

GABRIEL LOURENÇO BREJÃO

**ESTRADAS, ALAGADOS ANTRÓPICOS, PEIXES E A FRAGMENTAÇÃO DE
REDES FLUVIAIS EM UMA PAISAGEM AGRÍCOLA DO NORDESTE DO PARÁ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará, Museu Paraense Emílio Goeldi e EMBRAPA Amazônia Oriental, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Ciências Ambientais.

Área de concentração: Ecossistemas e Uso da Terra

Orientador: Prof. Dr. Pedro Gerhard

**BELÉM
2011**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Biblioteca Geólogo Raimundo Montenegro Garcia de Montalvão

B835e Brejão, Gabriel Lourenço

Estradas, alagados antrópicos, peixes e a fragmentação de redes fluviais em uma paisagem agrícola do Nordeste do Pará / Gabriel Lourenço Brejão; Orientador: Pedro Gerhard - 2011.

97 fl.: il.

Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Museu Paraense Emilio Goeldi e EMBRAPA, Belém, 2011.

1. Peixe – Pará, Nordeste. 2. Ictiofauna. 3. Alagados antrópicos. 4. Grupos tróficos funcionais. I. Gerhard, Pedro *orient.* II. Universidade Federal do Pará III. Título.

CDD 20° ed.: 597.098115

GABRIEL LOURENÇO BREJÃO

**ESTRADAS, ALAGADOS ANTRÓPICOS, PEIXES E A FRAGMENTAÇÃO DE REDES
FLUVIAIS EM UMA PAISAGEM AGRÍCOLA DO NORDESTE DO PARÁ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará, Museu Paraense Emílio Goeldi e EMBRAPA Amazônia Oriental, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Ciências Ambientais.

Área de concentração: Ecossistemas e Uso da Terra

Orientador: Prof.

Data de Aprovação: 18 / 04 / 2011

Banca Examinadora:

Prof.º Pedro Gerhard – Orientador
Dr. em Ecologia de Agroecossistemas
EMBRAPA Amazônia Oriental

Prof.º Jansen Alfredo Sampaio Zuanon
Dr. em Ecologia
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA

Prof.º Ricardo de Oliveira Figueiredo - Orientador
Dr. em Biociências e Biotecnologia (Ciências Ambientais)
EMBRAPA Meio Ambiente

Profs José Ricardo Santos de Souza
Dr. em Astro Geofísica (Meteorologia)
Universidade Federal do Pará – UFPA

Dedico esta dissertação aos meus pais, Maria de Lourdes Lourenço Brejão (*in memoriam*) e Walmir Brejão.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Dr. Pedro Gerhard, que sabendo da minha vontade de trabalhar com a ictiofauna Amazônica, me convidou em meados de 2008 para desenvolver este trabalho sob sua orientação, por ter me acolhido no início da minha estada em Belém e por todos os ensinamentos práticos e teóricos desde o início da minha carreira acadêmica, em maio de 2002, nas estradas empoeiradas da Bacia do Rio Corumbataí, no interior de São Paulo.

Ao grande amigo, Dr. Anderson Ferreira, que assim como Pedro, está presente desde o início deste tortuoso caminho, pelos ensinamentos e momentos de descontração. Acredito que você tenha sido o principal incentivador para o início dos meus trabalhos na Amazônia após proferir sábias palavras “Sapão, o seu lugar não é aqui (ESALQ-USP)...”. E pra variar voltamos a trabalhar juntos, em terras Amazônicas. Só lhe digo uma coisa: Andersão, você é assim...

Assim, após um lapso de 5 anos, se reuniram os remanescentes da famigerada equipe salamandra de pesca elétrica (...não pega fogo!), e formaram a equipe lontra de observações subaquáticas, desbravando os igarapés do Nordeste do Pará. Se não fosse por eles este trabalho não estaria pronto, estiveram presente em todos os instantes dos trabalhos de campo, auxiliando na coleta de dados, e nas discussões sobre a biologia e ecologia das espécies de peixes (até dentro d'água!).

À minha família, que sempre me apoiou em minhas decisões. Pela “bolsa família” dos primeiros meses em Belém, antes da implementação da bolsa FAPESPA, e por esperar esses dois anos passarem.

À minha namorada, Bruna Buch, que foi o meu apoio nos momentos mais difíceis, estando sempre presente, apesar da distância, e me incentivando muito, principalmente nesta reta final.

Aos meus amigos da graduação, especialmente da república R.R.A. Biosfera (minha segunda família), sempre presentes em meus retornos a São Paulo, foram responsáveis pelas “recargas de ânimo” ao longo destes dois anos. Xuleta (José Wagner Ribeiro Jr.), cumprimos nosso objetivo...

À todos que me ajudaram nas atividades de campo (Nai! Obrigado pela ajuda! Desculpe pela “galhada” no seu braço...) e aos motoristas da Embrapa que nos acompanharam, especialmente ao Barbosa.

À Dra. Cristiane de Paula Ferreira, chegou agora em Belém, mas sua ajuda foi fundamental nessa reta final. Desejo boas histórias para poder contar sobre os igarapés da Amazônia Oriental, tenho certeza que serão muitas!

À Embrapa Amazônia Oriental, por oferecer suporte logístico. E aos projetos GestaBacias (Embrapa), coordenado pelo Dr. Steel Vasconcelos; e “Agricultura familiar e qualidade de água no

Nordeste Paraense: Conservação de serviços agro ecossistêmicos em escala de bacia hidrográfica” (CT-Hidro CNPq), coordenado pelo Dr. Pedro Gerhard pelo suporte financeiro através do projeto.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Pará (FAPESPA) pela bolsa de mestrado, apesar dos atrasos...

Aos membros da Banca examinadora Dr. Jansen Zuanon, Dr. Ricardo Figueiredo e Prof. Dr. José Ricardo Santos de Souza, pelas sugestões para melhor apresentação desta dissertação. E especialmente ao Dr. Jansen que, com todo o seu conhecimento sobre a ictiofauna amazônica, identificou o pontuou os detalhes a serem melhorados para as publicações.

Aos meus colegas de mestrado e ao PPGCA.

É o fim de mais um ciclo e hora de seguir em frente. Daqui levo as amizades, a experiência de vivenciar uma cultura nova e de trabalhar com os peixes que sempre sonhei em ter no aquário. Foi uma experiência indescritível.

“A coisa mais bela que podemos experimentar é o mistério. Essa é a fonte de toda a arte e ciências verdadeiras.”

