



INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS

PROGRAMA INTEGRADO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA TROPICAL E RECURSOS NATURAIS

**VARIAÇÃO TEMPORAL DA ICTIOFAUNA EM  
IGARAPÉS DE TERRA-FIRME, RESERVA DUCKE,  
MANAUS, AMAZONAS.**

HELDER MATEUS VIANA ESPÍRITO SANTO

Manaus, Amazonas  
Fevereiro, 2007

HELDER MATEUS VIANA ESPÍRITO SANTO

**VARIAÇÃO TEMPORAL DA ICTIOFAUNA EM  
IGARAPÉS DE TERRA-FIRME, RESERVA DUCKE,  
MANAUS, AMAZONAS.**

Orientador: William Ernest Magnusson  
Co-orientador: Jansen Zuanon

Dissertação apresentada ao PIPG-BTRN  
como parte dos requisitos para obtenção  
do título de Mestre em Ciências  
Biológicas, área de concentração em  
Ecologia.

Manaus, Amazonas  
Fevereiro, 2007



## FICHA CATALOGRÁFICA

Espírito Santo, Helder Mateus Viana

Varição temporal da ictiofauna em igarapés de terra-firme, Reserva Ducke, Manaus, Amazonas/ Helder Mateus Viana Espírito Santo – Manaus: INPA/UFAM 2007.

41 p. ilustr.

Dissertação de Mestrado - Área de concentração Ecologia.

1. Ictiofauna 2. Igarapés de terra-firme 3. Sazonalidade

CDD

### **Sinopse:**

Foram estudados os padrões de variação sazonal e inter-anual da ictiofauna em 31 igarapés de terra-firme na Reserva Ducke, Manaus-AM, a partir de amostragens padronizadas. Foram também investigadas possíveis mudanças na composição da comunidade entre os anos de 2001 e 2006. Adicionalmente, foram investigadas as relações entre características estruturais e físico-químicas da água dos riachos e os padrões de variação temporal na composição de espécies da ictiofauna.

**Palavras-chave:** riachos tropicais; peixes de água doce; Floresta Amazônica; igarapés de terra-firme; estrutura de comunidades; sazonalidade; monitoramento da biodiversidade.

**Keywords:** tropical streams; freshwater fish; Amazon Forest; ‘terra-firme’ headwater streams; assemblage structure; seasonality; biodiversity monitoring.

*Dedico este trabalho aos meus pais, Lúcia e Zilmero, à minha avó Zilda meu avô Crilon e minha sobrinha Karine, aos meus irmãos, Júnior, Luíza e Rhanna, e a Thaise, por serem os meus mais fortes pilares nesta caminhada.*

## AGRADECIMENTOS

Como classificar por importância é sempre algo muito custoso e arriscado, organizo estes agradecimentos em ordem cronológica.

Inicialmente, portanto, agradeço àquela energia superior, que, mesmo sem unanimidade entre os homens e contra grande parte das evidências científicas, permanece viva em minha mente como fonte inesgotável de amor e força. Se esta energia agiu de forma importante na construção desse mundo maravilhoso, te agradeço profundamente, pois a exuberante vida desencadeada pelos seus “toques” é hoje motivo e ferramenta de todo o meu trabalho.

À minha mãe, ‘Dona Lúcia’, obrigado pela doçura de seus gestos e pelo imenso exemplo de amor e carinho que sempre me fortaleceu. Ao meu pai, ‘Seu Zilmero’, obrigado pelo inabalável exemplo de tranquilidade, dignidade e amor ao próximo. E por manter a esperança de que um dia eu volte para a Bahia. Ao meu irmão, ‘Jr.’, pelos conselhos, e pelo exemplo de luta e fé no fortalecimento através do trabalho e da família. A Luiza, minha irmã, pela ajuda na formação de meu caráter, pelos anos no cargo interino de mãe e pelo incentivo em qualquer que fosse minha decisão. A Rhanna, minha irmãzinha, pelo amor e por mostrar que a persistência em atividades diárias traz o prazer e não o contrário. A Danilli, minha irmã adquirida, muito obrigado pelo seu carinho. A toda minha família e amigos originalmente de Ubaitaba-BA, especialmente tia Delza, tio Dílson, César e Vinícius, obrigado pelo amor, amizade e incentivo.

Aos amigos de Viçosa-MG, cidade maravilhosa, onde aprendi que estar longe de casa é ruim, mas que uma cidade agradável ajuda a aliviar a dor. Aos colegas da Zootecnia, especialmente aos amigos Rafael Tonucci e Fellipe Freitas, pela amizade engrandecedora e pelos ótimos momentos nos anos de faculdade. A Thelma pelo companheirismo e amizade numa fase muito importante de minha vida, e à família Mendes Pontes, pela receptividade. Ao sempre amigo Ricardo Latini, por dar o *start* na minha visão ecológica ao apresentar-me ao Laboratório de Ecologia Quantitativa da UFV e, claro, pela grande amizade, trocas de idéias, por me ajudar a dar mais valor ao dinheiro e a ver a maravilha das pequenas coisas. Ao Dr. Anderson Latini por me receber no Grupo de Ecologia de Organismos Invasores. Anderson e Daniela, ensinando na prática e direcionando na teoria, permitiram que me apaixonasse com sensatez pela Ecologia. Obrigado pela constante confiança e amizade.

Ao Dr. Paulo De Marco, pela prazerosa e nada convencional apresentação e aprofundamento no mundo Ecológico, e pelo incentivo em vir para a Amazônia. A todos do LEQ, especialmente Flavinha, Henrique, Dilermando, Flávia, Tiago e Lorena, muito obrigado pela amizade e ensinamentos. Aos ex-colegas de república, José Mauro e Cristian Abib, pela amizade e paciência. A toda família Latini: Léo, Lúcia, Anderson, Dani, Ricardo, Fabiano e João Victor, obrigado pelo acolhimento, carinho e, claro, pela deliciosa comida. Vocês são parte de minha família. Aos demais amigos, obrigado e desculpe não poder citar todos.

Agora em Manaus, agradeço ao meu orientador, Dr. William E. Magnusson, pelo apoio, ensinamentos e por me ajudar a ser mais profissional. Ao meu co-orientador, Dr. Jansen Zuanon, pelas claras e direcionadas idéias, e por me ajudar a resgatar a tranquilidade na maior parte do

tempo. A ambos agradeço por me concederem *liberdade supervisionada* em todas as etapas do trabalho. Ao Msc. Fernando Mendonça, pelo compartilhamento de idéias, conhecimentos e também dos dados coletados em 2001, e pela ajuda nas coletas de 2006.

Ao PPG/BTRN pela organização e infra-estrutura do Curso de Ecologia. Aos professores da Ecologia e da Biologia Aquática, pela disponibilização do conhecimento, fornecendo uma base mais sólida para nossa ação conservacionista. Agradecimentos especiais a Beverly, Andresa e Carminha, pela amizade, prestatividade e eficiência na organização das secretarias dos cursos. Aos motoristas ‘Seu Lourival’ e ‘Seu João’ pelas constantes idas e voltas à Reserva Ducke e pela paciência nos atrasos. Ao pessoal da sede da Reserva, ‘seu Naná’ pela tranquilidade e pelo gostoso feijão, e aos vigilantes pelo bom futebol nos fins de tarde.

Ao CNPq pela concessão da bolsa de mestrado, à Fundação O Boticário de Proteção à Natureza e ao Instituto Internacional de Educação do Brasil/Programa BECA pelo apoio financeiro, imprescindíveis ao desenvolvimento do projeto. Aos membros da Fundação Djalma Batista pelo bom trabalho e bom relacionamento na administração financeira do projeto. Ao IBAMA e DSER/INPA pela concessão das autorizações para realização do projeto.

Às Dras. Cláudia Keller e Lúcia Py-Daniel e ao Dr. Ângelo Agostinho (NUPELIA/Maringá-PR), pela avaliação do plano de dissertação. Ao Dr. Gonçalo Ferraz pelas sugestões e por me ajudar a enxergar algumas limitações da dissertação.

Aos integrantes do laboratório de Ictiologia, coordenado pelo Dr. Rosseval G. Leite, pela infra-estrutura e receptividade durante a triagem dos peixes e análises químicas da água. Aos integrantes do laboratório de Química da Água, em especial ao Dr. Assad Darwich e Paula Sena, pela disponibilização dos equipamentos, orientação e auxílio nas análises químicas da água. À Coordenação de Pesquisas em Clima e Recursos Hídricos (CPCR) pelo fornecimento dos dados pluviométrico da estação meteorológica da Reserva Ducke.

Aos amigos José Tavares e José Lopes, obrigado pela ajuda, amizade e descontração, imprescindíveis no trabalho de campo. Aos amigos Bruno Spacek, Victor Pazin, André Galuch, Alberto Akama e Murilo pela ajuda no trabalho de campo em momentos muito importantes.

Aos colegas do BADPI e do laboratório de comunidades, Lucélia, André, Hélio, Alberto, Rafael, Victor, Domingos, Menin, J. Júlio, Gabi, Saci, Júlio, Flávia, obrigado pelas trocas de idéias e descontração no trabalho. Aos colegas do curso, muito obrigado, com cada um de vocês apredi algo valioso. Valeu Cadin, Cabelêra, Carolzinha, Vivi, Joanita, Alina, Regi, Manô, Bogobol, Carol, Rodrigo, Sílvia, Feliz, Simone, Helenita, Sandra, Mapi. Obrigado aos amigos e ex-colegas de república: Alexandre (Jegue), obrigado pela receptividade e paciência na organização doméstica e pelas conversas filosóficas. Carlos Matheus (O Gordo), obrigado por ampliar minha visão conservacionista, pela tranquilidade e pela grande amizade. E desculpem pela ausência.

Agradeço aos pesquisadores que avaliaram minha dissertação, Dra. Maria Teresa Ferreira (Universidade Técnica de Lisboa), Dr. Paulo de Marco Jr. (Universidade Federal de Goiás), Dr. Carlos Edwar Freitas (Universidade Federal do Amazonas), Dra. Cristina Cox Fernandes (Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia) e Dr. Eduardo Martins Venticinque (Wildlife

Conservation Society), pelas valiosas críticas e sugestões que com certeza engrandeceram o trabalho e me ajudaram a ver os pontos fracos e fortes em minha formação como cientista.

E agora, saindo por um bom motivo da ordem cronológica, agradeço a Thaise, ‘minha menina’, que apareceu no meio disso tudo e mudou para muito melhor minha forma de encarar o trabalho e a rotina da vida. Não há como agradecer por cada gesto ou mudança que fizeste em minha vida e nem para avaliar a sua importância na conclusão deste trabalho, mas agradeço especialmente pelo carinho, altruísmo e pelo imenso amor, que me fortalece a cada amanhecer.



*“ [...] E tu para que queres um barco, pode-se saber,  
foi o que de facto perguntou o rei, quando finalmente  
se deu por instalado, com sofrível comodidade, na  
cadeira da mulher da limpeza,  
Para ir à procura da ilha desconhecida, respondeu o  
homem,  
Que ilha desconhecida, perguntou o rei disfarçando o  
riso [...],  
A ilha desconhecida, repetiu o homem,  
Disparate, já não há mais ilhas desconhecidas,  
Quem foi que te disse, rei, que já não há ilhas  
desconhecidas,  
Estão todas nos mapas,  
Nos mapas só estão as ilhas conhecidas [...]”*

(José Saramago, em “O Conto da Ilha Desconhecida”)

## RESUMO

A variação temporal da ictiofauna entre três diferentes momentos do ciclo hidrológico (final da seca de 2005, chuva de 2006 e início da seca de 2006) e suas relações com variações ambientais foram investigadas em 31 riachos de primeira e segunda ordem, regionalmente conhecidos como igarapés, em área de floresta de terra-firme da Reserva Florestal Adolpho Ducke, Amazônia Central. Peixes foram capturados usando puçás e redes de mão, e estimativas de volume e características físico-químicas da água foram obtidas em cada amostragem ao longo de trechos fixos de 50 metros de riacho. O número médio de espécies e de indivíduos capturados foi menor no período chuvoso, contrastando com estudos anteriores que não identificaram diferenças significantes em densidade de peixes entre épocas do ano em riachos de terra-firme. A composição da ictiofauna também apresentou uma tendência sazonal de mudança, na forma de variações de abundância das espécies mais comuns, possivelmente relacionadas a deslocamentos laterais para poças temporárias adjacentes no período chuvoso. A qualidade da água e a composição do substrato dos riachos também apresentaram mudanças sazonais, mas não estiveram relacionadas às variações da ictiofauna. Comparações da composição da ictiofauna registrada em 2006 com a composição identificada em 2001 revelaram uma manutenção da estrutura geral da comunidade, baseada na abundância das espécies mais comuns, e grande taxa de mudança de composição de espécies pouco abundantes. Espécies comuns apresentam uma elevada probabilidade de detecção no ambiente e conferem à comunidade uma estrutura previsível ao longo de gradientes ambientais e ao longo do ano. A estrutura da comunidade baseada na distribuição de abundâncias de espécies comuns deve ser o foco principal em programas de monitoramento quantitativos da biodiversidade de peixes em igarapés de terra-firme, exceto em casos de endemismos, quando atenção especial deve ser dada à distribuição espacial das espécies endêmicas.

## ABSTRACT

Temporal variability of fish assemblages between different season along one year and their relationship with environmental factors was investigated in 31 first and second order streams in *terra-firme* rainforest of Reserva Florestal Adolpho Ducke, in Central Amazonia. Fish were caught with hand and seine nets and stream volume and physical-chemical variables were estimated in 50m sections in each stream in each survey. The average richness and number of individuals captured per section were lower in the rainy season, contrasting with previous studies that detected no significant differences between seasons. Fish assemblage composition showed strong seasonal tendency, based mainly on seasonal variations in abundance of common species, possibly related to lateral moves of fish species to temporary ponds adjacent to streams in the rainy season. Water quality and substrate diversity showed seasonal tendencies, but these were not related to fish assemblage composition. Comparisons of assemblage composition between the years 2001 and 2006 revealed the maintenance of general assemblage structure based on common species, and large change in composition of less-abundant species. Common species were highly detectable in surveys and confer consistent spatial structure to the assemblage, which is predictable along environmental gradients and throughout the year. The assemblage structure based on abundances of common species should be the main focus of biodiversity monitoring programs on *terra-firme* streams, unless the focus of the study is on endemism, in which case special attention should be given to the spatial distribution of endemics species.

