocidade da corrente corrobora tal hipótese (Tabelas 11 e 12)

Segundo Minshall *et al.* (1983), como igarapés maiores estão sob menor influência direta do ambiente terrestre adjacente, estes são muito dependentes do material oriundo de

tributários e da produtividade primária local. Assim, parece que em igarapés de maior porte, as taxas fotossintéticas devam ser de fato maiores (condição facilitada pelo aumento gradativo verificado na abertura de dossel). Entretanto, os recursos energéticos oriundos de processos autotróficos não seriam suficientes para suportar quantidades de indivíduos e/ou biomassa de peixes proporcionais ao aumento das dimensões do canal. Esta limitação em produtividade primária deve estar relacionada à acidez e a pobreza em íons e sais nutrientes, típicas de igarapés da Amazônia Central (Fittkau, 1967; Walker, 1995; Lowe-McConnell, 1999; presente estudo), impedindo que a maior incidência de luz no ambiente aquático se traduza em maiores biomassas ou densidades de peixes mais elevadas.

Em relação à distribuição, indivíduos de espécies de pequeno porte foram abundantes em todos os igarapés, contudo tiveram sua abundância relativa reduzida em igarapés de 3ª ordem. Acredita-se que tal decréscimo possa ser oriundo da menor disponibilidade dos habitats preferenciais para algumas espécies com o aumento das dimensões do riacho (Lotrich, 1973). Por exemplo, a grande redução na quantidade de indivíduos de *Pyrrhulina brevis* (de uma média em torno de 120 indivíduos em igarapés de 1ª ordem para apenas 10 indivíduos nos igarapés de 3ª ordem), deve estar relacionada ao fato de que esses igarapés maiores apresentaram canais muito encaixados, com poucas áreas marginais mais rasas e poças laterais. Contudo, como houve um incremento em peso que não foi acompanhado por um aumento em abundância, acreditamos que Characiformes de maior porte substituam os indivíduos menores nos igarapés de 3ª ordem. Isso parece ser comprovado pela presença de grandes indivíduos de *Bryconops inpai*, *Poptella compressa* e *Hyphessobrycon cf. agulha* nesses ambientes.

Em concordância com tal hipótese, indivíduos de grande tamanho corpóreo foram praticamente restritos aos igarapés maiores, e embora não tenham sido muito abundantes, estes poucos indivíduos concentraram boa parte da biomassa total de peixes nesses locais.

Neste sentido, a disponibilidade de espaço físico parece ser um fator limitante, impossibilitando a ocupação dos pequenos igarapés por espécies e/ou indivíduos de maior tamanho corporal.

### **4.3. Estrutura trófica de igarapés de terra firme**

Estudos realizados sobre a ictiofauna de pequenos riachos tropicais têm demonstrado que estes peixes são muito dependentes, em termos tróficos, do material alóctone advindo da floresta adjacente (Sabino & Castro, 1990; Uieda *et al.*, 1997; Sabino & Zuanon, 1998; Lowe-McConnell, 1999; Martins, 2000; Kemenes, 2000). No presente estudo, as análises de conteúdos estomacais dos peixes confirmaram tal dependência, uma vez que grande parte da ictiofauna (tanto em termos de número de indivíduos como de biomassa) foi sustentada, principalmente, por insetos terrestres (Tabelas 8 e 9). Os insetos aquáticos também foram importantes componentes na dieta da ictiofauna destes igarapés (Tabela 7), o que reafirma a importância do aporte alóctone como base da cadeia trófica em pequenos riachos (Hynes, 1970; Henderson & Walker, 1986; Walker, 1987).

Segundo Esteves & Aranha (1999), a disponibilidade de alimento para os peixes de riachos pode estar relacionada a diversos fatores, tais como, vazão, morfologia do canal, atributos físicos e químicos, bem como às interações bióticas no ambiente. A distribuição das categorias tróficas nos riachos avaliados no presente estudo foi influenciada, principalmente, pelas variações físicas na estrutura do canal, ocorridas ao longo das microbacias (q.v. páginas 45-46).