Albert Einstein

RESUMO

Estradas cruzando riachos (ou igarapés) por estruturas mal planejadas podem ocasionar alagamentos em segmentos do canal à montante do cruzamento, transformando este trecho de um ambiente lótico em um lântico. O presente trabalho teve como objetivo estudar a diversidade e a estrutura trófica funcional de comunidades de peixes em alagados de origem antrópica na região nordeste do Pará. Estes alagados são formados pelo cruzamento de estradas sobre a rede fluvial, com maiores ou menores impactos sobre sua conectividade hidrológica, assunto que é largamente ignorado em sistemas lóticos neotropicais. Foram amostrados dezoito trechos de canais em sete igarapés nas bacias dos rios Maracanã e Marapanim, sendo seis deles cruzados por estradas, e um não, como referência. Todos igarapés estão localizados na região nordeste do estado do Pará, sendo cinco nos municípios de Igarapé-Açu e Marapanim, inseridos em uma paisagem agrícola, e dois no município de São Francisco do Pará, inseridos em uma matriz florestal. Dos seis igarapés cruzados por estradas, cinco apresentaram a formação de amplas áreas alagadas. Nestes locais, foram selecionados três trechos do sistema fluvial para amostragem de peixes: um à montante do alagamento, um no próprio alagamento e outro à jusante. No igarapé que não apresentava alagamento, selecionou-se, apenas dois trechos: montante e jusante do cruzamento da estrada sobre o canal. Os ambientes selecionados foram amostrados uma vez, entre junho e novembro de 2010, por técnicas de censo visual, em segmentos de 200 metros de extensão. Foram registradas 73 espécies distribuídas em seis ordens, 26 famílias e 63 gêneros. Characiformes (38,4%) e Siluriformes (31,5%) foram as ordens mais representativas em números de espécies. Characidae, com 15 espécies (20,5%), e Cichlidae, com 10 (13,7%) foram as famílias mais representativas em número de espécies. Estas espécies foram organizadas em 18 grupos tróficos funcionais (GTF), formados de acordo com a tática alimentar observada com maior frequência para cada espécie e sua distribuição espacial observada durante as sessões de mergulho *ad libitum*. Os alagamentos impuseram modificações na estrutura biótica e física dos igarapés. Estes ambientes apresentaram menor número de espécies, maior abundância e menor diversidade de espécies e de GTF em relação aos trechos à jusante e à montante. Os alagamentos apresentaram maior largura, profundidade e temperatura; e menor velocidade e oxigênio dissolvido quando comparados aos trechos de igarapés à montante e à jusante. O uso da abordagem de grupos tróficos funcionais facilitou na inferência de como o processo de fragmentação da rede fluvial interfere na estrutura da assembleia de peixes estudada.

Palavras chave: Peixe - Pará, Nordeste. Ictiofauna. Alagados antrópicos. Grupos tróficos funcionais.

ABSTRACT

Badly planned roads crossing streams can generate small impoundments in channel segments upstream these crossings, turning lotic environments into lentic ones. The aim of this work was to study the diversity and functional structure of fish communities in anthropic impoundments in northeastern Pará state. These impoundments are formed due to roads construction on the riverine network, with large or small impacts on the hydrological connectivity, subject that is largely ignored for Neotropical lotic systems. Eighteen reaches were sampled in seven streams: six crossed by roads, and one not crossed by roads, used as a reference. Five streams are located in the cities of Igarapé-Açu and Marapanim in an agricultural landscape, and two in the city of São Francisco do Pará in a forest matrix. Five of six streams crossed by roads showed the formation of large impounded areas. In these locations three reaches were selected to sample fish: one upstream, one inside, and another one downstream the impoundment. In the not impounded stream only two reaches, upstream and downstream the road crossing the channel, were selected. The selected environments were sampled once between June and November, 2010, using visual census techniques (*ad libitum* and linear transect) in 200 m extension reaches. Seventy three species distributed in six orders, 26 families and 63 genera were registered. Characiformes (38.4%) and Siluriformes (31.5%) were the most representative orders in species number. Characidae, with 15 species (20.5%), e Cichlidae, with 10 (13.7%), were the most representative families in species number. These species were organized in 18 functional trophic groups (FTG) formed according to the most frequency observed feeding tactics to and its observed spatial distribution during the diving sessions. The impoundments enforced modifications in the streams biotic (assemblage taxonomic and functional structure) and physical structure of the streams. These environments showed lower species richness, higher abundance and lower FTG diversity in relation to the upstream and downstream reaches. The impoundments showed larger width, depth and high temperature besides less average speed and dissolved oxygen when compared to the upstream and downstream reaches. The use of functional trophic groups approach allowed to understand how the riverine network fragmentation process interfere in the studied fish assemblage structure.

Key words: Fish - Pará, Northeastern. Ichthyofauna. Anthropic impoundments. Functional trophic groups