# SUMÁRIO

RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	xi
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	5
2.1. ÁREA DE ESTUDO.....	5
2.2. DELINEAMENTO AMOSTRAL.....	5
2.3. COLETA DE DADOS.....	7
2.3.1. VARIÁVEIS AMBIENTAIS.....	7
2.3.2. ICTIOFAUNA.....	8
3. ANÁLISE DE DADOS.....	10
3.1. VARIAÇÃO SAZONAL.....	10
3.1.1. CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS.....	10
3.1.2. ICTIOFAUNA.....	11
3.2. VARIAÇÃO INTERANUAL.....	12
4. RESULTADOS.....	14
4.1. VARIAÇÃO SAZONAL.....	14
4.1.1. VARIAÇÃO SAZONAL DAS CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS.....	14
4.1.2. CARACTERÍSTICAS DA ICTIOFAUNA E VARIAÇÃO SAZONAL.....	17
4.2. VARIAÇÃO INTERANUAL DA ICTIOFAUNA.....	23
5. DISCUSSÃO.....	26
5.1. SAZONALIDADE DAS CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS.....	26
5.2. DESCRIÇÃO DA ICTIOFAUNA E VARIAÇÃO SAZONAL.....	27
5.3. PROCESSOS RELACIONADOS À VARIAÇÃO SAZONAL DA ICTIOFAUNA.....	28
5.4. VARIAÇÃO INTERANUAL DA ICTIOFAUNA.....	30
5.5. MONITORAMENTO DA ICTIOFAUNA EM RIACHOS DE TERRA-FIRME.....	33
6. CONCLUSÕES.....	34
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	35
APÊNDICES.....	41

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Localização da Reserva Ducke e mapa de relevo e rede de drenagem da Reserva com a disposição espacial dos pontos amostrais ..... 6
- Figura 2.** Representação esquemática da estimativa de profundidade e caracterização do substrato ..... 8
- Figura 3.** Precipitação diária entre setembro de 2005 e agosto de 2006 na Reserva Ducke (em mm/dia) com destaque para os períodos em que foram realizadas as amostragens de peixes e parâmetros ambientais do estudo ..... 14
- Figura 4.** Distribuição dos riachos no espaço multidimensional de características ambientais, resumidas em dois eixos por Análise de Componentes Principais (PCA) ..... 16
- Figura 5.** Disposição dos pontos amostrais no espaço multidimensional baseado na composição da ictiofauna com dados de abundância relativa das espécies resumida por Escalonamento Multidimensional Não-Métrico (NMS) ..... 21
- Figura 6.** Disposição dos pontos amostrais no espaço multidimensional baseado na composição da ictiofauna com dados de presença/ausência das espécies resumida por Escalonamento Multidimensional Não-Métrico (NMS) ..... 22
- Figura 7.** Comparações das curvas de acúmulo de espécies de peixes observadas nos riachos da Reserva Ducke de acordo com o aumento do número de amostragens em cada ponto amostral . 23
- Figura 8.** Disposição espacial dos pontos amostrais nos eixos das ordenações multivariadas (NMS) para dados de abundância (A) e presença/ausência(B) das espécies de peixes capturadas em 31 riachos da Reserva Ducke, nos de 2001 e 2006 ..... 25



# 1. INTRODUÇÃO

Riachos de cabeceira são pequenos corpos d'água que ocorrem em uma vasta amplitude de configurações climáticas, topográficas, vegetacionais e biogeográficas, o que os torna um dos sistemas aquáticos mais diversos estruturalmente entre os ambientes lóticos (Meyer *et al.*, 2007). Esses riachos abrigam conjuntos únicos de espécies, que são progressivamente substituídas ao longo da rede de drenagem (Vannote *et al.*, 1980) e contribuem significativamente para a diversidade regional. Comunidades de peixes de riacho são compostas por grupos taxonômicos muito antigos e principalmente por espécies de pequeno porte, que apresentam pequenas taxas de deslocamento espacial ao longo da vida (Henderson & Walker, 1986). A combinação destes fatores supostamente gerou uma alta taxa de especiação alopátrica destes organismos, fazendo dos pequenos riachos ambientes com alto grau de endemismo (Castro, 1999). Além das espécies que tipicamente ocupam estes ambientes, espécies não residentes utilizam freqüentemente estes corpos d'água como áreas de alimentação, sítios para reprodução, recuperação ou refúgio (Meyer *et al.*, 2007), sendo portanto, ambientes muito importantes para uma vasta diversidade de organismos.

O regime sazonal de chuvas da Amazônia Central brasileira é caracterizado por uma estação chuvosa (dezembro a maio), com precipitação mensal média de 211 a 300 mm, e uma estação seca (junho a novembro), com precipitação de 42 a 162 mm (Ribeiro & Adis, 1984). Esta flutuação sazonal de precipitação gera uma variação gradativa no volume dos rios ao longo do ano (Junk *et al.*, 1989), que condicionam importantes processos de migração de peixes nesses ambientes. Algumas espécies de peixes realizam extensas migrações em direção às nascentes dos rios no período chuvoso, principalmente para efetuar a reprodução (Barthem & Goulding, 1997), enquanto outras espécies, principalmente devido ao aumento da disponibilidade de recursos no período chuvoso, realizam migrações laterais entre o rio e a floresta inundada (Goulding, 1980; Henderson, 1990; Cox Fernandes, 1997; Winemiller & Jepsen, 1998), gerando diferenças significativas na quantidade de peixes e na composição da ictiofauna (Saint-Paul *et al.*, 2000) nestes ambientes ao longo do ano.

Em ambientes de terra-firme, áreas de maior elevação fora da influência do pulso de inundação dos rios, estão presentes nascentes e pequenos riachos, regionalmente conhecidos

como igarapés. Esses pequenos riachos de terra-firme formam uma densa malha de corpos d'água que representa grande parte da área drenada de todo o sistema fluvial amazônico. São geralmente caracterizados pela presença de águas ácidas, devido principalmente à elevada concentração de compostos húmicos e fúlvicos, e altas concentrações de oxigênio dissolvido (Walker, 1995; Mendonça *et al.*, 2005). A densa cobertura florestal impede a entrada de luz no sistema, resultando numa baixa produtividade primária, com baixa frequência de algas, microcrustáceos e plantas aquáticas (Walker, 1995). Presume-se que grande parte da energia que sustenta a cadeia trófica nesses riachos é proveniente da floresta, principalmente na forma de material vegetal e invertebrados terrestres (Lowe-McConnell, 1999). A diversidade de habitats é menor do que nos rios, possuindo geralmente dois ambientes típicos: ambientes de alta velocidade de correnteza, com substrato composto principalmente por areia, seixos, raízes de plantas e troncos submersos; e ambientes de poções mais profundos, formados em áreas de baixa velocidade de correnteza, normalmente nos retornos dos meandros do canal ou após barreiras naturais (e.g. troncos de árvores), com o substrato normalmente constituído por bancos de folhas em decomposição e pequenos galhos (Fittkau, 1967).

O volume de água destes riachos não segue a mesma tendência anual dos rios e lagos das planícies de inundação, sofrendo pulsos de inundação em escala de tempo muito menor, mas com uma elevada frequência (Walker, 1995). Após o início de fortes chuvas, o volume de água do riacho se eleva, muitas vezes ultrapassa o limite do canal e atinge o vale circundante, a turbidez da água aumenta e os bancos de liteira do curso dos riachos são espalhados. O volume dos riachos volta ao inicial algumas horas após o término das chuvas. Durante o período de chuvas, a água que transborda dos riachos, somada ao escoamento de água dos platôs, forma poças temporárias nos vales ou baixios, que permanecem com água por um período de três a onze meses e podem manter assembléias de peixes diversas, dependendo do tamanho das poças e do seu hidroperíodo (Pazin *et al.*, 2006).

Em regiões temperadas, onde flutuações climáticas ao longo do ano são mais acentuadas, com elevadas mudanças de precipitação e temperatura, a ictiofauna de pequenos riachos apresenta alta taxa de mudança ao longo do ano (e.g. Gorman & Karr, 1978; Schlosser, 1982; Grossman *et al.*, 1990; Oberdorff *et al.*, 2001; Erös & Grossman, 2005). Na Amazônia Central brasileira, sugere-se que flutuações sazonais sejam mais amenas em riachos de cabeceira que nos grandes rios (Sioli, 1984). Assim, dadas as estreitas relações da estrutura da comunidade de



peixes com características ambientais locais, as assembleias de peixes nestes ambientes sofreriam poucas mudanças de composição ao longo do ano (Lowe-McConnel, 1999). No entanto, poucos estudos foram direcionados para entender os processos que regulam a dinâmica anual das comunidades de peixes em riachos de terra-firme. Knöpell (1970) defendeu a existência de pequenas variações na composição, abundância e riqueza de espécies entre os períodos secos e chuvosos. Silva (1995), estudando efeitos da degradação ambiental em riachos de Manaus, identificou apenas leves mudanças no número de indivíduos de certas espécies, relacionadas aos períodos sazonais. Bührnheim & Cox-Fernandes (2001) não registraram diferenças de riqueza, composição ou abundância entre períodos secos e chuvosos em três riachos de terra-firme na bacia do rio Urubu, Amazônia Central. Essas autoras investigaram efeitos da precipitação sobre a riqueza e abundância de espécies, e não encontraram relações significativas.

Devido à sua baixa diversidade de habitats, alta flutuação sazonal de características ambientais e localização no início da rede de drenagem, os riachos de cabeceira sofrem fortes impactos de ações antrópicas, principalmente do desflorestamento. Apesar de ter sido considerado crítico para o avanço da ecologia e conservação de peixes de riachos (Poff, 1997), o conhecimento da influência da variação ambiental, de processos regionais e históricos sobre a distribuição das espécies e composição das comunidades de peixes ainda continua insuficiente. Através da caracterização da dinâmica natural das comunidades, de sua relação com variações ambientais e dos mecanismos envolvidos no processo de estruturação de comunidades, podem ser planejadas ações de manejo de recursos naturais ou de avaliação e mitigação de danos causados por alterações ambientais antropogênicas.

Monitoramentos biológicos são realizados com dois objetivos principais. Quando em Unidades de Conservação, visam verificar a efetividade da proteção da área na manutenção em longo prazo das espécies e da estrutura das comunidades biológicas. Quando fora de áreas de proteção, normalmente são realizados para avaliar possíveis alterações na integridade das comunidades causadas por alterações não-naturais no ambiente. É importante diferenciar mudanças sazonais naturais de mudanças direcionais em longo prazo causadas por ação antrópica. Se não existem grandes mudanças sazonais, monitoramentos da ictiofauna poderiam ser feitos em qualquer período do ano, mas se existirem mudanças significativas, monitoramentos deveriam ser padronizados em relação às mudanças sazonais, ou as mudanças sazonais serem consideradas *a priori* nas análises, isolando seus efeitos sobre as demais variáveis.

Além de mudanças por fatores externos ao monitoramento, as amostragens podem provocar mudanças na composição da comunidade, mesmo que por curtos intervalos de tempo. Frequentemente, em áreas onde a ictiofauna é pouco conhecida, todos os peixes capturados em um evento de coleta são depositados em coleções. Se as amostras são pequenas em relação ao tamanho das populações naturais, ou se o intervalo de tempo entre as coletas é suficientemente grande, é possível que a comunidade se reconstitua entre um período e outro de coleta. Por outro lado, amostragens intensivas ou freqüentes podem resultar em mudanças na comunidade entre uma coleta e outra, gerando efeitos negativos sobre as populações naturais e sobre as próprias amostras obtidas em momentos subseqüentes.

Os objetivos deste estudo são de testar se existem diferenças aparentes de composição da ictiofauna de igarapés de terra firme da Amazônia Central entre períodos de seca e chuva e determinar se essas eventuais variações se relacionam com fatores ambientais mensuráveis; e determinar se a composição de assembléias é estável em coletas separadas por cinco anos. Especificamente, serão testadas as seguintes hipóteses: 1) algumas características ambientais dos riachos são diferentes entre períodos de seca e de chuva; 2) a remoção de peixes numa coleta afeta a comunidade nas coletas subseqüentes; 3) existem diferenças na riqueza de espécies, abundância e composição da ictiofauna entre os períodos de seca e chuva; e 4) variações da ictiofauna estão relacionadas à estrutura física dos riachos e à qualidade da água nos momentos de amostragem.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. ÁREA DE ESTUDO**

O estudo foi realizado na Reserva Florestal Adolpho Ducke, uma área de floresta tropical de terra firme de cerca de 10.000 ha pertencente ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), localizada ao norte da cidade de Manaus (S 02°53', W 59°58'; Fig. 1). A Reserva Ducke engloba nascentes e pequenos riachos de duas bacias hidrográficas, delimitadas por um platô central no sentido norte-sul. Na bacia do leste (bacia do igarapé Puraquequara), o platô central se bifurca no sentido leste-oeste, separando três micro-bacias: igarapés Tinga, Uberê e Ipiranga (Fig. 1). No lado oeste (bacia do igarapé Tarumã) existem duas micro-bacias, dos igarapés Acará e Bolívia. Estes igarapés principais são de terceira ordem segundo a escala de Horton-Strahler (Petts, 1994), na qual riachos de primeira ordem correspondem às nascentes, de segunda ordem são formados pela junção de dois de primeira, e assim sucessivamente, aumentando a ordem do riacho ou rio sempre que dois trechos de mesma ordem se encontram.

### **2.2. DELINEAMENTO AMOSTRAL**

Foram amostrados 31 igarapés, 16 na bacia leste e 15 na bacia oeste (Fig.1). Os pontos de amostragem foram escolhidos com base em 38 parcelas permanentes estabelecidas em estudo anterior (Mendonça *et al.*, 2005), cuja distribuição espacial buscou maximizar a independência das amostras e a representatividade do sistema aquático da Reserva. A maioria dos riachos da reserva é de 1ª e 2ª ordens, existindo apenas três de 3ª ordem. Para amostrar satisfatoriamente os riachos maiores é preciso ter um esforço maior que o empregado nos de 1ª e 2ª ordens, tanto em tempo como na diversidade de apetrechos de coleta. Mendonça *et al.* (2005) encontraram resultados semelhantes quanto à composição da ictiofauna, para os dados incluindo apenas os riachos de 1ª e 2ª ordens e os dados referentes a todo o conjunto de riachos (utilizando repetições ao longo do curso para riachos de 3ª ordem). Assim, para realizar comparações sazonais, optei por utilizar apenas riachos de 1ª e 2ª ordens (Fig. 1).

Foram realizadas três amostragens em cada trecho de riacho, entre os meses de setembro de 2005 e agosto de 2006. Seguindo a caracterização de Ribeiro & Adis (1984), que reconhece os períodos de seca entre junho e novembro e de chuvas entre dezembro e maio na região de

Manaus, a primeira amostragem (setembro a novembro de 2005) representa a segunda metade do período de seca de 2005; a segunda amostragem (fevereiro a maio de 2006) compreende o período de chuvas, e a terceira (junho a agosto de 2006), o início do período de seca do ano seguinte.