Os trechos superiores (igarapés de 1ª ordem) foram colonizados por peixes cuja alimentação foi composta, basicamente, de insetos; mesmos aqueles peixes considerados como carnívoros tiveram sua dieta constituída, em grande parte, por este item alimentar (Tabela 7). Esta situação parece se manter em igarapés de 2ª ordem, com uma porção

considerável da biomassa e abundância de peixes concentrada em pequenos indivíduos comedores de insetos. Porém, verifica-se uma adição de espécies nas categorias tróficas já existentes, além da adição de novas categorias tróficas, como os perifitívoros e onívoros. Contudo, a abundância de peixes por categoria trófica se mantém muito similar aos trechos superiores apesar de tais adições.

A presença de piscívoros, representados por indivíduos adultos de traíra (*Hoplias malabaricus*) nos igarapés de 1ª e 2ª ordens do Cabo Frio, e a ausência destes nos demais igarapés destas ordens, poderiam ser explicadas de duas maneiras: A ausência de traíras nos igarapés de 1ª ordem na Dimona e no 41 pode estar relacionada às pequenas dimensões desses cursos de água, o que limitou o acesso deste piscívoro de maior tamanho corpóreo. Por outro lado, a ausência desta espécie em igarapés de 2ª ordem pode representar apenas uma menor eficácia dos métodos amostrais. As traíras vivem entocadas em buracos nos barrancos marginais e debaixo de troncos submersos, e o fato de não termos adicionado método de coleta passiva (malhadeiras e/ou armadilhas) nos igarapés desta ordem pode ter levado a ausência dessas nas coletas.

Nos igarapés de 3ª ordem, a participação proporcional de peixes comedores de insetos não diminuiu tanto em termos de abundância como o observado em termos de biomassa. Nesses igarapés de maior porte, os insetívoros passaram a representar somente cerca de metade da biomassa do sistema, embora ainda representem mais de 80% dos indivíduos. Os piscívoros parecem ser freqüentes nestes igarapés e como possuem grande tamanho corpóreo, os poucos indivíduos presentes concentram uma parte significativa da biomassa total de peixes nesses locais. Segundo J. Zuanon (comunicação pessoal), igarapés de 3ª ordem e até mesmo alguns igarapés de 2ª ordem, na região da Amazônia Central, apresentam populações de presas (pequenos Characiformes de meia água) aparentemente capazes de sustentar a presença desses piscívoros. De acordo com este

mesmo pesquisador, não só *Hoplias malabaricus* mais também outro piscívoro, *Acestrorhynchus falcatus*, são freqüentemente registrados durante observações subaquáticas realizadas em igarapés desta ordem, o que corrobora tal hipótese.

Schlosser (1990), estudando a ictiofauna de riachos ao longo de gradientes ambientais, verificou que a menor densidade de peixes no sentido cabeceira-foz estava associada a um aumento na abundância de grandes piscívoros. Talvez a diminuição da representatividade de peixes insetívoros nos igarapés de maior porte analisados no presente estudo, também esteja relacionada ao estabelecimento de adultos de peixes piscívoros, caracterizando assim um efeito do tipo “top-down” na cadeia trófica (Begon *et al.*, 1990). Contudo, efeitos do tipo “bottom-up” com diminuição de indivíduos em função de uma baixa produtividade primária do sistema não pode ser descartada (q.v., páginas 55-56).

Os peixes perifitívoros também apresentaram maior representatividade na ictiofauna de igarapés maiores, o que corrobora a hipótese de que a maior incidência solar em igarapés de maior porte resulta em um aumento da produtividade primária local. Contudo, a representatividade desses perifitívoros em termos de densidade e de biomassa é pequena, o que leva a crer que realmente existam limitações aos processos autotróficos em pequenos igarapés de cabeceira da Amazônia Central.

Segundo Casatti (2002), o acréscimo de espécies por categoria trófica, bem como a adição de categorias tróficas no sentido jusante ao longo de um riacho, possivelmente refletem a crescente heterogeneidade longitudinal de microhabitats, o que disponibiliza novos substratos para a alimentação. No presente estudo, isso parece se confirmar, pois com o aumento das dimensões dos igarapés houve tanto adições de categorias tróficas como de espécies por categoria. Neste sentido, o igarapé Dimona 3ª ordem, o riacho de maiores dimensões, foi o único a abrigar todas as categorias tróficas registradas.