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<p>Figura 1. Localização dos 18 trechos de igarapés amostrados (detalhe ampliado) na região nordeste do Estado do Pará. Os códigos para as localidades encontram-se na tabela 1. A malha viária representada no mapa relaciona-se apenas às estradas principais.....</p>	23
<p>Figura 2. Proporção de espécies por família nos sete igarapés estudados no nordeste paraense.....</p>	35
<p>Figura 3. Número de espécies por grupo trófico funcional. Colcan: Coletores de Canal; Colmar: Coletores de margem; Col-Pas: Coletores-Pastadores; Colsup: Coletores de superfície; Predem: Predadores de emboscada; Predpe: Predadores de perseguição; Comsed: Comedores de sedimento; Mordis: Mordiscadores; Podado: Podadores; Predse: Predadores de senta-e-espera; Pastad: Pastadores; Revolv: Revolvedores; Escava: Escavadores; Col-Pod: Coletores-Podadores; Apainv: Apanhadores de invertebrados; ColCN: Coletores crepusculares-noturnos; PredCN: Predadores de fundo crepusculares-noturnos; Parasi: Parasitas.....</p>	47
<p>Figura 4. Composição por famílias das assembleias estudadas por grupo de localidades.....</p>	53
<p>Figura 5. Composição por grupos tróficos funcionais das assembleias estudadas por grupo de localidades. Colcan: Coletores de Canal; Colmar: Coletores de margem; Col-Pas: Coletores-Pastadores; Colsup: Coletores de superfície; Predem: Predadores de emboscada; Predpe: Predadores de perseguição; Comsed: Comedores de sedimento; Mordis: Mordiscadores; Podado: Podadores; Predse: Predadores de senta-e-espera; Pastad: Pastadores; Revolv: Revolvedores; Escava: Escavadores; Col-Pod: Coletores-Podadores; Apainv: Apanhadores de invertebrados; ColCN: Coletores crepusculares-noturnos; PredCN: Predadores de fundo crepusculares-noturnos; Parasi: Parasitas.....</p>	56
<p>Figura 6. Comparação entre as métricas de diversidade das espécies (a) e dos grupos tróficos funcionais (b) encontradas para os quatro grupos de localidades.....</p>	59
<p>Figura 7. Projeção dos dois primeiros eixos gerados pela Análise de Correspondência Canônica, a partir da densidade de cada espécie. P: Profundidade média; H': Diversidade de substrato (Shanon-Wiener); Trans: Transparência da água; AR: % de areia; LG: % de liteira grossa; MA: % de macrófitas; MOFP: % de matéria orgânica finamente particulada; e TR: % de tronco.....</p>	66
<p>Figura 8. Projeção dos dois primeiros eixos gerados pela Análise de Correspondência Canônica, a partir da densidade de cada Grupo Trófico Funcional. P: Profundidade média; H': Diversidade de substrato (Shanon-Wiener); Trans: Transparência da água; AR: % de areia; LG: % de liteira grossa; MA: % de macrófitas; MOFP: % de matéria orgânica finamente particulada; e TR: % de tronco; Colcan: Coletores de Canal; Colmar: Coletores de margem; Col-Pas: Coletores-Pastadores; Colsup: Coletores de superfície; Predem: Predadores de emboscada; Predpe: Predadores de perseguição; Comsed: Comedores de sedimento; Mordis: Mordiscadores; Podado: Podadores; Predse: Predadores de senta-e-espera; Pastad: Pastadores; Revolv: Revolvedores; Escava: Escavadores; Col-Pod: Coletores-Podadores; Apainv: Apanhadores de invertebrados; ColCN: Coletores crepusculares-noturnos; PredCN: Predadores de fundo crepusculares-noturnos; Parasi: Parasitas.....</p>	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Localidades amostradas durante o estudo. Coordenadas projetadas no sistema UTM, datum WGS, fuso 23 Sul.....	25
Tabela 2. Descrição das escalas espaciais e parâmetros mensurados em cada escala.....	27
Tabela 3. Tempo de observações subaquáticas, discriminadas por método e por período	29
Tabela 4. Táticas alimentares utilizadas na descrição dos grupos tróficos funcionais.....	31
Tabela 5. Grupos tróficos funcionais utilizados ao longo deste trabalho.....	32
Tabela 6. Número de táticas alimentares e quantidade grupos tróficos funcionais observadas e suas respectivas proporções (%) dentro de cada ordem.....	48
Tabela 7. Número de táticas alimentares e quantidade grupos tróficos funcionais observadas e suas respectivas proporções (%) dentro de cada família.....	49
Tabela 8. Valores dos parâmetros ambientais medidos nos 18 trechos amostrados no nordeste paraense.....	51
Tabela 9. Composição percentual do substrato das 18 localidades estudadas.....	52
Tabela 10. Descritores da estrutura da ictiofauna: número de espécies (riqueza), abundância, índices de dominância (D), de diversidade de Shannon-Wiener (H') e de uniformidade de Pielou (e), para os 18 trechos amostrados.....	54
Tabela 11. Descritores da estrutura de grupos tróficos funcionais: número de grupos tróficos funcionais (riqueza), abundância, índices de dominância (D), de diversidade de Shannon-Wiener (H') e de uniformidade de Pielou (e), para os 18 trechos amostrados....	54
Tabela 12. Ranqueamento em ordem decrescente das dez espécies mais importantes em termos de abundância em cada um dos 4 grupos de localidades.....	57
Tabela 13. Matriz de correlação de Spearman,. Em negrito estão destacadas as correlações positivas com valores maiores ou iguais a 0,5.....	63
Tabela 14. Sumário da Análise de Correlação Canônica relacionando grupos tróficos funcionais e os descritores ambientais dos trechos estudados.....	64
Tabela 15. Códigos de espécies utilizados na Análise de Correspondência Canônica.....	65
Tabela 16. Sumário da Análise de Correlação Canônica relacionando grupos tróficos funcionais e os descritores ambientais dos trechos estudados.....	67
Tabela 17. Comparação da classificação entre os grupos tróficos funcionais propostos por este estudo e outros três trabalhos similares.....	73

Sumário

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 INTRODUÇÃO GERAL.....	13
1.2 CARACTERIZAÇÃO FUNCIONAL DE UMA ASSEMBLEIA DE PEIXES EM IGARAPÉS DA AMAZÔNIA ORIENTAL.....	16
1.3 EFEITOS DA FRAGMENTAÇÃO FLUVIAL EM UMA ASSEMBLEIA DE PEIXES EM IGARAPÉS DO NORDESTE DO ESTADO DO PARÁ.....	17
2 OBJETIVOS	20
2.1 OBJETIVO GERAL.....	20
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
3 MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1 ÁREA DE ESTUDO.....	21
3.2 SELEÇÃO DOS IGARAPÉS.....	23
3.2.1 Tamanho do trecho amostral.....	25
3.3 CARACTERIZAÇÃO DOS LOCAIS DE AMOSTRAGEM.....	26
3.4 COLETA DE DADOS.....	27
3.4.1 Caracterização funcional de uma assembleia de peixes em igarapés do Nordeste do Pará.....	27
3.4.2 Efeitos da fragmentação fluvial em uma assembleia de peixes em igarapés do nordeste do Estado do Pará.....	28
3.5 ESTRUTURA TRÓFICA.....	29
3.6 ANÁLISE DOS DADOS.....	30
4 RESULTADOS	34
4.1 CARACTERIZAÇÃO FUNCIONAL DE UMA ASSEMBLEIA DE PEIXES EM IGARAPÉS DA AMAZÔNIA ORIENTAL.....	34
4.1.1 Composição da ictiofauna.....	34
4.1.2 Caracterização dos Grupos Tróficos Funcionais (GTF).....	38
4.2 EFEITOS DA FRAGMENTAÇÃO FLUVIAL EM UMA ASSEMBLEIA DE PEIXES EM IGARAPÉS DO NORDESTE DO ESTADO DO PARÁ.....	49
4.2.1 Estrutura dos igarapés.....	49
4.2.2 Estrutura da Ictiofauna.....	52
4.2.3 A ictiofauna e a fragmentação fluvial.....	54
4.2.4 Relação entre os descritores abióticos e a ictiofauna.....	61
4.2.5 Influência dos descritores abióticos nos grupos tróficos funcionais.....	66
5 DISCUSSÃO	68
5.1 CARACTERIZAÇÃO FUNCIONAL DE UMA ASSEMBLEIA DE PEIXES EM IGARAPÉS DA AMAZÔNIA ORIENTAL.....	68
5.2 EFEITOS DA FRAGMENTAÇÃO FLUVIAL EM UMA ASSEMBLEIA DE PEIXES EM IGARAPÉS DO NORDESTE DO ESTADO DO PARÁ.....	74
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	78
REFERÊNCIAS	81
APÊNDICES	90