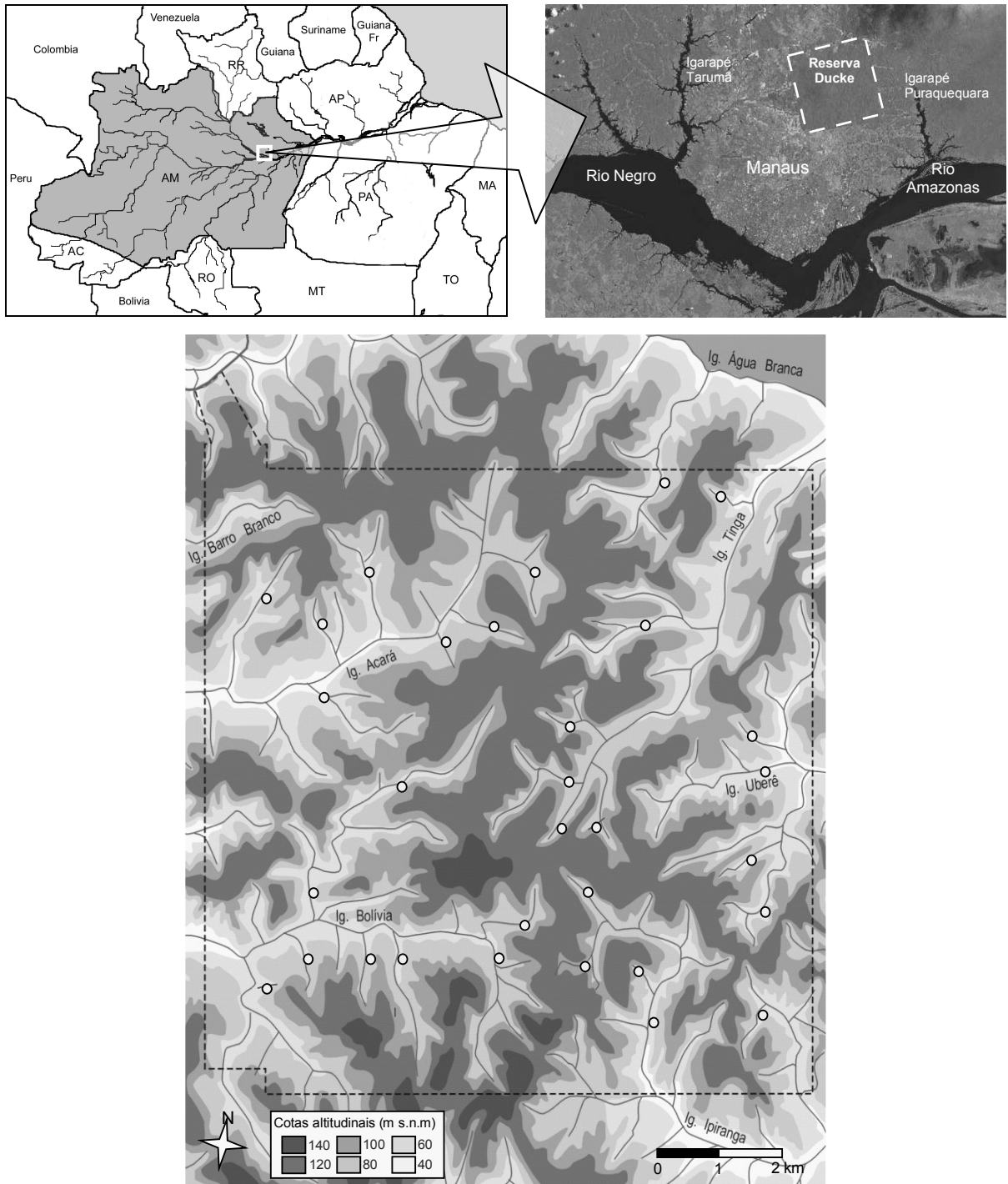


Figura 1. Localização geográfica da Reserva Ducke, ao norte da cidade de Manaus, Amazonas, Brasil. Abaixo, mapa de relevo e hidrografia da Reserva com a disposição dos 31 pontos amostrais (círculos brancos) na rede de drenagem (m.s.n.m = metros sobre o nível do mar).

## 2.3. COLETA DE DADOS

Cada ponto amostral corresponde a um trecho fixo de 50 m, medido acompanhando o leito do riacho, onde estimativas de parâmetros ambientais e coleta de peixes foram realizadas num mesmo dia de amostragem.

Eficiências diferenciadas do método de coleta entre períodos podem afetar a qualidade das comparações entre coletas. As amostragens foram realizadas de forma repetida num elevado número de pontos amostrais, com apetrechos, número de coletores e tempo de coleta semelhantes. Da mesma forma, as estimativas de parâmetros ambientais foram realizadas nos mesmos locais e seguindo os mesmos métodos nas três coletas. Toda a coleta de dados seguiu o protocolo padronizado do Programa de Pesquisa em Biodiversidade ([www.ppbio.inpa.gov.br](http://www.ppbio.inpa.gov.br)). Além disso, em dias de chuva, as amostragens da ictiofauna e dos parâmetros ambientais foram adiadas até que o volume e a turbidez da água voltassem ao estado normal de dias sem chuva. Estas medidas objetivaram minimizar as possibilidades de interferência metodológica nos resultados encontrados.

### 2.3.1. VARIÁVEIS AMBIENTAIS

As medidas ambientais foram realizadas antes das amostragens de peixes, de modo a evitar alterações na qualidade da água causadas pela movimentação dos coletores. Em quatro pontos equidistantes no trecho, foi estimada a velocidade da correnteza, registrando o tempo que um disco plástico levava para percorrer um metro na superfície da água; a largura total do canal, medida com trena; e a profundidade e o tipo de substrato, estimados em nove pontos equidistantes na largura do canal (Fig. 2). Para caracterização do substrato dos riachos, foram utilizadas oito categorias: areia, seixo, liteira grossa, liteira fina, raiz, raiz fina, tronco e macrófita (modificado de Mendonça *et al.*, 2005). Em cada um dos nove pontos foi anotada a categoria de substrato em que a trena tocou ao estimar a profundidade. Características físico-químicas da água foram estimadas no ponto mais a jusante do trecho, no meio do canal e no meio da coluna d'água. Para estimar o pH e a condutividade ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), foi usado um potenciômetro/condutivímetro digital (Aqua-Check™ Water Analyzer Operator, O.I. Analytical); e para a concentração de oxigênio dissolvido ( $\text{mg}/\text{L}$ ) e temperatura da água ( $^{\circ}\text{C}$ ), um oxímetro/termômetro digital (Yellow Springs

Ints., modedlo 58). A quantidade de compostos húmicos presentes na água foi medida em laboratório por meio de leituras da absorbância a 400 nm (comprimento de onda aproximado de compostos avermelhados) em espectrofotômetro (Femto - 700S), a partir de amostras de água retiradas de cada trecho de coleta (vide Mendonça *et al.*, 2005).

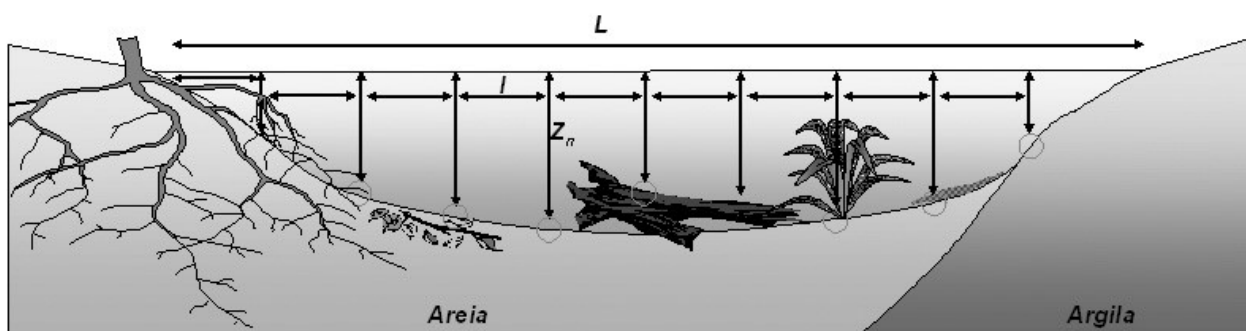


Figura 2. Seção transversal de um trecho do riacho e representação esquemática do método para estimar a profundidade média e caracterizar o substrato do canal. A largura total do riacho  $L$  é anotada e dividida por 10, gerando nove segmentos de largura  $l$ . A cara  $l$  metros a trena é afundada. Em cada um destes pontos é anotada a categoria de substrato tocada pela trena ao alcançar o fundo e a profundidade  $Z_n$  é anotada.

### 2.3.2. ICTIOFAUNA

Após medir as variáveis ambientais, o trecho de 50m foi cercado em suas extremidades com redes de malha de 5 mm para evitar a fuga de peixes durante a coleta; outras duas redes foram utilizadas para subdividir o trecho de riacho e facilitar as coletas. Os peixes foram capturados utilizando puçás de malha fina e uma rede de cerco de 2 m de comprimento (malha 2mm), manejada no sentido jusante-montante. A coleta foi realizada por duas pessoas durante duas horas, ou até não observar mais peixes em movimentação no canal. Todas as amostragens foram realizadas no período diurno, buscando-se padronizar, dentro do logisticamente viável, o horário das coletas. Ao longo do trecho, os peixes coletados foram temporariamente mantidos vivos numa caixa plástica com água do riacho. Ao final da coleta, os peixes capturados foram identificados até o menor nível taxonômico possível (na maioria dos casos até espécie), com auxílio de fotografias e guias de identificação (após treinamento prévio em laboratório, acompanhado de especialistas), contados e por fim devolvidos ao riacho. Exemplos dos grupos de mais difícil identificação foram coletados e identificados em laboratório com auxílio de lupas e chaves dicotômicas. Apenas na segunda coleta, do período de chuvas, foi feita a remoção de

todos os peixes capturados em alguns trechos, definidos aleatoriamente, com o intuito de testar os possíveis efeitos da remoção sobre a quantidade de peixes capturados na amostragem subsequente. Para fazer comparações entre os anos de 2001 e 2006, na terceira coleta, entre junho e agosto de 2006, foram utilizados três métodos adicionais, 12 covos plásticos e três armadilhas *Fykenet* (expostos durante 24 horas), e um aparelho detector de Gymnotiformes. Assim, a metodologia e o período do ano foram equivalentes ao realizado em 2001 por Mendonça e colaboradores (2005).

## 3. ANÁLISE DE DADOS

### 3.1. VARIAÇÃO SAZONAL

#### 3.1.1. CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS

O conjunto de variáveis ambientais foi submetido a análises de correlação de Pearson e, quando duas ou mais apresentaram alta correlação entre si ( $r > 0,5$ ), uma delas foi escolhida para representar o grupo correlacionado. A composição do substrato foi representada por um índice de diversidade (adaptado do índice de diversidade de Simpson; Magurran, 1988) que considera o número de tipos diferentes de substratos existentes e as proporções entre eles em cada trecho amostrado, segundo a equação:

$$DS = \frac{1}{\sum_i^N Si^2}$$

Onde,  $Si$  é a proporção de cada substrato  $i$  e  $N$  é o número de tipos de substratos no trecho.

Para testar se o período de coleta (sazonalidade) teve efeito sobre as variáveis ambientais, utilizei Análises de Variância simples (ANOVA) e multivariadas (MANOVA). Quando houve diferença significativa, apliquei o teste de Tukey *post hoc* para identificar diferenças entre os pares de amostras.

Para determinar se as variações ambientais apresentaram uma tendência sazonal de retorno às características iniciais após a chuva, inicialmente realizei uma Análise de Componentes Principais (PCA) com as variáveis que apresentaram diferenças significativas entre as coletas. A PCA é uma técnica de ordenação multivariada que reduz as informações de um número grande de variáveis a um pequeno número de eixos multivariados. As correlações mais fortes entre as variáveis são expressas nos primeiros eixos (McCune & Grace, 2002). Utilizei os dois primeiros eixos da ordenação, que foram associados a 56% da variação das variáveis originais, como preditores do conjunto de variáveis ambientais.



Calculei a diferença ambiental de cada ponto entre a seca de 2005 e a seca de 2006 para os dados coletados, usando distância Euclidiana, e realizei 500 simulações de possíveis mudanças ambientais em direções aleatórias. Nestas simulações, foi mantida a magnitude das diferenças ambientais entre a seca de 2005 e a chuva, e entre a chuva e a seca de 2006. Desta forma, apenas a diferença entre a primeira e a terceira coleta ficou passível de mudança, permitindo avaliar se as diferenças apresentam uma tendência cíclica, aumentando na chuva, e retornando ao estado inicial. Calculei as diferenças ambientais médias entre a primeira e a terceira coleta para os dados observados e para cada uma das 500 simulações, obtendo distâncias observadas e 500 valores simulados. A proporção de valores simulados iguais ou mais extremos que os observados foi utilizada como estimativa da probabilidade de obter um valor tão extremo como o observado ao acaso (hipótese nula).

### 3.1.2. ICTIOFAUNA

Para quantificar a variação temporal da ictiofauna entre os períodos de amostragem ao longo do ano, foram usados dados quantitativos (abundância) e qualitativos (presença/ausência de espécies) nos 31 trechos de igarapés. Para verificar se a remoção de peixes afeta a composição da ictiofauna identificada numa coleta subsequente, inicialmente calculei as diferenças de número de espécies (riqueza), abundância e composição de cada trecho amostral entre a segunda e terceira coletas. A variação de riqueza e abundância foi calculada por diferença simples entre as coletas, e a variação de composição foi estimada pelo índice de dissimilaridade de Bray-Curtis (Bray & Curtis, 1957) a partir de matrizes de abundância e presença/ausência das espécies. Testei, usando Análises de Variância (ANOVA), se as variações de riqueza, abundância e composição da ictiofauna foram diferentes para trechos que sofreram e que não sofreram remoção dos peixes.

Foram realizadas ordenações multivariadas por Escalonamento Multidimensional Não-Métrico (NMS, na sigla em inglês) com dados quantitativos e qualitativos, de forma a reduzir a dimensionalidade das informações das múltiplas espécies (Clarke, 1993). O NMS reduz as informações de um elevado número de atributos (espécies), até um pequeno número de variáveis ou eixos, que ordenam os pontos amostrais baseados numa distância estatística ajustada a partir das distâncias originais (McCunne & Grace, 2002). Para os dados quantitativos, foi utilizado o índice de Bray-Curtis como medida de dissimilaridade (Faith *et al.*, 1987), após ponderação das

abundâncias das espécies pela abundância total de cada unidade amostral. Esta ordenação favorece a detecção de padrões das espécies mais abundantes, já que estas espécies apresentam maiores diferenças quantitativas entre locais do que espécies pouco abundantes. Para evidenciar os padrões de espécies menos abundantes, foi realizada uma ordenação com dados de presença/ausência utilizando o índice de Sorensen. Espécies mais abundantes contribuem relativamente pouco para as diferenças nesta ordenação, por estarem presentes em grande parte dos locais amostrados, enquanto espécies pouco abundantes se sobressaem por apresentarem maior diferença entre locais.

Análises de Variância e Análise de Variância Multivariada (MANOVA) foram aplicadas para testar se existem diferenças no número de espécies (riqueza), abundância e composição da ictiofauna entre os três períodos de amostragem. Para a MANOVA, a composição da ictiofauna foi representada pelos dois primeiros eixos de cada ordenação por NMS.

Para avaliar se as mudanças de composição da ictiofauna seguem uma tendência sazonal, a partir da composição inicial (período de seca), efetuei 500 simulações de mudanças de composição em direções aleatórias, semelhantes às realizadas com as variáveis ambientais, mas desta vez utilizando os valores de NMS como preditores da composição da ictiofauna. Ao final das simulações, calculei as diferenças (dissimilaridades) médias de composição entre a primeira e a terceira coleta para valores observados e para as 500 simulações. A probabilidade de obter valores simulados tão extremos (ou mais) que os observados foi calculada a partir da proporção de valores simulados iguais ou menores que os observados.

Para verificar se as diferenças da ictiofauna entre os períodos secos e o período chuvoso foram relacionadas às variações ambientais, realizei regressões lineares entre as diferenças de riqueza, abundância e composição de espécies entre as coletas e as diferenças das características ambientais. As diferenças de composição de espécies foram obtidas pelo índice de Bray-Curtis a partir de matrizes de abundância e presença/ausência das espécies.

### **3.2. VARIAÇÃO INTERANUAL**

Para caracterizar a distribuição das espécies de peixes registradas nos riachos da Reserva Ducke (Mendonça *et al.*, 2005) foram usados os dados de presença/ausência das quatro amostragens feitas na Reserva, dos quais 38 trechos foram amostrados por Mendonça *et al.*

(2005), incluindo os de terceira ordem, e as três amostragens nos 31 trechos de primeira e segunda ordens feitas em 2005 e 2006. Para comparações quantitativas entre os anos, foram usados apenas os trechos de primeira e segunda ordem amostrados em 2001, provenientes de Mendonça *et al.* (2005), e no início da seca de 2006 (entre junho e agosto), por apresentarem épocas de coleta e esforço amostral semelhantes.