A escassez de estudos deste tipo em sistemas de igarapés amazônicos não permite que se possa fazer comparações entre os resultados obtidos no presente estudo, com igarapés de ordens superiores (4ª ordem adiante). Apesar desta limitação, acredita-se que em igarapés maiores sejam adicionadas categorias tróficas compostas de peixes com dietas mais especializadas. É provável que a guilda dos peixes piscívoros se torne mais abundante e diversificada, incluindo especializações como a mutilação de presas (e.g., lepidofagia e pterigiofagia), mucofagia, hematofagia. A presença de herbívoros maiores, que se alimentam de frutos, sementes e outras partes vegetais também é esperada. Por exemplo, espécies do gênero *Brycon*, reconhecidamente onívoras mas com forte tendência à frugivoria (cf. Sabino & Sazima, 1999), incluem uma parcela significativa de material vegetal na dieta e devem representar uma biomassa importante em igarapés maiores (J. Zuanon, comunicação pessoal). Detritívoros também devem passar a representar um importante elo na cadeia trófica de sistemas maiores, ocupando trechos de fluxo mais lento, onde ocorre o acúmulo de liteira fina e matéria orgânica particulada (Vannote *et al*, 1980; Minshall *et al*, 1983). Por outro lado, é possível que os peritívoros não aumentem em abundância proporcionalmente ao incremento em abertura do dossel (e incidência luminosa) sobre o igarapé. A maior profundidade e maior turbidez da água nesses sistemas, além da já mencionada limitação por nutrientes, possivelmente representem fatores fortemente limitantes à produtividade primária, influenciando assim a estrutura trófica da ictiofauna nesses sistemas, o que resta ser adequadamente testado.

## 5. CONCLUSÕES

1) Trechos de 100 metros foram satisfatórios para estimar a riqueza de espécies de peixes em igarapés de 1ª a 3ª ordem, e poderiam ser utilizados como protocolo padrão de amostragem em igarapés de cabeceira na Amazônia Central. Entretanto, para estudos de inventário ictiofaunístico nesse tipo de ambiente, trechos maiores teriam que ser amostrados.

2) Houve um acréscimo de espécies de peixes em função do aumento da ordem dos igarapés. Já a biomassa e abundância relativa de peixes declinaram em igarapés maiores, o que fornece indícios de limitações em produtividade primária nesses riachos.

3) A estrutura trófica da ictiofauna revelou uma adição de categorias tróficas no sentido montante-jusante no contínuo de igarapés estudados. Também foi evidenciado que os peixes desses igarapés são extremamente dependentes dos recursos alimentares derivados da floresta ripária, o que ratifica a importância da conservação das florestas marginais (matas ciliares) para a manutenção da integridade das comunidades ictiofaunísticas de pequenos igarapés de terra firme, de modo similar a outros riachos Neotropicais.

4) Os padrões de composição, distribuição de espécies e características tróficas da ictiofauna das comunidades de peixes estudadas foram fortemente relacionados às características morfométricas e hidráulicas do canal dos riachos, que variaram ao longo do contínuo nos igarapés estudados.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Angermeier, P.L.; Karr, J.R. 1984. Fish communities along environmental gradients in a system of tropical streams. *In: Zaret, T.M. (Ed.). Evolutionary Ecology of Neotropical Freshwater Fishes*. Dr. W. Junk Publishers, The Hague, Netherlands. p. 39-58.
- Angermeier, P.L.; Schlosser, I.J. 1989. Species-area relationships for streams fishes. *Ecology*, 70(5): 1450-1462.
- Angermeier, P.L.; Smogor, R.A. 1995. Estimating number of species and relative abundances in stream-fish communities: effects of sampling effort and discontinuous spatial distributions. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 52: 936-949.
- Araújo-Lima, C.A.R.M.; Jiménez, L.F.; Oliveira, R.S.; Eterovick, P.C.; Mendonza, U.; Jerolimki, A. 1999. Relação entre o número de espécies de peixes, complexidade de habitat e ordem do riacho nas cabeceiras de um tributário do rio Urubu, Amazônia Central. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 11(2): 127-135.
- Barrela, W.; Petrere Jr., M. 1993. The influence of environmental factors on fish community structure in Jacaré Pepira River, Brazil. *In: Cowx, I (Ed.). Rehabilitation of Freshwater Fisheries*, Oxford. p. 164-169.
- Begon, M.; Harper, J.L.; Townsend, C.R. 1990. *Ecology: individuals, Populations and communities*. Blackwell scientific publications, Cambridge. 945p.
- Belbin, L. 1995. PATN: *Pattern Analysis Package*. CSIRO Division of Wildlife & Ecology, Australia.
- Bojsen, B.H.; Barriga, R. 2002. Effects of deforestation on fish community structure in Ecuadorian Amazon streams. *Freshwater Biology*, 47: 2246-2260.
- Buhrnheim, C.M. 1998. *Estrutura de comunidades de peixes em igarapés de floresta de terra firme na Amazônia Central*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do