1. INTRODUÇÃO

1.1. INTRODUÇÃO GERAL

Os riachos, regionalmente conhecidos na Amazônia como igarapés, e rios são caracterizados por sua disposição linear na paisagem e fluxo unidirecional. A conformação alongada e baixa largura dos seus canais implica em uma ligação íntima com o ambiente terrestre do entorno (TOWNSEND; BEGON; HARPER, 2006). Devido a estas condições particulares, os ecossistemas de água doce tendem a refletir o acúmulo de impactos relativos às alterações da paisagem, pois os riachos e rios conectam e concentram os efeitos das atividades de uso do solo no seu entorno (HYNES, 1975; WEAR; TURNER; NAIMAN, 1998).

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), o que contribui significativamente para a diversidade regional. As comunidades de peixes de riachos da região Neotropical apresentam fauna de pequeno porte e, em geral, dependentes da vegetação ripária para a alimentação, abrigo e reprodução (HENDERSON; WALKER, 1986; LOWE-MCCONNELL, 1987; AGOSTINHO; JÚLIO JR, 1999). A combinação destes fatores foi, supostamente, responsável pela alta taxa de especiação alopátrica destes organismos, fazendo dos pequenos riachos ambientes com alto grau de endemismo (CASTRO, 1999).

As características físicas e químicas do ambiente lótico são reconhecidas como fatores importantes na distribuição e organização das espécies de peixes dentro da comunidade (ABES; AGOSTINHO, 2001). Na maior parte das escalas espaciais relevantes aos organismos dos sistemas lóticos, estes habitats podem ser compreendidos como paisagens compostas por um mosaico de manchas interconectadas. Esse complexo de unidades e subunidades de habitat diferem em características estruturais e funcionais de aspectos físicos e químicos relevantes aos organismos, que compõem características determinantes na distribuição destas espécies (RINCÓN, 1999). Em áreas perturbadas por ações antrópicas espécies que apresentam áreas de distribuição longitudinal restritas apresentam maior probabilidade de extinção local (LOWE, 2002).

Conhecer a distribuição espacial das espécies de peixes em um corpo d'água é importante, pois revela como os diferentes habitats são explorados por elas, auxiliando a compreensão do uso e eventual partilha de recursos no ambiente. A identificação de padrões de distribuição e abundância de recursos tróficos e predadores ao longo dos riachos pode responder certas questões, como: qual a relação entre a diversidade de habitats, diversidade de espécies e disponibilidade de recursos? Ou: de que modo os peixes pertencentes a diferentes guildas tróficas respondem a mudanças na distribuição do recurso alimentar (ESTEVES; ARANHA, 1999)? Estudos anteriores revelaram a existência de uma preferência de certas espécies por áreas abrigadas na região marginal, com vegetação abundante e rica em larvas de insetos, algas e pequenos crustáceos, enquanto outras procuram substratos rochosos ou mesmo a liteira acumulada no fundo, onde capturam organismos bentônicos (UIEDA, 1984). Isto demonstra que ocorre uma distribuição diferenciada de espécies ao longo de perfis transversais é frequente e importante para a manutenção da estrutura, e responsável por gerar complexidade e estabilidade à comunidade.

A dieta dos peixes representa uma integração entre preferências alimentares, disponibilidade e acessibilidade do alimento (ANGERMEIER; KARR, 1983) e pode variar de acordo com a localidade, a época do ano, o crescimento ou idade do peixe, a abundância dos itens alimentares, a atividade do peixe, a presença de outras espécies e mudanças no habitat (LOWE-MCCONNELL, 1987). A análise da dieta e da utilização de habitats proporcionam uma ótima visualização do funcionamento das comunidades de peixes, abrangendo tanto as dimensões tróficas quanto as espaciais na partilha de recursos (FOGAÇA; ARANHA; ESPER, 2003). Estas são informações importantes para determinar os grupos tróficos funcionais da comunidade de peixes. Os grupos tróficos descrevem **o que** os peixes comem e, a partir desta informação e da morfologia da espécie, pode-se inferir **onde** (e.g. coluna d'água, fundo) o peixe se alimenta; já os grupos tróficos funcionais também consideram **como** o peixe obtém o seu alimento (MATTHEWS, 1998).

A fragmentação de habitats, de forma geral, é o processo pelo qual um habitat, uma categoria de cobertura do solo ou um ecossistema é dividido em parcelas, originando fragmentos isolados por redução de sua área original e/ou pela redução da conectividade entre estes fragmentos (NOSS; CSUTI; GROOM, 2006). Em sistemas fluviais, obstáculos naturais ou de origem antrópica fragmentam a rede, reduzindo sua conectividade hidrológica. A conectividade hidrológica pode ser definida como a magnitude da capacidade do sistema transferir matéria, energia e/ou organismos, mediada pela água e ao longo da rede de canais

fluviais (PRINGLE, 2003). A fragmentação do ambiente lótico pode se originar por características do próprio ambiente (saltos e cachoeiras, canais subterrâneos ou intermitentes, sequências de diferentes habitats, como poços e corredeiras). A fragmentação também pode ter de origem antrópica, quando se relaciona a eventos pontuais (barragens, cruzamentos de estradas) ou não pontuais (poluição, canalização), causando efeitos de dimensões diversas no sistema lótico.

De acordo com o conceito de descontinuidade seriada (WARD; STANFORD, 1983), os represamentos são agentes que provocam distúrbios espaciais, interferindo longitudinalmente, lateralmente e verticalmente no *continuum* fluvial (STANFORD; WARD, 2001). O represamento de pequenos cursos d'água pode interferir diretamente na dinâmica da comunidade ictíica associada, pois promove um aumento na área do canal e no volume de água disponível, interferindo principalmente na velocidade da corrente, na concentração de oxigênio dissolvido e na vazão destes sistemas, favorecendo, assim, uma possível dominância de algumas espécies de peixes de hábitos nectônicos.