Para estimar a taxa de incremento de espécies com o aumento do número de amostragens realizadas nos riachos da Reserva Ducke, foram feitas análises de rarefação baseadas nas unidades amostrais (Gotelli & Colwell, 2001) para as quatro amostragens. Os trechos de terceira ordem amostrados em 2001 foram descartados nesta análise. Neste procedimento, as amostras são dispostas em ordem aleatória pelo método *Mao Tao* que elimina efeitos da sequência de amostragem na taxa de acumulação de espécies. Em seguida o número de espécies é anotado de forma cumulativa a partir das amostras.

Para testar por diferenças na riqueza e abundância de peixes entre os anos de 2001 e 2006, foram utilizados modelos de ANOVA. Para averiguar diferenças de composição entre os anos, realizei Escalonamentos Multidimensionais Não-Métricos (NMS) em duas dimensões para dados de abundância e presença/ausência de espécies. Para testar possíveis diferenças de composição entre os anos, foram realizadas análises de variância multivariada (MANOVA) com os dois eixos de cada ordenação (NMS) como variáveis dependentes em cada modelo. Análises de rarefação foram realizadas em EstimateS (Versão 7.5.1; Cowell, 2005), ordenações multivariadas usando PC-ORD (Versão 4.25; McCune & Mefford, 1999), e as análises inferenciais usando Systat (Versão 8.0; Wilkinson, 1990).

## 4. RESULTADOS

### 4.1. VARIAÇÃO SAZONAL

#### 4.1.1. VARIAÇÃO SAZONAL DAS CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS

Entre setembro de 2005 e agosto de 2006, a precipitação total na Reserva Ducke foi de 3.249 mm, com média mensal de 196 mm no primeiro período de seca (setembro-novembro 2005), 393 mm no período de chuvas (dezembro 2005-maio 2006), e 102 mm no segundo período de seca (junho-agosto 2006) (Fig. 3). No mês de novembro de 2005, ainda considerado como seco, houve um pico de chuva de 453 mm (Fig. 3), valor muito acima da média de 200 mm registrada para este mês em Manaus (Ribeiro & Adis, 1984) e seu entorno (Bührnheim & Cox-Fernandes, 2001).

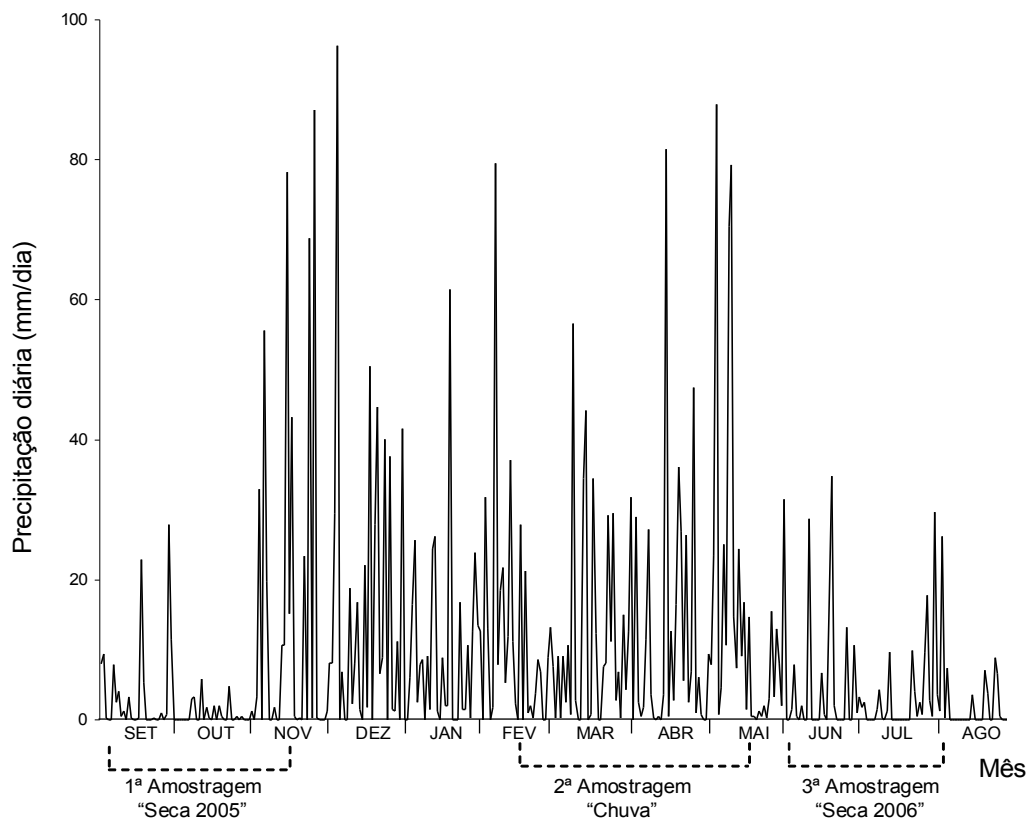


Figura 3. Precipitação diária entre setembro de 2005 e agosto de 2006 na Reserva Ducke (em mm/dia). As amostragens indicam os períodos em que peixes e parâmetros ambientais do estudo foram amostrados (dados da estação meteorológica da Reserva, cedidos pela Coordenação de Pesquisas em Clima e Recursos Hídricos/INPA).

Apesar da notável diferença na quantidade de chuva entre as coletas, as variáveis relacionadas ao volume de água dos igarapés (largura, profundidade, velocidade média e vazão) não apresentaram diferenças significativas entre coletas (MANOVA: Pillai-Trace = 0,090;  $F_{8,176} = 1,032$ ;  $p = 0,414$ ). As características físico-químicas da água (Tabela 2) foram diferentes entre os períodos de coleta (MANOVA: Pillai Trace = 0,691;  $F_{10,174} = 9,187$ ;  $p < 0,001$ ).

Tabela 2. Valores médios e amplitude de variação (entre parênteses) das características ambientais dos igarapés da Reserva Ducke nas coletas de seca de 2005, chuva de 2006 e seca de 2006. Os asteriscos apontam relações estatisticamente significativas.

Variáveis físico-químicas	Médias (Amplitude de variação)			$F_{2,90}$	p
	Seca 2005	Chuva	Seca 2006		
pH	5,11 (4,38-5,60)	4,92 (4,14-5,53)	4,97 (4,31-5,60)	2,620	0,078
Condutividade ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	38,6 (2,1-85,5)	24,50 (7,6-78,6)	43,36 (3,3-84,6)	8,874	< 0,001*
Oxigênio dissolvido (mg/l)	6,59 (4,99-7,52)	5,01 (3,57-7,08)	5,51 (4,51-6,56)	37,768	< 0,001*
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	24,9 (23,9-26,2)	24,5 (21,7-25,3)	24,5 (23,0-25,2)	4,468	0,014*
Ácidos húmicos (Abs.)	0,017 (0,003-0,057)	0,027 (0,004-0,105)	0,022 (0,005-0,091)	2,820	0,065

As proporções das categorias de substratos apresentaram fortes oscilações entre as coletas. Areia, o substrato predominante nos igarapés, representou 47% da cobertura na seca, 27% na chuva e 47% na seca de 2006, enquanto as proporções dos outros substratos aumentaram no período de chuva ou mantiveram-se constantes (Tabela 3). A variação mais marcante foi a de liteira, o substrato com a segunda maior cobertura proporcional, que aumentou de 21% na seca para 32% na chuva, e reduziu para 18% na amostragem seguinte. O índice de diversidade de substrato (DS) foi diferente entre as coletas (ANOVA:  $F_{2,90} = 6,526$ ;  $p = 0,002$ ), sendo significativamente maior no período de chuva do que nas secas de 2005 (Durbin-Watson  $D_{2,90} = 2,233$ ;  $p = 0,003$ ) e de 2006 (Durbin-Watson  $D_{2,90} = 2,233$ ;  $p = 0,017$ ).

Tabela 3. Cobertura proporcional média (e amplitude de variação) dos tipos de substratos registrados nos igarapés da Reserva Ducke nas três amostragens entre setembro de 2005 e agosto de 2006.

Composição do substrato (%)	Proporção média (amplitude de variação)		
	Seca 2005	Chuva	Seca 2006
Areia e seixo	42,7 (22,2 – 77,8)	27,0 (5,6 – 58,3)	47,5 (22,0 - 77,8)
Liteira grossa	21,1 (0,0 – 44,4)	32,1 (19,4 – 52,8)	18,5 (0,0 – 38,9)
Liteira fina	12,4 (0,0 – 47,2)	16,0 (0,0 – 50,0)	12,1 (0,0 – 38,9)
Raiz fina	8,5 (0,0 – 25,0)	12,5(0,0 – 36,1)	12,5 (2,8 – 30,6)
Raiz	5,5 (0,0 – 27,8)	6,9 (0,0 – 36,1)	3,0 (0,0 – 16,7)
Tronco	3,6 (0,0 – 13,9)	3,5(0,0 – 19,4)	5,1 (0,0 – 19,4)
Outros	1,7 (0,0 – 27,8)	2,1(0,0 – 11,1)	1,2 (0,0 – 8,3)

Na ordenação (PCA) realizada a partir das características ambientais dos riachos, os pontos correspondentes ao período de seca de 2005 tenderam a se dispor no lado direito do espaço multidimensional. Os pontos correspondentes aos mesmos locais se deslocaram para a esquerda no período de chuva e tenderam a voltar para a direita na seca de 2006 (Fig. 4). A probabilidade de ocorrência de tal disposição dos pontos ao acaso, calculada a partir das simulações de trajetórias aleatórias de deslocamento, foi muito baixa ( $p = 0,002$ ).

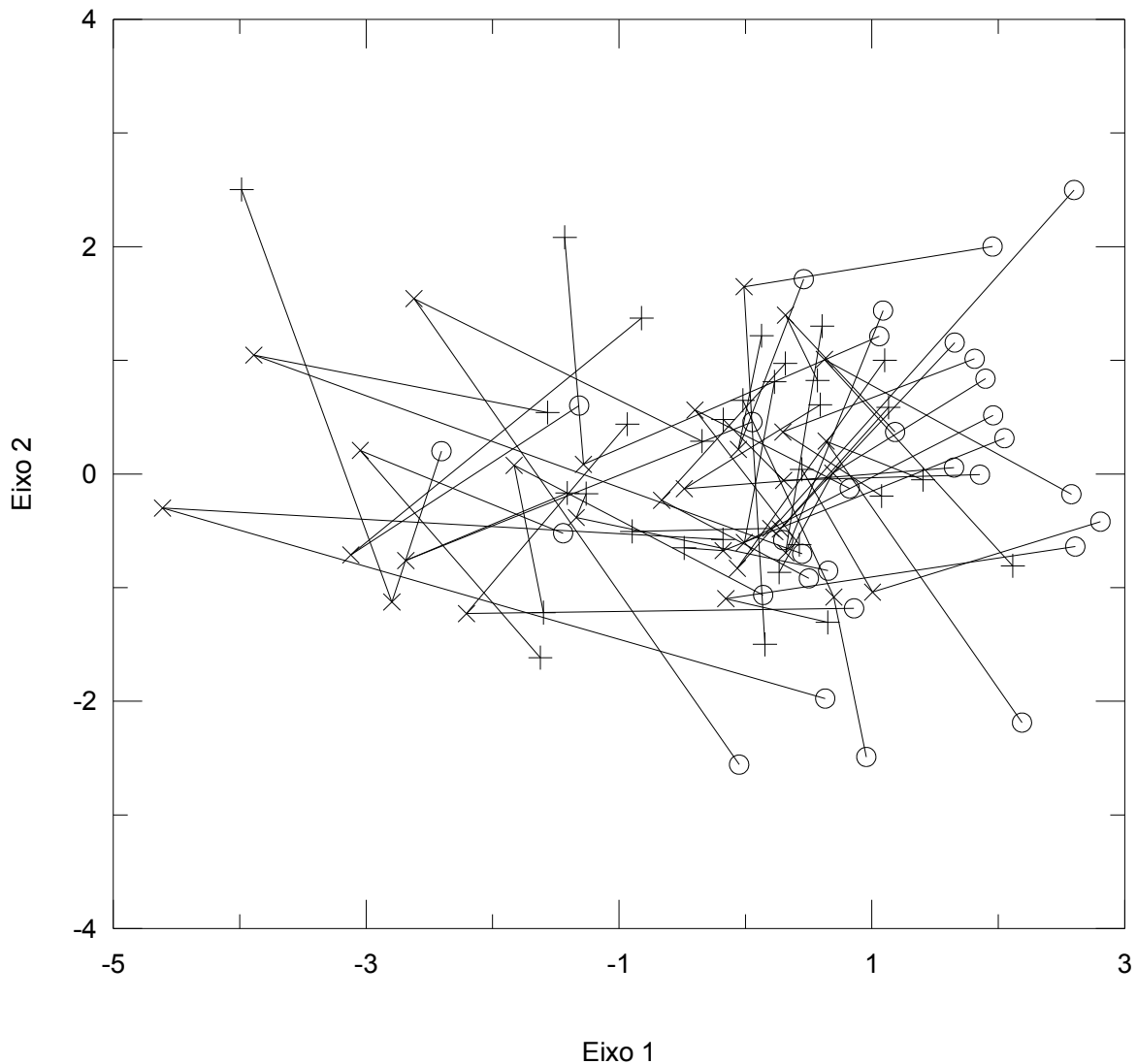


Figura 4. Distribuição espacial dos igarapés da Reserva Ducke, amostrados entre setembro de 2005 e agosto de 2006, de acordo com as características ambientais, resumidas em dois eixos por Análise de Componentes Principais (PCA). As linhas ligam sequencialmente cada ponto amostral nos três períodos de coleta, indicando as trajetórias de mudança ambiental dos riachos entre coletas. Seca 2005 (o) corresponde à coleta entre os meses de setembro e novembro de 2005; Chuva (x) entre fevereiro e maio de 2006; e Seca 2006 (+) entre junho e agosto de 2006.

#### 4.1.2. CARACTERÍSTICAS DA ICTIOFAUNA E VARIAÇÃO SAZONAL

Foram capturados 6.101 peixes, pertencentes a 54 espécies, seis ordens e 18 famílias (Tabela 1). Das espécies coletadas, 22 foram Characiformes, 14 Siluriformes, 10 Gymnotiformes, cinco Perciformes, duas Cyprinodontiformes e uma Synbranchiformes. Characiformes foi também a ordem de maior abundância, compreendendo 76% do total de peixes coletados. Seis espécies foram muito abundantes e freqüentes, e a soma de suas abundâncias representou 70% do número total de peixes coletados: *Hyphessobrycon melazonatus* (15,8%), *Pyrrhulina brevis* (15,5%), *Bryconops giacopinii* (13,2%), *Microcharacidium eleotrioides* (12,1%), *Aequidens pallidus* (7,1%), *Rivulus kirovskyi* (7,1%).

Das 54 espécies registradas, 31 ocorreram nas três coletas, algumas apresentando elevadas diferenças em abundância e número de ocorrências entre as coletas (Tabela 1). Os characiformes *Hyphessobrycon melazonatus* e *Microcharacidium eleotrioides* e o ciprinodontiforme *Rivulus kirovskyi*, espécies destacadas pela elevada abundância nos igarapés, foram muito menos abundantes no período de chuva. *Bryconops giacopinii*, characiforme que teve a terceira maior abundância, apresentou uma tendência de aumento de abundância ao longo das coletas, enquanto outras espécies, como *Crenuchus spilurus* e *Synbranchus* sp. foram mais abundantes no período de chuvas. *Pyrrhulina brevis*, a espécie com maior freqüência de ocorrência nos igarapés da Reserva, apresentou poucas variações em abundância entre as coletas e uma pequena redução no número de ocorrências no período de chuvas. Algumas espécies foram registradas em baixa abundância e freqüência, limitando as possibilidades de inferência sobre seus padrões de distribuição, dada a baixa probabilidade de detecção.