- Amazonas – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA. Manaus, Amazonas. 166p.
- Buhrnheim, C.M. 2002. Heterogeneidade de habitats: rasos e fundos em assembléias de peixes de igarapés de terra firme na Amazônia Central, Brasil. *Rev. Bras. Zool.*, 19(3): 889-905.
- Buhrnheim, C.M.; Cox-Fernandes, C. 2001. Low seasonal variation of fish assemblages in Amazonian rain Forest streams. *Ichthyol. Explor. Freshwaters*, 12(1): 65-78.
- Buhrnheim, 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. *Rev. Biol.Trop.*, 36: 273-285.
- Bussing, W.A.; López, M.I. 1977. Distribución y aspectos ecológicos de los peces de las cuencas hidrográficas de Arenal, Bebedero y Tempisque, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.*, 25: 13-37.
- Cao, Y.; Williams, D.D.; Larsen, D.P. 2002. Comparison of ecological communities: the problem of sample representativeness. *Ecological Monographs*, 72(1): 41-56.
- Casatti, L. 2002. Alimentação dos peixes em um riacho do Parque Estadual Morro do Diabo, Bacia do Alto Rio Paraná, Sudeste do Brasil. *Biota Neotropica*, V2(n2): 1-14. BN02502022002.
- Esteves, K.E.; Aranha, J.M.R. 1999. Ecologia trófica de peixes de riachos. In: Caramaschi, E. P.; Mazzoni, R; Peres-Neto, P. R. (Eds.). *Ecologia de peixes de riachos*. Série Oecologia Brasiliensis, v. 6, Programa de Pós-graduação em Ecologia-Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil. p. 139-155.
- Fearnside, P.M.; Filho, N.L. 2001. Soil and Development in Amazonia: Lessons from the Biological Dynamics of Forest Fragments Project. In: Bierregaard, R.O.; Gascon, C.;

- Lovejoy, T.E.; Mesquita, R. (Eds.). *Lessons from Amazonia – The ecology and conservation of a fragmented forest*. Ann Arbor : Yale University Press. p. 291-312.
- Fittkau, E.J. 1967. On the ecology of amazonian rain-forest streams. *Atas do Simpósio sobre a Biota Amazônica*, 3: 97-108.
- Franken, W.; Leopoldo, P.R. 1984. Hydrology of catchment areas of Central – Amazonian forest streams. In: Sioli, H. (Ed.). *The Amazon: Limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin*. Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht. p. 501-519.
- Garutti, V. 1998. Distribuição longitudinal da ictiofauna em um córrego da região noroeste do Estado de São Paulo, bacia do Paraná. *Rev. Brasil. Biol.*, 48(2): 747-759.
- Gascon, C.; Bierregaard, R.O. 2001. The Biological Dynamics of Forest Fragments Project: The Study Site, Experimental Design, and Research Activity. In: Bierregaard, R.O.; Gascon, C.; Lovejoy, T.E.; Mesquita, R. (Eds.). *Lessons from Amazonia – The ecology and conservation of a fragmented forest*. Ann Arbor : Yale University Press. p. 31-42.
- Gorman, O.T.; Karr, J.R. 1978. Habitat structure and stream fish communities. *Ecology*, 59: 507-515.
- Goulding, M. 1980. *The Fishes and the Forest: Exploration in Amazonian Natural History*. University of California Press. Berkeley, CA, USA. 280p.
- Harding, J.M.; Burky, A.J.; Way, C.M. 1998. Habitat preferences of the rainbow darter, *Etheostoma coeruleum*, with regard to microhabitat velocity shelters. *Copeia*, 1998: 988-997.
- Harrel, R.C.; Davis, B.J.; Dorris, T.C. 1967. Stream order and species diversity of fishes in an intermittent stream. *Am. Midl. Nat.*, 78: 428-36.