As estradas criam perturbações com consequências que se estendem além do seu tempo e local de construção. Ao menos oito características do ambiente são alteradas pela construção de estradas: densidade do solo, temperatura, quantidade de água no solo, luminosidade, poeira, fluxo de água superficial, padrão de escoamento e assoreamento (TROMBULAK; FRISSELL, 2000). Em uma rede hidrográfica, as estradas resultam em uma fragmentação ecológica do ambiente aquático, ocasionando em perda de habitats e homogeneização do sistema lótico.

O uso de técnicas de estudo comportamentais aliado à biologia da conservação tem atualmente recebido muita atenção, sendo comum encontrar publicações sobre a importância dos estudos de comportamento para a conservação de espécies biológicas (CLEMMONS; BUCHHOLZS, 1997; CARO, 1998; SUTHERLAND, 1998). Aspectos sobre a autoecologia das espécies podem auxiliar a compreensão de questões científicas e ecológicas aprofundadas, e as observações subaquáticas podem auxiliar no conhecimento sobre a ictiofauna e servir de base para outras linhas de investigação (e.g., ecologia de comunidades, ecomorfologia, ecofisiologia e conservação) (SABINO, 1999).

Este estudo foi desenvolvido na região nordeste do estado do Pará, uma das áreas de ocupação mais antigas da Amazônia, com predomínio de propriedades agrícolas de pequeno porte e de bases produtivas de caráter familiar. Notadamente, a área é cortada por uma densa malha de estradas, além de “travessas”, passagens e caminhos construídos em momentos

distintos e utilizando-se de tecnologias muito variadas. Esta malha apresenta, portanto, muitos elementos capazes de fragmentar a também densa rede de canais fluviais da região. Observa-se, frequentemente, que os cruzamentos dos elementos da malha viária com a rede fluvial ocasionam alagamentos a montante desses locais. Esses alagamentos podem ocorrer pelo simples bloqueio do canal pela estrada ou pela instalação de manilhas de concreto que, em muitos casos, são posicionadas de forma inadequada (mais altas do que deveriam em relação ao nível médio do canal), ou restringindo a vazão do igarapé ao diâmetro da manilha, o que acaba elevando o nível médio do canal a montante da estrada. Apesar dos impactos gerados ao ecossistema aquático, esses alagamentos fazem parte do cotidiano das comunidades de agricultores locais, sendo utilizados como áreas de recreação, fonte de água para consumo doméstico, local para lavar roupa e louça, higiene pessoal e pescar.

Considerando que esse padrão de ocupação tende a se expandir na Amazônia brasileira, tornando-se necessárias avaliações das consequências ambientais dessa ocupação, e aliado ao fato de que pouco se conhece sobre a resposta da fauna de peixes à fragmentação fluvial na região Neotropical, este estudo foi delineado com o objetivo de verificar o impacto dos alagamentos de igarapés causados por estradas sobre a diversidade e a estrutura funcional de comunidades de peixes. Espera-se que o este estudo possa identificar o impacto desses cruzamentos e indicar as melhores opções para a construção de estruturas para a travessia de canais fluviais, de maneira a garantir a máxima integridade do ecossistema aquático, incluindo o seu entorno.

1.2. CARACTERIZAÇÃO FUNCIONAL DE UMA ASSEMBLEIA DE PEIXES EM IGARAPÉS DA AMAZÔNIA ORIENTAL

Os fatores estruturais e determinantes para a composição das assembleias biológicas são diversos, incluindo condições e variações ambientais locais e características intrínsecas das espécies, entre outros. Entretanto, não há um consenso sobre a importância relativa de cada um destes fatores na composição das assembleias (HÉRAULT, 2007). Espécies com morfologia, modo de vida e autoecologia similares podem coexistir nos ambientes aquáticos (FRISSELL; LONZARICH, 1996) e dependem da disponibilidade de recursos e de processos ecológicos para sobreviver nestes ambientes (PERES-NETO, 1999).

O conjunto de espécies que subsistem de um mesmo conjunto de recursos é definido como guilda (ROOT, 1967). Desta forma, guildas podem ser definidas de modo independente do conjunto de espécies que a compõe, mas a partir da função em comum que estas desempenham no ambiente, viabilizando comparações da organização funcional de diferentes

comunidades. As guildas tróficas são formadas por grupos de espécies, com papéis e dimensões de nichos comparáveis dentro de uma comunidade (ODUM, 1986).

Os grupos tróficos, definidos pela dieta, descrevem **o que** os peixes comem e, a partir desta informação e da morfologia da espécie pode-se inferir **onde** (*e.g.* coluna d'água, fundo) o peixe se alimenta (MATTHEWS, 1998). Os grupos tróficos funcionais em geral consideram **como** o peixe obtém o seu alimento. Matthews (*op. cit.*) considera dois pontos importantes sobre este fato: (1) saber “como” os peixes se alimentam está relacionado às diferenças nas habilidades das espécies na utilização de itens alimentares similares; (2) a maneira que os peixes se alimentam pode ocasionar alterações no ambiente (*e.g.* escavadores ressuspendem a matéria orgânica bentônica, detritos e nutrientes, ou expõem presas para outras espécies).

O comportamento de peixes é determinado pela necessidade de encontrar alimento, se acasalar e evitar predadores (PARRISH, 1995). A aquisição de alimento pelos peixes em geral envolve: (1) forrageamento (procura, detecção e aproximação do item alimentar) e (2) alimentação (captura e ingestão do item alimentar) (KEENLEYSIDE, 1979). O conjunto de mecanismos comportamentais utilizados para a obtenção de alimento por uma espécie é definido como tática alimentar (ALCOCK, 1993).

O uso de técnicas de mergulho ainda é pouco utilizado como método de amostragem de comunidades de peixes de água doce, onde são utilizadas principalmente em estudos de comportamento, ou como ferramenta para sustentar discussões sobre o uso do habitat (UIEDA, 1984; SAZIMA, 1986; SABINO; CASTRO, 1990; BUCK; SAZIMA, 1995; SABINO; ZUANON, 1998; CASATTI, LANGEANI; CASTRO, 2001) gerando informações de extrema relevância para o conhecimento da história natural dos peixes de riachos. Esta é uma técnica que causa baixo impacto no ambiente estudado, além de ser pouco seletiva, assim como é a pesca elétrica (SABINO; ZUANON, 1998). Mas porque restringir o uso da técnica a estudos naturalísticos e não ampliar este uso para estudos que buscam entender os padrões e processos ecológicos relacionados ao funcionamento e estruturação das comunidades estudadas, associando informações qualitativas com amostragens quantitativas padronizadas?