A remoção dos peixes capturados não teve relação com as variações de riqueza (ANOVA:  $F_{1,29} = 1,152$ ;  $p = 0,292$ ), abundância (ANOVA:  $F_{1,29} = 1,011$ ;  $p = 0,323$ ), composição qualitativa (ANOVA:  $F_{1,29} = 0,025$ ;  $p = 0,876$ ) e quantitativa (ANOVA:  $F_{1,29} = 0,244$ ;  $p = 0,625$ ) entre coletas. Os dois eixos multivariados de cada ordenação por NMS captaram 75,3% para dados de abundância das espécies e 71,8% para dados de presença/ausência. Como os dois eixos de cada ordenação apresentaram elevados valores de ortogonalidade (93 e 100%, respectivamente para dados de abundância e presença/ausência), foram considerados independentes e utilizados para representar a composição da ictiofauna nos testes inferenciais. Os períodos de coleta diferiram no número de espécies (ANOVA:  $F_{2,90} = 5,039$ ;  $p = 0,008$ ), na abundância de peixes coletados (ANOVA:

Tabela 1. Número de exemplares e frequência de ocorrência (entre parênteses) das espécies de peixes nos igarapés da Reserva Ducke (Seca 2005 = set-dez 2005; Chuva = fev-abr 2006; Seca 2006 = jun-ago 2006). \*Novos registros na área da Reserva Ducke.

<b>ORDEM</b>				
<b>Família</b>		Seca	Chuva	Seca
<i>Espécie</i>		2005		2006
<b>CHARACIFORMES</b>				
<b>Characidae</b>				
<i>Acestrorhynchus falcatus</i> (Bloch, 1794)		2 (2)	1	0
<i>Aphiocharacidium</i> sp.*		0	0	11 (1)
<i>Bryconops</i> cf. <i>caudomaculatus</i> *		12 (4)	42 (4)	4 (1)
<i>Bryconops inpai</i> Knöppel, Junk & Géry, 1968		27 (9)	42 (8)	67 (9)
<i>Bryconops giacopinii</i> (Fernández-Yépez, 1950)		175 (11)	251 (16)	379 (14)
<i>Carnegiella strigata</i> (Günther, 1964)*		0	0	1
<i>Characidae</i> sp.		0	0	1
<i>Gnathocharax steindachneri</i> Fowler, 1913*		1	0	0
<i>Hemigrammus</i> cf. <i>pretoensis</i>		82 (15)	78 (15)	96 (19)
<i>Hyphessobrycon</i> cf. <i>agulha</i>		14 (4)	30 (5)	60 (7)
<i>Hyphessobrycon melazonatus</i> Durbin in Eigenmann, 1908		340 (21)	176 (21)	449 (25)
<i>Iguanodectes geisleri</i> Géry, 1970		98 (4)	44 (4)	33 (3)
<b>Crenuchidae</b>				
<i>Ammocryptocharax elegans</i> Weitzman & Kanazawa, 1976*		4 (2)	0	6 (2)
<i>Crenuchus spilurus</i> (Günther, 1863)		27 (7)	43 (6)	28 (8)
<i>Odontocharacidium aphanes</i> (Weitzman & Kanazawa, 1977)*		10 (2)	0	0
<i>Microcharacidium eleotrioides</i> Géry, 1960		345 (27)	178 (17)	215 (21)
<i>Poecilocharax weitzmani</i> Géry, 1965		42 (1)	43 (1)	31 (1)
<b>Erythrinidae</b>				
<i>Erythrinus erythrinus</i> (Schneider, 1801)		37 (16)	9 (8)	23 (16)
<i>Hoplias malabaricus</i> (Bloch, 1794)		1	1	2 (2)
<b>Lebiasinidae</b>				
<i>Copella nigrofasciata</i> (Meinken, 1952)		23 (9)	16 (6)	38 (6)
<i>Nannostomus marginatus</i> Eigenmann, 1909		15 (5)	7 (2)	10 (5)
<i>Pyrrhulina brevis</i> Steindachner, 1875		340 (29)	310 (25)	293 (29)
<b>CYPRINODONTIFORMES</b>				
<b>Rivulidae</b>				
<i>Rivulus compressus</i> Henn, 1916*		47 (11)	15 (6)	40 (10)
<i>Rivulus kirovskyi</i> Costa, 2004		196 (22)	60 (18)	179 (22)
<b>GYMNOTIFORMES</b>				
<b>Gymnotidae</b>				
<i>Gymnorhamphichthys rondoni</i> (Ribeiro & Miranda, 1920)		1	0	0
<i>Gymnotus</i> aff. <i>anguillaris</i> Hoedeman, 1962*		24 (13)	15 (8)	27 (13)
<i>Gymnotus pedanopterus</i> (Mago-Leccia, 1994)*		0	0	1
<i>Gymnotus</i> sp. n.*		0	1	0
<i>Gymnotus</i> sp.		10 (5)	0	0
<i>Gymnotus stenoleucus</i> Mago-Leccia, 1994*		1	0	5 (3)
<b>Hypopomidae</b>				
<i>Hypopygus lepturus</i> (Hoedeman, 1962)		1	0	0
<i>Microsternarchus bilineatus</i> (Fernández-Yépez, 1968)		3 (2)	16 (4)	13 (4)



Tabela 1. Continuação

<b>ORDEM</b>				
<b>Família</b>		Seca	Chuva	Seca
<b>Espécie</b>		2005		2006
<b>GYMNOTIFORMES</b>				
<b>Hypopomidae</b>				
	<i>Steatogenys duidae</i> (La Monte, 1929)	1	0	1
<b>Sternopygidae</b>				
	<i>Sternopygus macrurus</i>	0	0	1
<b>PERCIFORMES</b>				
<b>Cichlidae</b>				
	<i>Aequidens pallidus</i> (Heckel, 1840)	156 (20)	149 (26)	131 (24)
	<i>Apistogramma</i> sp.	57 (8)	16 (2)	25 (4)
	<i>Crenicichla</i> sp.	6 (2)	2 (2)	1
	<i>Satanoperca</i> sp.*	2 (1)	0	0
<b>Polycentridae</b>				
	<i>Monocirrhus polyacanthus</i> Heckel, 1840*	0	1	0
<b>SILURIFORMES</b>				
<b>Auchenipteridae</b>				
	<i>Auchenipterichthys punctatus</i> (Valenciennes, 1840)*	0	1	0
<b>Callichthyidae</b>				
	<i>Callichthys callichthys</i> (Linnaeus, 1758)	2 (2)	1	1
<b>Cetopsidae</b>				
	<i>Denticetopsis macilenta</i> (Eigenmann, 1912)	0	3 (1)	0
	<i>Helogenes marmoratus</i> (Günther, 1864)	53 (23)	24 (16)	37 (14)
<b>Heptapteridae</b>				
	<i>Imparfinis pristos</i> Mees & Cala, 1989	4 (2)	1	5 (3)
	<i>Mastiglanis asopos</i> Bockmann, 1994*	0	0	7 (2)
	<i>Nemuroglanis</i> sp. n.*	17 (2)	1	6 (3)
	<i>Rhamdia quelen</i> (Quoy & Gaimard, 1863)	0	0	1
	<i>Brachyglanis frenata</i> Eigenmann, 1912*	0	2 (1)	0
<b>Loricariidae</b>				
	<i>Ancistrus</i> sp.	8 (7)	12 (5)	5 (3)
	<i>Farlowella</i> sp.*	0	1	0
	<i>Parotocinclus longirostris</i> Garavello, 1988*	1	4 (2)	5 (2)
	<i>Rineloricaria</i> spp.	2 (2)	2	2 (2)
<b>Trichomycteridae</b>				
	<i>Ituglanis amazonicus</i> (Steindachner, 1882)	1	0	2 (1)
	<i>Pygidianops</i> sp.n.	11 (5)	14 (4)	4 (1)
<b>SYNBRANCHIFORMES</b>				
<b>Synbranchidae</b>				
	<i>Synbranchus</i> sp.	12 (7)	24 (10)	11 (9)
	Abundância total	2.210	1.636	2.256
	Abundância média por trecho amostral	7,1	6,5	7,6
	Nº total de espécies	42	38	42
	Nº médio de espécies por trecho amostral	10,0	8,2	9,5

$F_{2,90} = 4,138$ ;  $p = 0,019$ ) e a composição da ictiofauna baseada em dados quantitativos (MANOVA: Pillai Trace = 0,140;  $F = 3,394$ ;  $p = 0,011$ ), mas a evidência para uma mudança na composição baseada em dados de presença/ausência foi muito mais fraca (MANOVA: Pillai Trace = 0,090;  $F = 2,114$ ;  $p = 0,081$ ).

A partir da representação gráfica do NMS, que indica a diferença de composição entre os pontos amostrais, não foi possível detectar agrupamentos óbvios relacionados às diferentes coletas, tanto para dados de abundância quanto para presença/ausência das espécies (Figs. 5 e 6). Apesar do não agrupamento do conjunto de dados de cada coleta numa área do gráfico, quase todos os igarapés apresentaram uma tendência de variação sazonal na composição entre as coletas. Para os dados quantitativos, partindo do período de seca de 2005, a composição mudou na chuva em direção à parte superior direita do gráfico. Deste período para a seca de 2006, a composição exibiu uma tendência de retorno à composição inicial (seca de 2005), indicada pela formação de ângulos agudos pelas linhas que ligam um mesmo trecho de riacho nas diferentes coletas (Fig. 5). As simulações mostraram que a tendência de retorno da composição dos trechos à composição inicial após a chuva foi maior que o esperado para trajetórias aleatórias ( $p = 0,002$ ). As trajetórias da composição para dados de presença/ausência tenderam a formar ângulos agudos em direção à área esquerda do gráfico (Fig. 6) e também apresentaram tendência de retorno significativamente maior que o esperado para trajetórias aleatórias ( $p = 0,002$ ).

Não houve relações significativas entre a variação sazonal das características da ictiofauna e a variação das características ambientais (Tabela 4).

Tabela 4. Resultados das análises de regressão linear entre variações da ictiofauna e variações ambientais entre períodos secos de 2005 e 2006 e o período chuvoso de 2006.

Período	Atributo da ictiofauna	$r^2$	p
Seca 2005 - Chuva	Riqueza de espécies	0,059	0,189
	Abundância total de peixes	0,002	0,836
	Composição quantitativa	0,004	0,748
	Composição qualitativa	0,016	0,500
Chuva - Seca 2006	Riqueza de espécies	0,020	0,453
	Abundância total de peixes	0,002	0,793
	Composição quantitativa	0,005	0,716
	Composição qualitativa	0,003	0,778

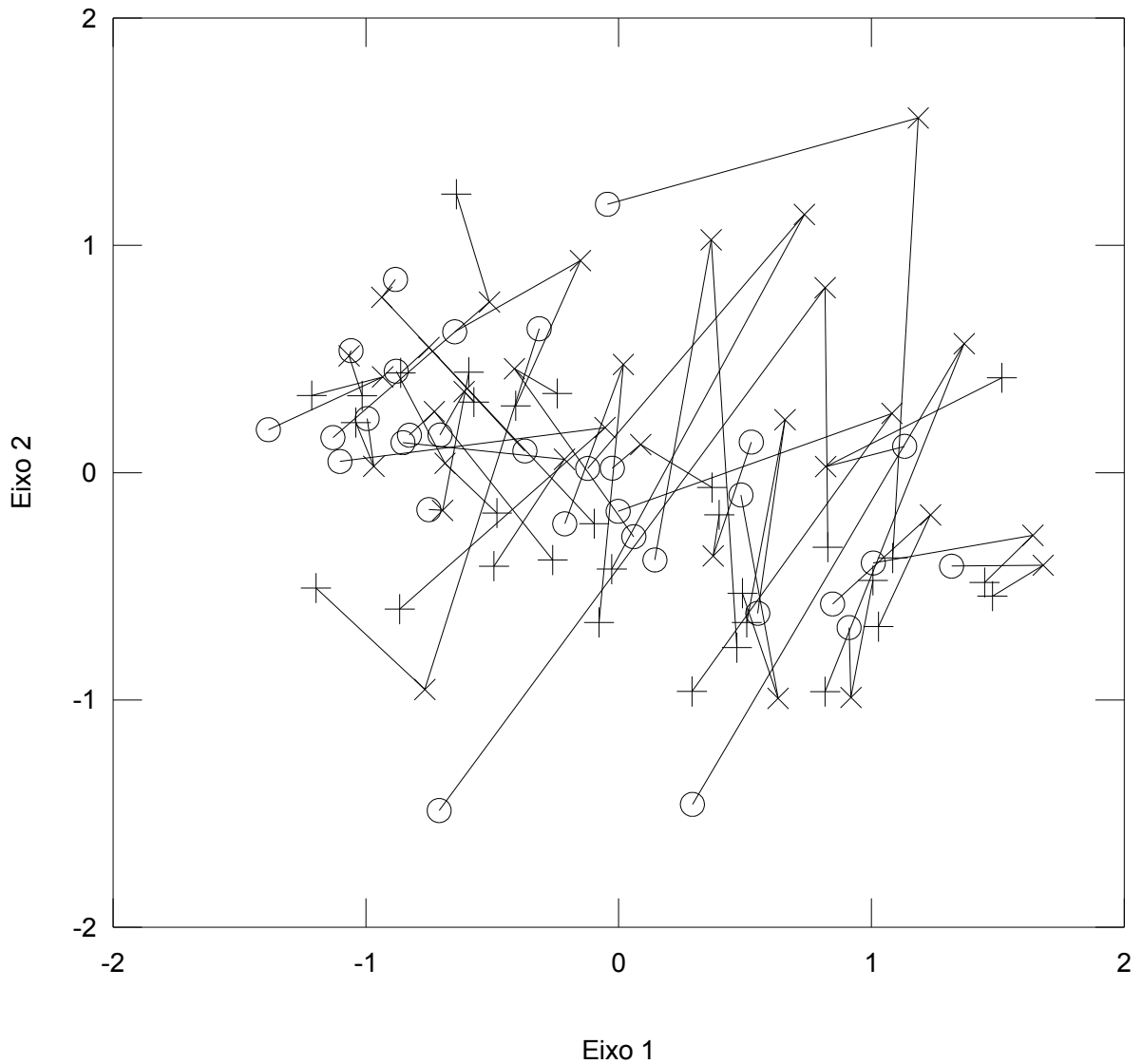


Figura 5. Disposição dos pontos amostrais nos eixos das ordenações multivariadas (NMS) para dados de abundância das 54 espécies de peixes capturadas em 31 riachos da Reserva Ducke. As linhas ligam sequencialmente um mesmo ponto nos diferentes períodos de coleta, indicando as trajetórias de mudanças de composição dos riachos entre as coletas. Seca 2005 (o) corresponde à coleta de setembro a novembro de 2005; Chuva (x), de fevereiro a maio de 2006; e Seca 2006 (+) de junho a agosto de 2006.