- Henderson, P. A.; Walker, I. 1986. On the litter community of the Amazonian blackwater stream Tarumanzinho. *J. Trop. Ecol.*, 2: 1-17.
- Hynes, H.B.N. 1950. The food of fresh-water sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus* and *Pygosteus pungitius*), with a review of methods used in studies of the food of fishes. *J. Amin. Ecol.*, 19: 36-57.
- Hynes, H.B.N. 1970. *The Ecology of Running Waters*. Liverpool University Press, Liverpool. 555p.
- Junk, W.J. 1983. As águas da região amazônica. *In*: Salati, E.; Shubart, H.O.R.; Junk, W.J.; Oliveira, A.E. (Eds.). *Amazônia: Desenvolvimento, integração e ecologia*. CNPq/Ed. Brasiliense, Brasília. 327p.
- Junk, W.J. 1993. Wetlands of tropical South-America. *In*: Whigham, D.F. (Ed.) *Wetlands of world*. Kluwer. Hague. p. 679-739.
- Kemenes, A. 2000. *Fatores influenciando a estrutura trófica e distribuição espacial das comunidades de peixes em igarapés de cabeceira, Parque Nacional do Jaú, AM*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Amazonas – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA. Manaus, Amazonas. 79p.
- Krebs, C.J. 1999. *Ecological Methodoly*. 2<sup>nd</sup> ed. Benjamin/Cummings. Menlo Park, CA, USA. 620p.
- Lamouroux, N.; Poff, N.L.; Angermeier, P.L. 2002. Intercontinental convergence of stream fish community traits along geomorphic and hydraulic gradients. *Ecology*, 83(7): 1792-1807.
- Lima, W.P.; Zakia, M.J.B. 2001. Hidrologia de matas ciliares. *In*: Rodrigues, R.R.; Leitão Filho, H.F. (Eds.). *Matas Ciliares: conservação e recuperação*. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo. p. 33-44

- Lotrich, V.A. 1973. Growth, production and community composition of fishes inhabiting a first, second and third-order stream of eastern Kentucky. *Ecological Monographs*, 43(3): 377-397.
- Lowe-McConnell, R.H. 1999. *Estudos Ecológicos de Comunidades de Peixes Tropicais*. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo. 533p.
- Martins, C.S. 2000. *Estrutura de comunidade da ictiofauna em igarapés da bacia do rio Urubu, Amazônia Central, Brasil*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Amazonas – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA. Manaus, Amazonas. 49p.
- Martin-Smith, K.M. 1998. Relationships between fishes and habitat in rainforest streams in Sabah, Malaysia. *J. Fish. Biol.*, 52: 458-482.
- Mendonça, F.P. 2002. *Ictiofauna de igarapés de terra-firme: estrutura de comunidades de duas bacias hidrográficas, Reserva Florestal Adolpho Ducke, Amazônia Central*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Amazonas – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA. Manaus, Amazonas. 43p.
- Merritt, R.W.; Cummins, K.W. 1996. *An introduction to the aquatic insects of North America*. 3<sup>o</sup> ed. Dubuque, Iowa: Kendall/Hunt Publishing Company. 862p.
- Minshall, G.W.; Petersen, R.C.; Cummins, K.W.; Bott, T.L.; Sedell, J.R.; Cushing, C.E.; Vannote, R.L. 1983. Interbiome comparison of ecosystem dynamics. *Ecological Monographs*, 53: 1–5.
- Petts, G.E. 1994. Rivers: Dynamic components of catchment ecosystem. In: Calow, P.; Petts, G.E. (Eds.). *The River Handbook*. Vol. 2. Blackwell Scientific, Oxford. p. 3-22.
- Rahel, F.J.; Hubert, W.A. 1991. Fish assemblages and habitat gradients in a Rock Mountain-Great plains stream: biotic zonation and additive patterns of community change. *Transactions of American Fisheries Society*, 120: 319-332.