1.3. EFEITOS DA FRAGMENTAÇÃO FLUVIAL EM UMA ASSEMBLEIA DE PEIXES EM IGARAPÉS DO NORDESTE DO ESTADO DO PARÁ

A fragmentação de habitats, de forma geral, é o processo pelo qual um habitat, uma categoria de cobertura do solo ou um ecossistema é dividido em parcelas, originando fragmentos isolados por redução de sua área original e/ou pela redução da conectividade entre

estes fragmentos (NOSS; CSUTI; GROOM, 2006). Como visto anteriormente, em ambientes aquáticos, a conectividade hidrológica é definida como a capacidade do sistema transferir matéria, energia e/ou organismos, mediada pela água e ao longo da rede de canais fluviais (PRINGLE, 2003). Desta forma, obstáculos naturais ou de origem antrópica nos sistemas fluviais fragmentam a rede hidrográfica, reduzindo sua conectividade hidrológica. Barreiras antropogênicas reduzem claramente a conectividade de riachos, interferindo na abundância e estrutura espacial das populações (SHEER; STEEL, 2006).

O represamento dos ambientes lóticos altera profundamente a estrutura das comunidades aquáticas, por promover mudanças na dinâmica da água, na quantidade e qualidade de habitats e nos processos de produção primária (AGOSTINHO; GOMES; PELICICE, 2007). Em nível de ecossistemas, os impactos ocasionados pelos represamentos podem ser categorizados em (1) **impactos de primeira ordem**, que envolvem as consequências físicas, químicas e geomorfológicas decorrentes do bloqueio do rio e na distribuição espaço-temporal na vazão; (2) **impactos de segunda ordem**, relacionados às mudanças na produtividade primária e estrutura do canal, compreendendo o trecho represado, e principalmente, o segmento à jusante do barramento; (3) **impactos de terceira ordem**, que incluem as modificações nas assembleias de invertebrados e peixes decorrentes dos impactos de primeira e segunda ordem (WCD, 2000).

Estudos sobre o efeito da fragmentação fluvial em geral tratam os efeitos causados pelo barramento de grandes rios, avaliando os efeitos da fragmentação e sua relação com a alteração da estrutura da assembleia de peixes (FALKE; GIDO, 2006; AGOSTINHO; PELICICE; GOMES, 2008; PENCZAK et al., 2009), com alterações nas dinâmicas populacionais (ESGUÍCERO, ARCIFA, 2010) e aspectos referentes à biologia das espécies (CASSEMIRO; HAHN, FUGI, 2002; FERREIRA, HAHN, DELARIVA, 2002), em escala temporal, comparando as situações pré e pós-barramento.

Até o momento, não existem referências publicadas os efeitos da fragmentação fluvial sobre a estrutura da ictiofauna em riachos cruzados por estradas na Amazônia. Os efeitos da construção de uma estrada apresentam consequências que se estendem além do seu tempo e local de construção (TROMBULAK; FRISSELL, 2000). Em uma rede hidrográfica, as estradas resultam na fragmentação ecológica do ambiente aquático, ocasionando na perda de habitats do sistema lótico (corredeiras e *runs*). No nordeste paraense observa-se, de forma frequente, que os cruzamentos dos elementos da malha viária com a rede fluvial formam alagamentos à montante destes pontos. Esses alagamentos podem ocorrer pelo simples

bloqueio do canal pela estrada, ou pela instalação de manilhas de concreto que, em muitos casos, são posicionados de forma inadequada (mais altas do que deveriam ser em relação ao nível médio do canal), ou restringindo a vazão do igarapé pelo diâmetro do tubo, o que acaba elevando o nível médio do canal a montante da estrada. A jusante ocorre o aumento da sedimentação, ocasionado principalmente pelo carreamento de sedimentos pelas chuvas e, em muitos casos, pela ação direta da água das manilhas que ligam o alagamento a jusante, que escavam talude da estrada, e esse sedimento é depositado igarapé abaixo.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Verificar o impacto dos alagamentos de igarapés causados por estradas sobre a diversidade e a estrutura funcional de comunidades de peixes.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar a composição de uma assembleia de peixes em igarapés da região nordeste do Estado do Pará e propor uma organização da comunidade em grupos tróficos funcionais.

Avaliar se os alagamentos antrópicos, oriundos do represamento de igarapés por estradas, atuam como agentes estressores das comunidades de peixes alterando significativamente a sua estrutura e diversidade funcional.