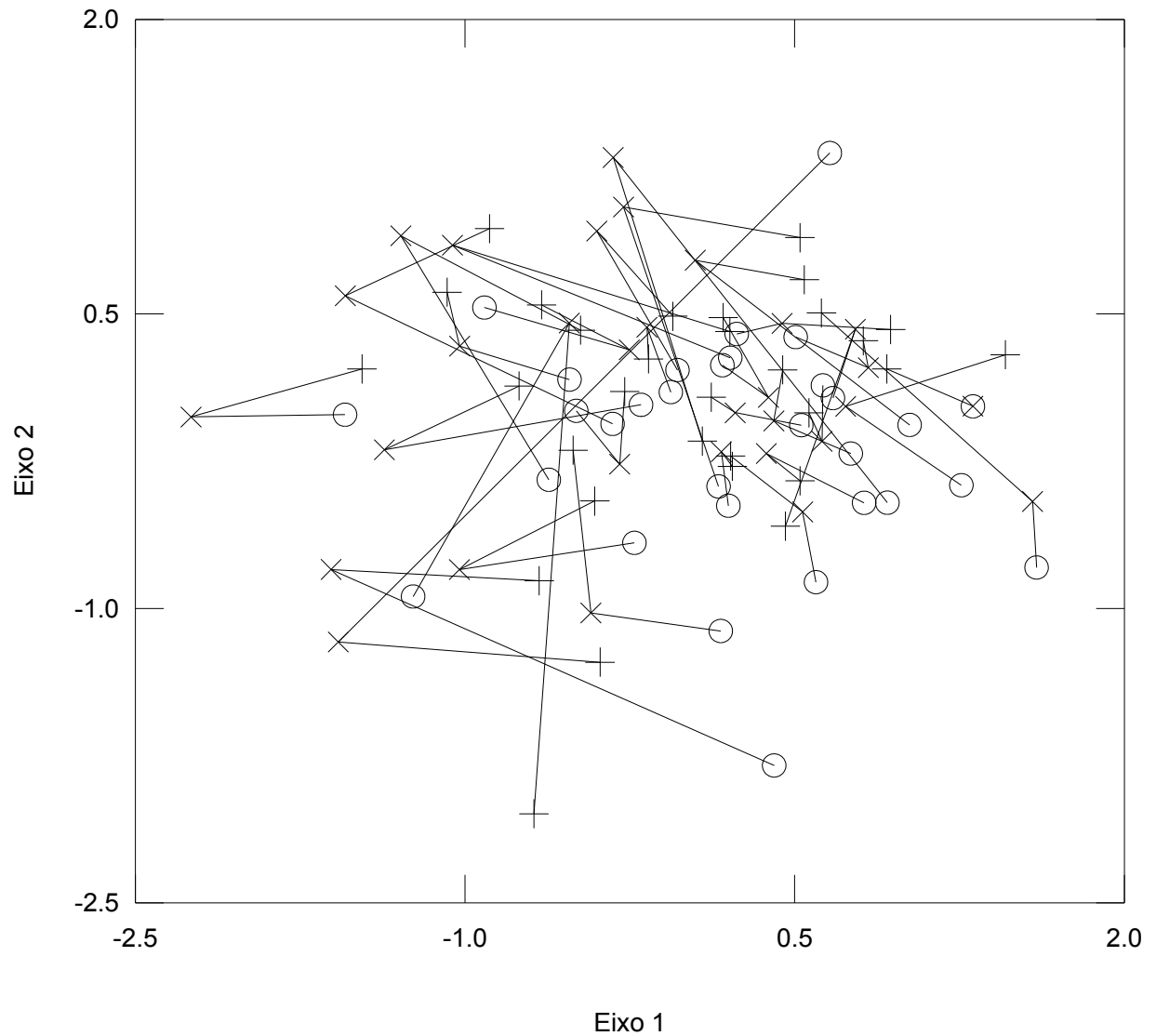


Figura 6. Disposição dos pontos amostrais nos eixos das ordenações multivariadas (NMS) para dados de presença/ausência das 54 espécies de peixes capturadas em 31 riachos da Reserva Ducke. As linhas ligam sequencialmente um mesmo ponto nos diferentes períodos de coleta, indicando as trajetórias de mudanças de composição dos riachos entre as coletas. Seca 2005 (o) corresponde à coleta de setembro a novembro de 2005; Chuva (x), de fevereiro a maio de 2006; e Seca 2006 (+) de junho a agosto de 2006.

## 4.2. VARIAÇÃO INTERANUAL DA ICTIOFAUNA

O número de espécies registradas por trecho de igarapé nas coletas de 2005 e 2006 variou entre cinco e 18. Das espécies registradas em 2001, quatorze não foram novamente registradas nas amostragens subseqüentes, enquanto 19 novos registros de espécies foram realizados para a área (Apêndice 3). Somando as quatro amostragens, inclusive nos trechos de terceira ordem amostrados em 2001, foram registradas 70 espécies nos riachos da Reserva. Das 70 espécies registradas, apenas 24 foram registradas nas quatro amostragens (Apêndice 3) e representaram 94% da abundância total de peixes coletados, enquanto 24 espécies foram registradas em apenas uma das amostragens, representando menos de 1% da abundância total.

O aumento do número de amostragens nos riachos acarretou num considerável aumento do número de espécies registradas, mas não foi suficiente para gerar uma tendência de estabilização da curva de acúmulo de espécies (Fig. 7).

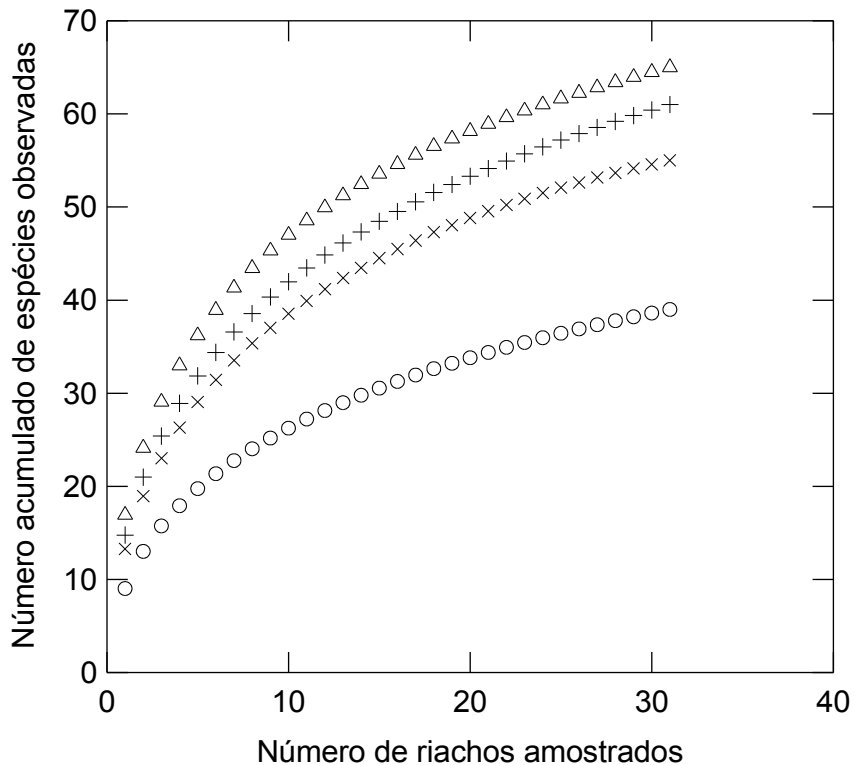


Figura 7. Comparações das curvas de acúmulo de espécies de peixes observadas nos riachos da Reserva Ducke de acordo com o aumento do número de amostragens em cada ponto amostral (○ = 1 amostragem; X = 2 amostragens; + = 3 amostragens; △ = 4 amostragens).

No ano de 2001 foi registrada menor abundância total de peixes (ANOVA:  $F_{1,60} = 20,546$ ;  $p < 0,001$ ) e menor número de espécies por trecho de riacho amostrado (ANOVA:  $F_{1,60} = 23,607$ ;  $p < 0,001$ ).

Os dois eixos multivariados de cada ordenação por NMS captaram 85,2% da variação para dados de abundância e 78,8% para dados de presença/ausência das espécies. Como os eixos apresentaram uma elevada ortogonalidade entre si (83,2 e 99,2% respectivamente para abundância e presença/ausência) foram considerados independentes e utilizados para representar a composição da ictiofauna nos testes inferenciais. Análises de variância multivariada indicam a existência de diferenças de composição entre os anos para dados de presença/ausência das espécies (MANOVA: Pillai-Trace = 0,341;  $F_{2,59} = 15,297$ ;  $p < 0,001$ ) mas não para dados de abundância (MANOVA: Pillai-Trace = 0,027;  $F_{2,59} = 0,812$ ;  $p = 0,449$ ). A disposição dos pontos amostrais nos eixos de NMS possibilitam visualizar as diferenças de composição entre os pontos. Para dados de presença/ausência das espécies houve uma tendência de agrupamento de pontos do ano de 2001 com composição semelhante na parte superior direita da figura e dos pontos de 2006 na parte inferior esquerda (Fig. 8A), enquanto para dados de abundância não há agrupamentos óbvios relacionados aos anos de coleta (Fig. 8B).

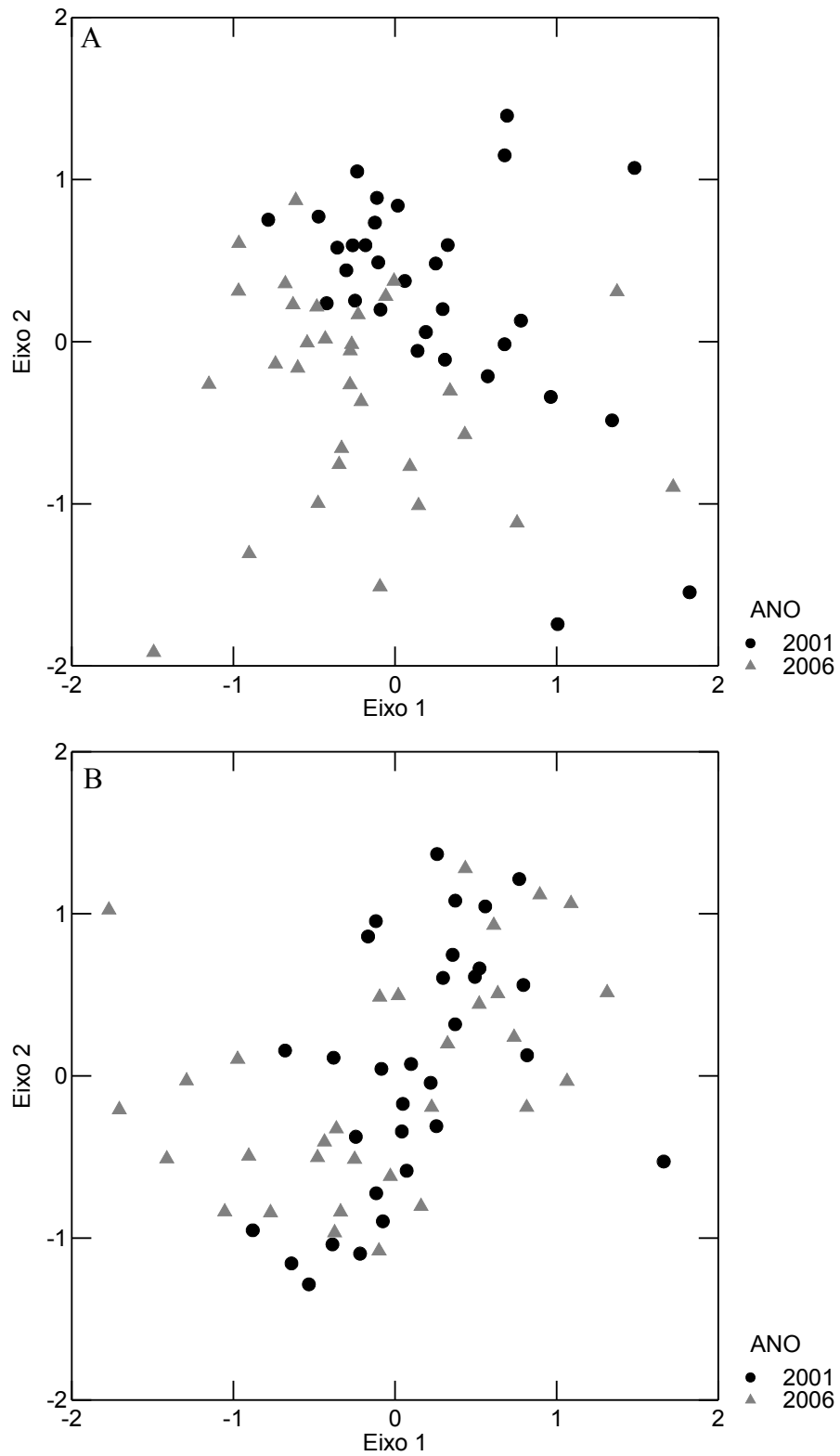


Figura 8. Disposição espacial dos pontos amostrais nos eixos das ordenações multivariadas (NMS) para dados de presença/ausência (A) e abundância (B) das espécies de peixes registradas em 31 riachos da Reserva Ducke, nos de 2001 e 2006.

## 5. DISCUSSÃO

### 5.1. SAZONALIDADE DAS CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS

Variáveis ambientais relacionadas ao fluxo de água dos riachos não foram diferentes entre os períodos de seca e o período de chuva, enquanto as variáveis físico-químicas apresentaram diferenças. Riachos de cabeceira preservados, como os incluídos no presente estudo, possuem entre suas características uma densa cobertura florestal, a ausência de tributários a montante e o solo arenoso, que favorecem uma elevada estabilidade hidrológica ao longo do ano (Suguió & Bigarella, 1990). Tais riachos apresentam aumento e redução de volume mais rápidos em resposta a chuvas localizadas do que trechos localizados mais abaixo na rede de drenagem (Walker, 1990). Durante e logo após fortes chuvas, a água fica mais turva e turbulenta e grande parte dos substratos do canal, especialmente os bancos de folhas, são espalhados pelo aumento da velocidade de correnteza (Apêndice 2). Esse fenômeno foi confirmado neste estudo pela detecção de uma maior proporção de ocorrência de bancos de folhas (littera) no substrato de fundo dos riachos nas coletas do período de chuvas. Não foram detectadas variações sazonais significativas de vazão nos riachos estudados, confirmando que oscilações hidrológicas em sistemas de riachos de terra firme devem ocorrer numa escala de tempo muito menor. Essas oscilações são diretamente associadas às chuvas diárias, diferente de corpos d'água localizados na planície de inundação, onde o fluxo hidrológico responde de forma gradativa ao aumento da precipitação ao longo do ano (Junk, 1989; Walker, 1995). Características físico-químicas da água parecem responder de forma diferente às flutuações sazonais de precipitação nos riachos da Reserva Ducke, persistindo alteradas ao longo do período chuvoso e tendendo a retornar às condições iniciais no início da seca. Tais resultados contradizem a elevada estabilidade físico-química preconizada para riachos de terra firme na Amazônia Central (Lowe-McConnell, 1999; Schwassman, 1992; Bührnheim & Cox-Fernandes, 2001) e indicam a necessidade de incluir medidas sazonais de tais parâmetros associados a coletas de peixes nesses ambientes.