- Sabino, J.; Castro, R.M.C. 1990. Alimentação, período de atividade e distribuição espacial dos peixes de um riacho da floresta Atlântica (Sudeste do Brasil). *Rev. Brasil. Biol.*, 50: 23-26.
- Sabino, J.; Sazima, I. 1999. Association between fruit-eating fish and foraging monkeys in western Brazil. *Ichthyol. Explor. Freshwaters*, 10(4): 309-312.
- Sabino, J.; Zuanon, J. 1998. A stream fish assemblage in Central Amazônia: distribution, activity patterns and feeding behavior. *Ichthyol. Explor. Freshwaters*, 8(3): 201-210.
- Santos, A.J. 2003. Estimativas de riqueza em espécies. In: Cullen Jr., L.; Valladares-Pádua, C.; Rudran, R. (Eds.) *Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre*. Editora da Universidade Federal do Paraná, 665p.
- Saul, W.G. 1975. An ecological study of fishes at a site in upper Amazonian Ecuador. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, p. 93-134.
- Schlosser, I.J. 1990. Environmental variation, life history, attributes, and community structure in stream fishes: Implications for environmental management and assessment. *Environmental Management*, 14(5): 621-628.
- Silva, C.P.D. 1992. *Influência das modificações ambientais sobre a comunidade de peixes de um igarapé da cidade de Manaus (Amazonas)*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Amazonas – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA. Manaus, Amazonas. 112p.
- Silva, C.P.D. 1993. Alimentação e distribuição espacial de algumas espécies de peixes do igarapé do Candirú, Amazonas, Brasil. *Acta Amazônica*, 23: 271-285.
- Soares, M.G.M. 1979. Aspectos ecológicos (alimentação e reprodução) dos peixes do igarapé do Porto, Aripuanã, MT. *Acta Amazônica*, 9(2): 325-352.
- Thorp, J.H.; Covich, A.P. 1991. *Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates*. New York: Academic Press. 911p.



- Uieda, V.S. 1984. Ocorrência e distribuição dos peixes em um riacho de água doce. *Rev. Brasil. Biol.*, 44(2): 203-213.
- Uieda, V.S.; Buzzato, P.; Kikuchi, R.M. 1997. Partilha de recursos alimentares em peixes em um riacho de serra no sudeste do Brasil. *An. Acad. Bras. Ci.*, 69: 243-252.
- Vannote, R.L.; Minshall, G.W.; Cummins, K.W.; Sedell, J.; Cushing, C.E. 1980. The river continuum concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 37: 130-137.
- Walker, I. 1987. The biology of streams as part Amazonian forest ecology. *Experientia*, 5: 279-287.
- Walker, I. 1990. Ecologia e biologia dos igapós e igarapés. *Ciência Hoje*, 11(64): 44-53.
- Walker, I. 1991. Algumas considerações sobre um programa de zoneamento da Amazônia. *In: 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, Brasil. p. 37-46.*
- Walker, I. 1995. Amazonian streams and small rivers. *In: Tundisi, J. G.; Bicudo, C. E. M.; Matsumura-Tundisi, T. (Eds.). Limnology in Brazil. Sociedade Brasileira de Limnologia/Academia Brasileira de Ciências, Brazil. p. 167-193.*
- Welcomme, R.L. 1985. River Fisheries. *FAO Fisheries Technical Paper. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma. n°262, 330p.*
- Wilkinson, L. 2000. *SYSTAT: the system for statistics*. SYSTAT Inc., Evanston, Illinois.
- Winemiller, K.O. 1983. An introduction to the freshwater fish communities of Corcovado National Park, Costa Rica. *Brenesia*, 21: 47-66.
- Zar, J.H. 1996. *Biostatistical analysis*. 4ª edição. Prentice-Hall, Inc., Englewood cliffs, N. J. 663 p.
- Zuanon, J.A.S. 1999. *História natural da ictiofauna de corredeiras do rio Xingú, na região de Altamira, Pará*. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, São Paulo. 214p.