3. MATERIAL E MÉTODOS

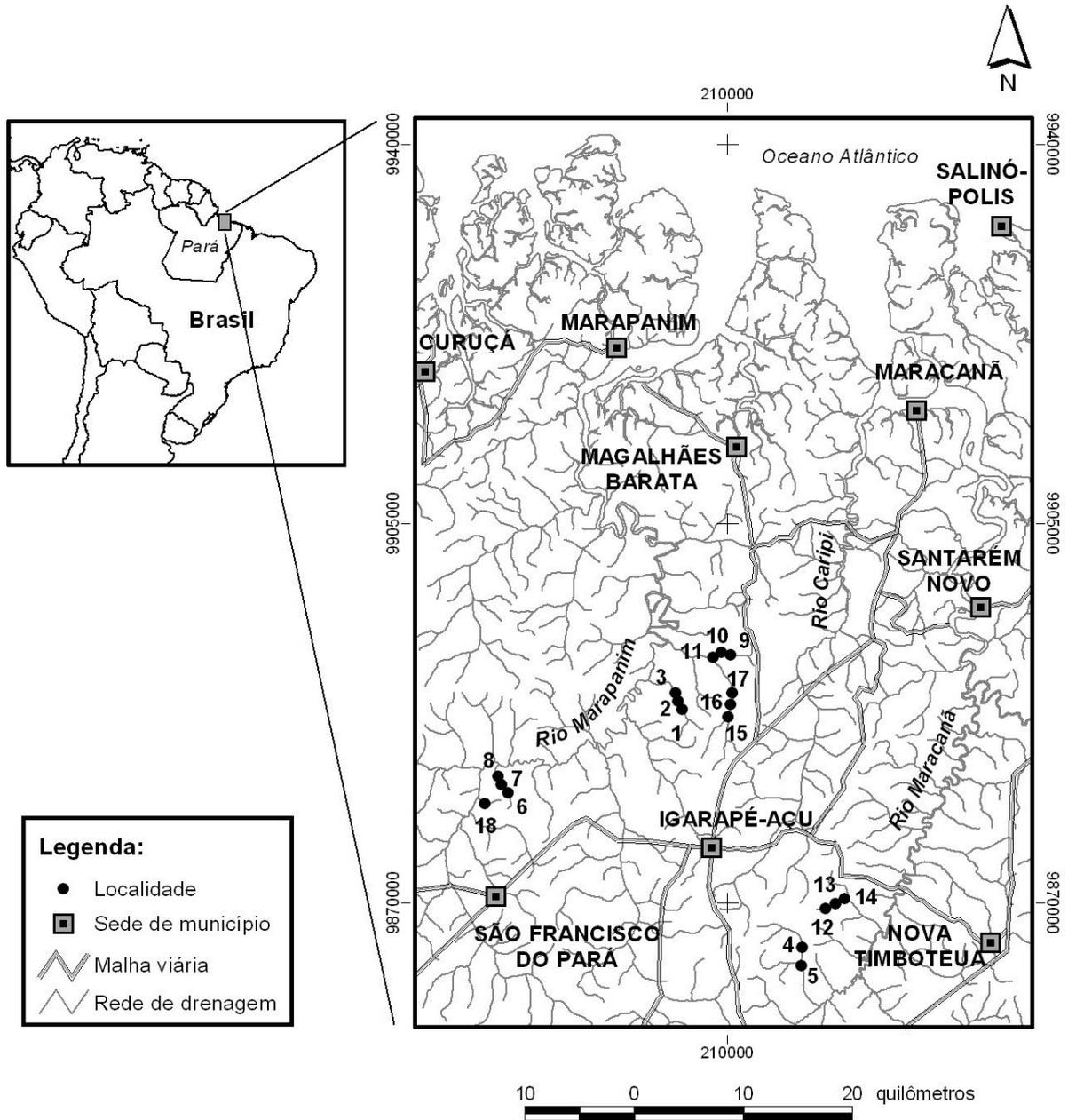
3.1. ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado na região nordeste do Estado do Pará, uma das áreas de ocupação mais antigas da Amazônia, com predomínio de propriedades agrícolas de pequeno porte, com bases produtivas de caráter familiar. Como consequência dessa antiga ocupação, a vegetação original foi praticamente toda removida, restando poucos fragmentos de floresta degradada e secundária (WATRIN; GERHARD; MACIEL, 2009).

A vegetação dominante no passado era Floresta Ombrófila Densa Aluvial e de Terras Baixas, atualmente convertida em campos cultivados e vegetação secundária (IBGE, 2004). O tipo de solo predominante é o Latossolo Amarelo, de textura média, pH em torno de 4,5, formado em depósitos terciários da Formação Barreiras (VIEIRA et al., 2003). O clima da região é tropical úmido, do tipo *Ami* de acordo com o sistema de Köppen (PACHECO; BASTOS, 2005). A pluviosidade anual varia em torno de 2.000 a 2.800 mm, entretanto, os totais mensais de chuvas não se distribuem homogeneamente durante o ano, ocorrendo totais de chuva mais elevados entre março e abril e os menores totais entre setembro e outubro. O ambiente térmico é caracterizado por apresentar média anual da temperatura máxima de 32,2°C e médias mensais variando entre 30,9°C (março) e 33,9°C (novembro). A média anual da temperatura mínima situa-se em torno de 21,1°C e as médias mensais oscilam entre 21,0°C e 22,3°C (PACHECO; BASTOS, 2009).

Os trechos de igarapés amostrados estão inseridos nas Bacias dos Rios Maracanã e Marapanim, nos municípios de Igarapé-Açu, Marapanim e São Francisco do Pará (Figura 1).

Figura 1. Localização dos 18 trechos de igarapés amostrados (detalhe ampliado) na região nordeste do Estado do Pará. Os códigos para as localidades encontram-se na tabela 1. A malha viária representada no mapa relaciona-se apenas às estradas principais.



Fonte: Pedro Gerhard

3.2. SELEÇÃO DOS IGARAPÉS

Foram selecionados sete igarapés (Apêndice A), sendo três na Bacia do rio Marapanim (município de Marapanim), dois na bacia do rio Maracanã (município de Igarapé-Açu), que estão inseridos em uma matriz agrícola; e outros dois, também pertencentes à bacia do rio Marapanim (município de São Francisco do Pará), inseridos em uma matriz florestal (Tabela 1). Cinco dos sete igarapés selecionados apresentaram algum nível de formação de alagamento, pelo cruzamento de estradas sobre a rede fluvial. Todos os alagamentos selecionados foram formados em função da construção do cruzamento da estrada sobre o igarapé, isto é, não visavam o armazenamento de água, piscicultura etc.

Na seleção dos locais para estudo, foram levados em consideração alguns fatores, como: área e volume (o alagamento deveria ter extensão e profundidade adequados ao emprego da técnica de censos visuais (pelo menos 400 m² de área e 1 m de profundidade); proximidade de moradias (o alagamento não deveria estar sob influência direta de moradias, isto é, com uma fonte pontual de poluição); vegetação do entorno (o alagamento deveria apresentar presença de cobertura florestal no entorno, e não cultivos ou pastagens); utilização por gado (a área do entorno do alagamento não deveria apresentar indícios de utilização por gado); transparência da água (transparência horizontal de pelo menos 1 m).

Nos igarapés cruzados por estradas com a formação de alagamento, foram amostrados o alagamento e os trechos o mais imediatamente possíveis a montante e a jusante da área represada. No caso em que não ocorreu a formação do alagamento foram amostrados apenas os trechos à montante e à jusante do cruzamento.

Tabela 1. Localidades amostradas durante o estudo. Coordenadas projetadas no sistema UTM, datum WGS, fuso 23 Sul.