## 5.2. DESCRIÇÃO DA ICTIOFAUNA E VARIAÇÃO SAZONAL

A estrutura taxonômica, com predominância de espécies de Characiformes seguidas por Siluriformes, corresponde à comumente descrita para pequenos riachos amazônicos (e.g. Silva, 1995; Bührnheim & Cox-Fernandes, 2001; Martins, 2000; Mendonça *et al.*, 2005) e, em geral, para riachos brasileiros (e.g. Lowe-McConnell, 1987; Castro & Casatti, 1997; Castro 1999; Miranda & Mazzoni, 2003). Parte considerável das espécies ocorreu em baixas frequências entre as coletas, sendo que metade delas apresentou pequena abundância na Reserva. Outra metade, além das baixas abundâncias, apresenta características comportamentais que possivelmente reduzem a eficiência de sua detecção. Este grupo foi composto por Siluriformes, peixes de atividade tipicamente noturna, frequentes, mas pouco abundantes em riachos de cabeceira na Amazônia Central (Lowe-McConnell, 1999), e Gymnotiformes, peixes de menor movimentação nos riachos, e que passam grande parte do dia abrigados em refúgios (Lowe-McConnell, 1999). Coletas realizadas durante o dia devem ter menor probabilidade de capturar espécies destes grupos.

A coleta de peixes em pequenos trechos amostrais de riachos, além de reduzir o tempo de coleta, reduzindo os custos com trabalho de campo e permitindo amostragens em maior número de pontos amostrais, tem se mostrado muito eficiente para caracterização e identificação de estrutura em comunidades de peixes (e.g. Mendonça *et al.*, 2005). Riachos de terra-firme são ambientes principalmente heterotróficos, relativamente mais pobres que trechos a jusante na rede de drenagem. Neste estudo, a remoção dos peixes capturados nos trechos de 50 metros não afetou a quantidade de peixes capturados, a riqueza de espécies ou a composição da comunidade de peixes da Reserva Ducke, indicando que a comunidade apresenta uma elevada capacidade de reconstituição após pequenos impactos diretos de remoção de indivíduos numa escala espacial e temporal curta.

Análises de variância demonstraram que no período de chuva a abundância de peixes e o número de espécies foram menores, contradizendo estudos que identificaram maiores abundâncias e riqueza de espécies de peixes em riachos de cabeceira tropicais no período chuvoso (Galacatos *et al.*, 2004; Casatti, 2005) e outros estudos que não identificaram diferenças significativas, como Walker (1990), Silva (1995) e Bührnheim & Cox-Fernandes (2001) realizados em riachos de terra-firme na Amazônia Central brasileira. A composição da ictiofauna

(representada por NMS) baseada na abundância relativa das espécies no período de chuva, foi diferente dos dois períodos de seca estudados, enquanto a composição baseada em dados de presença/ausência das espécies não apresentou diferenças significativas. A importância de variações em abundância das espécies detectadas entre períodos de seca e chuva para caracterização da ictiofauna contradiz os estudos anteriores citados acima, que não detectaram variações significativas em abundância nos riachos de terra-firme nesta escala de tempo. A diferença entre estudos pode ser devido a diferenças no esforço amostral, uma vez que os que não detectaram diferenças investigaram de um a três trechos de igarapés, enquanto 31 foram incluídos no presente estudo. Pequenas diferenças ictiofaunísticas e possíveis diferenças estruturais das bacias de drenagem diferentes podem influenciar a dinâmica temporal da ictiofauna e acarretar diferenças entre estudos em áreas diferentes.

### **5.3. PROCESSOS RELACIONADOS À VARIAÇÃO SAZONAL DA ICTIOFAUNA**

A ausência de diferenças significativas na vazão dos riachos minimiza a possibilidade de que uma ‘diluição’ dos peixes no canal do igarapé, devido ao aumento de volume de água no período chuvoso, seja responsável por uma redução na sua probabilidade de detecção neste período de coleta. Isto indica que a redução do número de indivíduos capturados esteja realmente associada a uma redução do número de peixes presentes nos riachos naquele momento amostral. Apesar da tendência sazonal, as variações ambientais não apresentaram relação direta com as variações da ictiofauna, deixando improvável a hipótese de que fatores físico-químicos sejam os principais responsáveis pelas variações sazonais de composição da ictiofauna. Isto indica que outros fatores estejam relacionados às mudanças de composição da ictiofauna de igarapés de terra firme no período chuvoso, baseadas principalmente em mudanças de abundância das espécies mais comuns.

A ictiofauna de riachos sul-americanos é composta principalmente por espécies de pequeno porte (Castro, 1999). Estas espécies, principalmente devido ao seu pequeno tamanho corporal, apresentam restrita capacidade de efetuar migrações, diferindo de peixes de médio e grande porte. No período de chuvas, a elevada precipitação e o aumento da frequência de inundações do baixio circundante aos igarapés, resultam na formação de um conjunto de poças adjacentes aos cursos d’água, que se mantêm conectadas aos riachos durante as chuvas e se

isolam quando o volume de água é reduzido. Essas poças temporárias sustentam um conjunto único de organismos aquáticos (Collinson *et al.*, 1995), compreendendo diversas espécies de invertebrados, anfíbios e peixes, que utilizam temporariamente estes ambientes para alimentação, refúgio e/ou reprodução. Pazin *et al.* (2006), estudando a comunidade de peixes em poças temporárias adjacentes aos riachos da Reserva Ducke entre novembro de 2002 e outubro 2003, registraram 18 espécies de peixes, das quais 15 já foram registradas nos riachos (Mendonça *et al.*, 2005; presente estudo).

Nos trechos de riachos estudados, as espécies que apresentaram as maiores reduções proporcionais de abundância e número de ocorrências no período de chuvas estiveram entre as espécies mais abundantes nas poças estudadas por Pazin *et al.* (2006). Isto representa um forte indício de que a menor abundância de várias espécies nos igarapés estudados durante o período chuvoso esteja associada a um processo de movimentação lateral, no qual indivíduos de algumas espécies saem do canal principal e passam a ocupar temporariamente as poças formadas nos baixios, de forma semelhante ao que acontece com espécies de médio e grande porte em áreas alagáveis dos grandes rios amazônicos (Goulding *et al.*, 1988; Junk *et al.*, 1989).

Durante o período chuvoso, as flutuações hidrológicas tornam os riachos ambientes altamente instáveis. A turbulência e a turbidez elevadas, além de reduzirem a eficiência de captura de alimento no período de chuvas (Uieda, 1995 *apud* Esteves & Aranha, 1999), diminuem também a sua oferta, ao revolver os substratos do fundo, especialmente bancos de liteira, micro-ambientes muito utilizados como fonte de alimento e abrigo para várias espécies de peixes (Henderson & Walker, 1986; Sabino & Zuanon, 1998; Mortati, 2004). Estas alterações nos riachos tornam as poças ambientes favoráveis para diversas espécies de pequeno porte, que possuem tolerância às características ambientais predominantes nas poças, especialmente à elevada acidez e baixa disponibilidade de oxigênio dissolvido na água (Pazin *et al.*, 2006). *Rivulus kirovskyi*, *Pyrrhulina brevis*, *R. compressus* e *Hyphessobrycon melazonatus* se destacaram pela redução de abundância nos igarapés no período chuvoso e elevada abundância nas poças. Para *H. melazonatus* esta tendência de redução de abundância nos igarapés já foi relatada em igarapés da Amazônia Central (Bürhnheim & Cox-Fernandes, 2001). Estas quatro espécies foram capturadas nas poças principalmente na forma de indivíduos adultos no início do período chuvoso, e em grande abundância na forma de indivíduos jovens no final deste período (V.F.V. Pazin, dados não publicados), o que indica que indivíduos destas espécies estejam

utilizando as poças para reproduzir durante o período chuvoso.

Algumas espécies, como *Copella nigrofasciata*, podem ter as poças como ambientes principais, mantendo-se em pequena abundância nos igarapés em períodos secos, quando a disponibilidade de poças é muito baixa, e utilizando as poças no período chuvoso. *Microcharacidium eleotrioides*, um pequeno crenuquídeo que vive associado diretamente ao fundo de areia e seixo dos igarapés, sofreu uma forte redução de abundância no período de chuvas. As oscilações de abundância desta espécie não devem estar associadas à interação com poças temporárias, uma vez que foi registrada em baixa abundância nestes locais. É possível que esta espécie, com a elevação de turbulências do riacho e redução da cobertura de areia pelo espalhamento dos bancos de folhço, esteja utilizando abrigos dentro do próprio canal dos riachos, como emaranhados de raízes ou troncos submersos, com mais freqüência durante o período de chuvas.

Algumas espécies apresentaram um aumento de abundância entre as coletas, contribuindo também para diferenças de composição entre as amostras. As mais notáveis foram *Bryconops giacopinii*, a terceira espécie mais abundante do estudo, representando cerca de 8% do total de peixes capturados na seca de 2005, 15% na chuva e 17% na seca de 2006, e *Bryconops inpai*, que variou de 1,2% na seca de 2005, para 2,6% na chuva e para 3,0% no início da seca de 2006. As duas espécies, excelentes nadadoras e de elevada movimentação horizontal nos riachos, não foram capturadas em poças temporárias na Reserva (Pazin *et al.* 2006), indicando que as diferenças de abundância devem estar relacionadas ao seu sucesso no canal do riacho. Em alguns riachos durante a coleta de seca de 2005, foi observada, mas não quantificada, uma maior proporção de indivíduos jovens que adultos de *B. giacopinii*, o que sugere que a espécie tenha apresentado maior sucesso reprodutivo ao longo do ano de 2005, o que poderia explicar a elevada abundância no período de chuvas subsequente e no início da seca de 2006.

#### **5.4. VARIAÇÃO INTERANUAL DA ICTIOFAUNA**

As principais diferenças ictiofaunísticas identificadas entre os anos de 2001 e 2006 foram relacionadas à elevada diferença de composição de espécies raras entre os riachos. Composição baseada em dados de abundância, que realça padrões de espécies comuns, não foi diferente, sugerindo que estas espécies contribuíram de forma semelhante para as diferenças entre pontos

amostrais nos dois anos. As diferenças de abundância total podem estar associadas a diferenças sazonais de precipitação ou de produtividade dos riachos entre os anos, mas não afetam a estrutura geral da comunidade.

Por outro lado, a composição da ictiofauna baseada em dados de presença/ausência das espécies, que favorece a detecção de padrões de espécies raras, foi muito diferente nos dois anos. A probabilidade de detectar uma espécie no ambiente é função da probabilidade de ocorrência da espécie no local naquele momento do tempo, e da capacidade de detecção do método de amostragem. A probabilidade de ocorrência está diretamente relacionada à abundância da espécie e à amplitude de sua distribuição geográfica. As espécies podem ser (i) abundantes e bem distribuídas; (ii) abundantes e localizadas; (iii) pouco abundantes e bem distribuídas; ou (iv) pouco abundantes e localizadas, sendo que, de maneira geral, grande proporção das espécies tem pequena amplitude de distribuição geográfica e poucas são bem distribuídas (Whittaker *et al.*, 2005).

Métodos rápidos de amostragem têm sido utilizados com grande frequência em estudos ecológicos com diversos grupos biológicos, especialmente devido à comprovada redução de custos financeiros em relação aos métodos tradicionais, o que possibilita a expansão das áreas de amostragem dos estudos. A probabilidade de detecção de espécies pouco abundantes pode ser menor devido à redução de esforço localizado, mas este efeito deveria ser reduzido pelo aumento do número de amostras possibilitado pela utilização do método rápido. O método de amostragem de peixes em riachos de terra-firme, seguindo recomendações do protocolo de coletas do Programa de Pesquisas em Biodiversidade (PPBio), tem sido utilizado com eficiência na detecção de padrões de distribuição de espécies em toda a Amazônia brasileira. Além da redução dos custos financeiros com o trabalho de campo, o método rápido pode resultar em coletas menos impactantes sobre a ictiofauna (como verificado no presente estudo), característica muito importante especialmente em locais com fauna desconhecida, onde a remoção dos exemplares coletados é praticamente imprescindível para identificação de espécies.

Com os registros do presente estudo, 19 espécies foram adicionadas à ictiofauna registrada para a Reserva Ducke, perfazendo um total de 70 espécies de peixes com ocorrência formalmente conhecida nos pequenos riachos da área. A estrutura geral da ictiofauna, relacionada principalmente às espécies mais abundantes, já é razoavelmente bem conhecida e está sendo mantida ao longo dos anos, a julgar pelos resultados das comparações entre 2001 e 2006. A

grande quantidade de espécies raras (pouco abundantes) detectadas nos riachos indica que outras espécies com essas características devem utilizar os riachos da Reserva, mas que um esforço relativamente grande será necessário para que novos registros sejam efetuados. A grande riqueza de espécies presentes na área, reforça a relevância da Reserva Ducke para a conservação da diversidade regional de peixes de igarapés da Amazônia central brasileira.

## 5.5. MONITORAMENTO DA ICTIOFAUNA EM RIACHOS DE TERRA-FIRME

Monitoramentos biológicos objetivam, de maneira geral, avaliar a efetividade da proteção de Unidades de Conservação na manutenção em longo prazo das espécies e da estrutura das comunidades biológicas ou estudar a dinâmica e disponibilidade de recursos naturais explorados em áreas de uso sustentável. Fora de áreas protegidas, avaliam possíveis alterações na integridade das comunidades causadas por alterações provocadas por ações antrópicas no ambiente.

Espécies de peixes com baixa frequência de ocorrência e abundância são importantes na caracterização da ictiofauna e como parte integrante da biodiversidade local. Entretanto, devido à sua baixa probabilidade de detecção no ambiente, são frequentemente negligenciadas em amostragens rápidas e, por isso, não são adequadas como indicadoras de manutenção da estrutura de comunidades. No entanto, estas espécies podem ser pouco abundantes e bem distribuídas geograficamente ou pouco abundantes e endêmicas. Em caso de ocorrências de espécies endêmicas, atenção especial deve ser direcionada para os mecanismos que afetam a distribuição e dinâmica populacional destas espécies. As espécies pouco abundantes registradas na Reserva Ducke não têm sua distribuição geográfica restrita às bacias de drenagem estudadas, ocorrendo em outras bacias hidrográficas na Amazônia central brasileira ou em distribuição mais ampla (Reis *et al.*, 2003). A maioria delas é típica de pequenos riachos, e deve ocorrer realmente em baixas densidades nos trechos amostrados, enquanto outras podem utilizar apenas esporadicamente este ambiente (e.g. *Auchenipterichthys punctatus*, *Rhamdia quelen*), gerando baixas abundâncias observadas.

Espécies mais abundantes de peixes, registradas consistentemente em todas as amostragens na Reserva, conferem à comunidade uma elevada estabilidade na estruturação espacial, previsível ao longo de gradientes ambientais de características estruturais dos riachos e físico-químicas da água (Mendonça *et al.*, 2005), e uma forte estruturação temporal ao longo do ano, expressa pela tendência sazonal de mudanças na composição da ictiofauna (Capítulo 1, presente estudo). Estas espécies apresentam uma alta probabilidade de detecção em amostragens rápidas, o que indica que a estrutura da comunidade baseada na distribuição de abundância destas espécies deve ser o foco principal em monitoramentos que utilizem método rápido da ictiofauna em riachos de terra-firme, dentro ou fora de Unidades de Conservação.

## 6. CONCLUSÕES

1. *Existem diferenças quantitativas significativas na composição da ictiofauna nos igarapés da Reserva Ducke entre períodos de seca e chuva*, em contraposição aos estudos que defendem a inexistência de variações sazonais importantes nas comunidades de peixes em ambientes de terra-firme. Essa tendência de mudanças cíclicas e previsíveis na composição da ictiofauna possivelmente foi relacionada principalmente a oscilações de abundância das espécies mais comuns nos igarapés, por meio de migrações laterais para poças temporárias no período chuvoso.

2. *Fatores físico-químicos da água e composição do substrato de fundo dos igarapés apresentaram diferenças significativas entre coletas, mas não afetaram diretamente as comunidades de peixes*. Condutividade elétrica, oxigênio dissolvido e temperatura apresentaram diferenças significativas entre os períodos, com uma forte tendência sazonal. O pH e a concentração de ácidos húmicos foram marginalmente diferentes entre coletas. A composição do substrato mudou muito entre períodos, especialmente devido ao espalhamento dos bancos de folhiços submersos no canal no período chuvoso.

3. *Diferenças de composição da ictiofauna nos riachos da Reserva entre os anos estão associadas principalmente a diferenças de composição de espécies raras*. Um terço das espécies registradas na Reserva aconteceu em apenas uma das quatro amostragens realizadas nos riachos, gerando uma elevada taxa de substituição de espécies raras entre amostras.

Da análise destas conclusões emerge a necessidade de padronização de época do ano para que comparações quantitativas entre estudos sobre estrutura de comunidades de peixes em riachos de terra-firme sejam efetivas, ou que efeitos temporais de mudanças na composição sejam levados em consideração nas comparações entre estudos com amostragens realizadas em diferentes épocas do ano. Além disso, espécies mais abundantes de peixes, que respondem de forma previsível a variações ambientais entre locais e a variações sazonais dentro do ciclo hidrológico, são boas indicadoras de estrutura geral de comunidades de peixes e podem ser utilizadas de forma confiável em monitoramentos rápidos da ictiofauna em riachos de terra-firme.



## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barthem, R. & Goulding, M. 1997. *The catfish connection*. Columbia University Press, New York.
- Bray, J.R. & Curtis, J.T. 1957. An ordination of upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecological Monographs*, 27: 325-349.
- Bührnheim, C.M. & Cox-Fernandes, C. 2001. Low seasonal variation of fish assemblages in Amazonian rain forest streams. *Ichthyological Exploration of Freshwaters*, 12: 65-78.
- Casatti, L. 2005. Fish assemblage structure in a first order stream, southeastern Brazil: longitudinal distribution, seasonality, and microhabitat diversity. *Biota Neotropica*, 5(1): BN02505012005 ([www.biotaneotropica.org.br/v5n1/pt/abstract?article+BN02505012005](http://www.biotaneotropica.org.br/v5n1/pt/abstract?article+BN02505012005)).
- Castro, R.M.C. & Casatti, L. 1997. The fish fauna from a small forest stream of the Upper Paraná River Basin, southeastern Brazil. *Ichthyological Explorations of Freshwaters*. 7 (4): 337-352.
- Castro, R.M.C. 1999. Evolução da ictiofauna de riachos sul-americanos: padrões gerais e possíveis processos causais. pp 139-155. In: Caramaschi, E.P. & Peres-Neto, P.R. (eds). *Ecologia de peixes de riachos*. Série Oecologia Brasiliensis. Vol. VI. PPEG-UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil.
- Clarke, K.R. 1993. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology*. 18:117-143.
- Cox Fernandes, C. 1997. Lateral migration of fishes in Amazon floodplains. *Ecology of Freshwater Fish*. 6:36-44.

- Collinson N.H., Biggs J., Corfield A., Hodson M.J., Walker D., Whitfield M. & Williams P.J. 1995. Temporary and permanent ponds: an assessment of the effect of drying out on the conservation value of aquatic macroinvertebrates. *Biological Conservation*. 74: 125–133.
- Cowell, R.K. 1994. *Statistical estimation of species richness and shared species from samples*. University of Connecticut, USA. Copyright 1994-1997.
- Erös, T. & Grossman, G.D. 2005. Effects of within-patch habitat structure and variation on fish assemblage characteristics in the Bernecei stream, Hungary. *Ecology of Freshwater Fish*. 14: 256-266.
- Esteves, K.E. & Aranha, J.M.R. 1999. Ecologia trófica de peixes de riacho. pp 157-182. In: Caramaschi, E.P. & Peres-Neto, P.R. (eds). *Ecologia de peixes de riachos*. Série Oecologia Brasiliensis, vol. VI. PPEG-UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil.
- Faith, D.P., Minchin, P.R. & Belbin, L. 1987. Compositional dissimilarity as a robust measure of ecological distance. *Vegetatio*. 69: 57-68.
- Fittkau, E.J. 1967. On the ecology of Amazonian rain-forest streams. Atas do Simpósio sobre a Biota Amazônica. 3: 97-108.
- Galacatos, K., Barriga-Salazar, R. & Stewart, D.J. 2004. Seasonal and habitat influences on fish communities within the lower Yasuni River basin of Ecuadorian Amazon. *Environmental Biology of Fishes*. 71: 33-51.
- Gorman, O.T. & Karr, J.R. 1978. Habitat structure and stream fish communities. *Ecology*. 59: 507-515.
- Gotelli, N.J. & R. K. Colwell. 2001. Quantifying biodiversity: Procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology Letters*. 4: 379-391.

- Goulding, M. 1980. *The Fishes and the Forest. Explorations in Amazonian natural history*. Berkeley, CA: University California Press. 288pp.
- Goulding, M., Carvalho, M.L. & Ferreira, E.G. 1988. *Rio Negro: Rich Life in Poor Water*. SPB Academic, The Hague, Netherlands.
- Henderson, P.A. & Walker, I. 1986. On the leaf litter community of the Amazonian black water stream Tarumãzinho. *Journal of Tropical Ecology*. 2: 1-17.
- Junk W.J., Bayley J.B. & Sparks, R.E. 1989. The flood pulse concept in river-floodplain systems. pp. 110-127. In: DODGE, D. P. (Ed.). In: Dodge, D.P. (ed). *Proceedings of the International Large River Symposium*. Ottawa: Canadian Special Publications on Fisheries and Aquaculture Science 106.
- Knöpell, H.A. 1970. Food of Central Amazonian fishes. Contribution on the nutrient ecology of Amazonian rain-forest streams. *Amazoniana*, 2 (3): 257-353.
- Krebs, C.J. 1999. *Ecological Methodology*. Menlo Park: Benjamin/Cummings, 620 pp.
- Lowe-McConnell, R.H. 1999. *Estudos Ecológicos de Comunidades de Peixes Tropicais*. Edusp, São Paulo. 366 p.
- Magurran, A.E. 1988. *Ecological Diversity and Its Measurement*. London: Chapman & Hall.
- Martins, C.S. 2000. *Estrutura da comunidade da ictiofauna em igarapés da bacia do rio Urubu, Amazônia Central, Brasil*. Dissertação de Mestrado. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/ Universidade do Amazonas. 49pp.
- Matthews W.J. 1998. *Patterns in Freshwater Fish Ecology*. Chapman and Hall, New York. 756pp.

- McCune, B. & Grace, J.B. 2002. *Analysis of ecological communities*. MjM Software Design, USA. 300pp.
- McCune, B. & Mefford, M.J. 1999. PC-ORD. *Multivariate analysis of ecological data*. MjM software, USA.
- Mendonça, F.P. de, Magnusson, W.E. & Zuanon, J. 2005. Relationships between habitat characteristics and fish assemblages in small streams of Central Amazonia. *Copeia*. 4: 750-763.
- Meyer, J.L., Strayer, D.L., Wallace J.B., Eggert, S.L., Helfman, G.S. & Leonard, N.E. 2007. The contribution of headwater streams to biodiversity in river networks. *Journal of the American Water Resources Association*, 43 (1). DOI: 10.1111/j.1752-1688.2007.00008.x.
- Miranda, J.C. & Mazzoni, R. 2003. Composição da ictiofauna de três riachos do alto rio Tocantins-GO. *Biota Neotropica*. 3 (1): BN00603012003.
- Mortati, A.F. 2004. *Colonização por peixes no folhicho submerso: implicações das mudanças na cobertura florestal sobre a dinâmica da ictiofauna de igarapés de terra firme, na Amazônia Central*. Dissertação de Mestrado. Manaus: INPA/UFAM. 67p.
- Oberdorff, T., Hugueny, B. & Vigneron, T. 2001. Is assemblage variability related to environmental variability? An answer for riverine fish. *Oikos*. 93: 419-428.
- Pazin, V.F.V, Magnusson, W.E, Zuanon, J. & Mendonça, F.P. 2006. Fish assemblages in temporary ponds adjacent to 'terra-firme' streams in Central Amazonia. *Freshwater Biology*. 51: 1025-1037.
- Petts, G.E. 1994. Rivers: dynamic components of catchment ecosystems. p. 3-22. In: *The River Handbook*, v. 2. P. Calow and G. E. Petts (eds.). Blackwell Scientific, Oxford.

- Poff, N.L. & Allan, J.D. 1995. Functional organization of stream fish assemblages in relation to hydrological variability. *Ecology*. 76: 606-627.
- Poff, N.L. 1997. Landscape filters and species traits: towards mechanistic understanding and prediction in stream ecology. *Journal of the North American Benthological Society*. 16: 391-409.
- Reis, R. E.; Kullander, S. O. & Ferraris, C. J., JR. 2003. *Check list of the freshwater fishes of South and Central America*. Porto Alegre, Edipucrs. 742p.
- Ribeiro, M.G.R. & Adis, J. 1984. Local rainfall variability - a potencial bias for bioecological studies in the Central Amazon. *Acta Amazonica*. 14: 159-174.
- Sabino, J. & Zuanon, J. 1998. A stream fish assemblage in Central Amazônia: distribution, activity patterns and feeding behavior. *Ichthyological Explorations of Freshwaters*. 8 (3): 201-210.
- Schlosser, I.J. 1982. Fish community structure and function along two habitat gradients in a headwater stream. *Ecological Monographs*. 52: 395-414.
- Schwassman, H.O. 1992. Seasonality of reproduction in Amazonian streams. pp. 71-81. In: Hamlett, W. (ed.). *Reproductive biology of South America vertebrates*. Springer, New York.
- Silva, C.P.D. 1995. Assemblage structure of fish in urban and natural streams in the central Amazon. *Amazoniana*. 13: 221-236.
- Vannote, R.L., Minshall, G.W., Cummins, K.W., Sedell, J.R. & Cushing, C.E. 1980. The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 37: 130-137.
- Walker, I. 1995. Amazonian streams and small rivers. pp. 167-193. In: Tundisi, J.G., Bicudo, C.E. M., Matsumura-Tundisi, T. (Eds). *Limnology in Brazil*. Sociedade Brasileira de Limnologia/Academia Brasileira de Ciências.

Wilkinson, L. 1998. *SYSTAT: the system for statistics*. SYSTAT Inc., Evanston, Illinois.

Winemiller, K.O. 1990. Spatial and temporal variation in tropical fish trophic network. *Ecological Monographs*. 60: 331-367.

Winemiller, K.O. & Jepsen, D.B. 1998. Effects of seasonality and fish movement on tropical river food webs. *Journal of Fish Biology*. 53: 267-296.

## APÊNDICES

**APÊNDICE A** - Lista de espécies de peixes dos riachos da Reserva Ducke e coletas em que foram registradas nas amostragens completas realizadas até o momento (continuação).

Espécie	Jun-Ago 2001	Set-Nov 2006	Fev-Mai 2006	Jun-Ago 2006
<i>Acestrorhynchus falcatus</i>	X	X	X	
<i>Aequidens pallidus</i>	X	X	X	X
<i>Ammocriptocharax elegans</i>		X		X
<i>Ancistrus sp.</i>	X	X	X	X
<i>Aphiocharacidium sp.</i>				X
<i>Apistogramma gr. steindachneri</i>	X			
<i>Apistogramma spp.</i>	X	X	X	X
<i>Auchenipterichthys punctatus</i>			X	
<i>Brachyglanis frenata</i>			X	
<i>Bryconops cf. caudomaculatus</i>		X	X	X
<i>Bryconops giacopinii</i>	X	X	X	X
<i>Bryconops inpai</i>	X	X	X	X
<i>Callichthys callichthys</i>	X	X	X	X
<i>Carnegiella strigata</i>	X			X
<i>Characidae sp.</i>				X
<i>Characidium cf. pteroides</i>	X			
<i>Copella nigrofasciata</i>	X	X	X	X
<i>Crenicichla aff. inpa</i>	X			X
<i>Crenicichla inpa</i>	X			
<i>Crenicichla lenticulata</i>	X			
<i>Crenicichla sp.</i>		X	X	X
<i>Crenuchus spilurus</i>	X	X	X	X
<i>Denticetopsis macilentata</i>	X		X	
<i>Eigenmania macrops</i>	X			
<i>Erythrinus erythrinus</i>	X	X	X	X
<i>Farlowella sp.</i>			X	
<i>Gnatocharax steindachneri</i>		X		
<i>Gymnorhamphichthys rondoni</i>	X	X		X
<i>Gymnotus aff. anguillaris</i>		X	X	X
<i>Gymnotus cataniapo</i>	X			
<i>Gymnotus pedanopterus</i>	X			X
<i>Gymnotus sp. n.</i>			X	X
<i>Gymnotus spp.</i>		X		
<i>Gymnotus stenoleucus</i>		X		X
<i>Helogenes marmoratus</i>	X	X	X	X
<i>Hemigrammus cf. pretoensis</i>	X	X	X	X
<i>Hoplias malabaricus</i>	X	X	X	X
<i>Hyphessobrycon cf. agulha</i>	X	X	X	X
<i>Hyphessobrycon melazonatus</i>	X	X	X	X
<i>Hypopygus lepturus</i>	X	X		X

**APÊNDICE A** - Lista de espécies de peixes dos riachos da Reserva Ducke e coletas em que foram registradas nas amostragens completas realizadas até o momento (continuação).



Espécie	Jun-Ago 2001	Set-Nov 2006	Fev-Mai 2006	Jun-Ago 2006
<i>Hypostomus sp</i>	X			
<i>Hypselecara coryphaenoides</i>	X			
<i>Iguanodectes geisleri</i>	X	X	X	X
<i>Imparfinis pristos</i>	X	X	X	X
<i>Ituglanis aff. amazonicus</i>	X	X		X
<i>Mastiglanis asopos</i>				X
<i>Microcharacidium eletriooides</i>	X	X	X	X
<i>Microsternarchus bilineatus</i>	X	X	X	X
<i>Microsternarchus sp</i>	X			
<i>Monocirrhus polyacanthus</i>			X	
<i>Nannostomus marginatus</i>	X	X	X	X
<i>Nemuroglanis sp. n.</i>		X	X	X
<i>Odontocharacidium aphanes</i>		X		
<i>Parotocinclus longirostris</i>		X	X	X
<i>Phenacogaster aff. megalostictus</i>	X			X
<i>Poecilocharax weitzmani</i>	X	X	X	X
<i>Pseudopimelodus sp</i>	X			
<i>Pygidianops sp. n.</i>	X	X	X	X
<i>Pyrrhulina gr. brevis</i>	X	X	X	X
<i>Pyrrhulina gr. laeta</i>	X			
<i>Rhamdia quelen</i>	X			X
<i>Rineloricaria heteroptera</i>	X			
<i>Rineloricaria spp.</i>		X	X	X
<i>Rivulus compressus</i>		X	X	X
<i>Rivulus kirovskyi</i>	X	X	X	X
<i>Satanoperca sp.</i>		X		
<i>Steatogenys duidae</i>	X	X		X
<i>Stegostenopos cryptogenes</i>	X			
<i>Sternopygus macrurus</i>	X			X
<i>Synbranchus sp.</i>	X	X	X	X

**APÊNDICE B** - Fotografias ilustrativas da flutuação de volume dos riachos da Reserva Ducke. A figura (A) mostra um trecho de riacho logo após uma forte chuva e a em (B) o mesmo trecho algumas horas depois.