#	Igarapé - Trecho	Coordenadas UTM		Bacia hidrográfica	Tipo de cruzamento
		X	Y		
1	Buiuna - Montante	205.398	9.888.140	Marapanim	-
2	Buiuna - Alagado	205.226	9.888.588	Marapanim	Manilha de concreto
3	Buiuna - Jusante	205.218	9.888.790	Marapanim	-
4	Cumaru - Montante	216.588	9.864.556	Maracanã	Ponte de madeira
5	Cumaru - Jusante	216.500	9.864.292	Maracanã	Ponte de madeira
6	Laranjal - Montante	189.448	9.880.418	Marapanim	-
7	Laranjal - Alagado	189.243	9.880.616	Marapanim	Manilha de concreto
8	Laranjal - Jusante	189.087	9.880.970	Marapanim	-
9	Pirapema - Montante	208.941	9.892.954	Marapanim	-
10	Pirapema - Alagado	208.824	9.892.852	Marapanim	Manilha de concreto
11	Pirapema - Jusante	208.706	9.892.742	Marapanim	-
12	São João - Montante	219.662	9.869.752	Maracanã	-
13	São João - Alagado	220.058	9.869.976	Maracanã	Manilha de concreto
14	São João - Jusante	220.266	9.870.014	Maracanã	-
15	Timboteua - Montante	209.907	9.887.348	Marapanim	-
16	Timboteua - Alagado	210.168	9.888.062	Marapanim	Manilha de concreto
17	Timboteua - Jusante	210.192	9.888.248	Marapanim	-
18	Afluente da margem esquerda do Igarapé Laranjal	187.745	9.879.062	Marapanim	Sem cruzamento

3.2.1. Tamanho do trecho amostral

Como forma de se estimar o comprimento de transecto que amostrasse a maior parte (> 95%) das espécies de peixes presentes em cada unidade amostral, foram realizadas sessões preliminares de observação em três localidades (igarapés Buiúna, Pirapema e alagado do igarapé Buiúna) em outubro de 2009.

Nesses locais foram realizados transectos divididos em segmentos de 25 metros, e os dados de riqueza (número de espécies) obtidos para cada segmento foram analisados através do *software* EstimateS 8.2 (COLWELL, 2009), gerando estimativas de riqueza de espécies para o conjunto de segmentos amostrados em cada localidade.

As curvas de suficiência amostral foram ajustadas pela equação de crescimento exponencial:

$$y = a(b - e^{-cx}) \quad (1)$$

onde y indica o número estimado de espécies obtido em um número x de amostras e a , b e c são os coeficientes da equação. Cada unidade de x equivale a um trecho de 25 metros de transecto. Para obter os coeficientes da equação, os dados (pares de valores de x e y) gerados pela análise efetuada com o *software* EstimateS foram analisados com uso do *software* Curve Expert 1.4 (HYAMS, 2009). Após os testes, concluiu-se que para serem amostrados pelo 95% das espécies os trechos amostrais deveriam ter 200 m de extensão (ANJOS; ZUANON, 2007).

3.3. CARACTERIZAÇÃO DOS LOCAIS DE AMOSTRAGEM

A caracterização dos trechos amostrados foi realizada observando-se duas escalas espaciais (Tabela 2). Na escala local, foram empregados métodos padronizados para análise de pequenos canais fluviais como descritos em Fitzpatrick et al. (1998), Gordon et al. (2004) e Hauer e Lamberti (2007). Na escala regional, foram extraídos dados de um Sistema de Informações Geográficas (SIG) contendo diversas categorias de dados espaciais sobre as áreas de interesse, incluindo mapas temáticos derivados de imagens Landsat TM, Alos PRISM e SPOT HRG, e cartas topográficas na escala 1:100.000, entre outros. Esse SIG foi produzido e é mantido pelo Laboratório de Sensoriamento Remoto da Embrapa Amazônia Oriental.

Tabela 2. Descrição das escalas espaciais e parâmetros mensurados em cada escala.

Escala	Descrição	Parâmetros:
Local	Alagados e igarapés	- Oxigênio dissolvido - Profundidade - Substrato - Temperatura da água - Visibilidade - Velocidade - Vazão do igarapé
Regional (Paisagem)	Bacias hidrográficas nas quais se inserem os ambientes estudados.	- Distância aos rios de ordem $n+1$ ¹ - Ordem de Strahler do igarapé (Allan, 1994)

¹ Onde n é a ordem do canal que se está caracterizando.

A largura do canal foi aferida com uma trena dentro do trecho amostral, a cada dez metros, seguindo as marcações da própria guia. A profundidade foi aferida com um metro de carpinteiro. Avaliações sobre o tipo de substrato foram tomados em intervalos regulares ao longo do transecto da largura. Em cada intervalo, onde foi medida também a profundidade, avaliava-se de forma visual e tátil a categoria de substrato que o metro tocava no leito do igarapé. Para esta avaliação, foram utilizadas nove categorias para classificar o substrato: (1) cascalho; (2) areia, (3) argila; (4) tronco (madeiras com diâmetro acima de 10 cm); (5) liteira grossa (composta de folhas e pequenos galhos); (6) liteira fina (folhas finamente fragmentadas); (7) raiz (emaranhado de raízes, provenientes da vegetação marginal); (8) macrófita; e (9) MOFP (matéria orgânica finamente particulada). Para representar a composição do substrato em cada um dos trechos amostrados, calculou-se a ocorrência percentual de cada categoria de substrato, dividindo-se a frequência de ocorrência de cada categoria pelo total de ocorrências, multiplicando-se o valor obtido por 100. Adicionalmente,

foi calculada a diversidade de substrato empregando-se o índice de Shannon-Wiener (v. equação adiante, no tópico 3.6).

A velocidade média da corrente na superfície do trecho foi calculada cronometrando-se o tempo necessário para uma bola de borracha semi-flutuante (ca. 6 cm de diâmetro) percorrer uma determinada distância. Em cada trecho amostral foram selecionados três segmentos (entre 15 e 20 metros) de canal e em cada segmento foram realizados três tomadas de tempo. Para obter a velocidade média da corrente da coluna d'água (e não da superfície), os valores de velocidade obtidos foram corrigidos pela multiplicação de um fator igual a 0,85 (Gordon et al., 2004). A velocidade média da corrente no canal foi considerada como a média da velocidade nos três segmentos, em cada trecho.

Para o cálculo da vazão foi utilizado o método em canal livre. Em uma secção transversal do canal foram tomadas dez medidas de profundidade e velocidade, a intervalos regulares a partir de uma das margens. A área da secção transversal do igarapé foi multiplicada pela média das dez medidas de velocidade para a obtenção do valor de vazão. A velocidade foi tomada a 40% da profundidade da coluna d'água (a partir do leito do igarapé) com um correntômetro marca Global Water, modelo FP111.

Ao longo do trecho amostral, obtiveram-se cinco medidas de oxigênio dissolvido com o auxílio de um oxímetro da marca YSI, modelo 95. Devido a problemas no aparelho durante a última campanha de amostragem, cinco localidades não tiveram os valores de oxigênio dissolvido mensurados. A temperatura da água foi mensurada com um termômetro de máxima e mínima, que ficou submerso do início ao fim das atividades de campo, por um período de aproximadamente 10 horas.

Para a comparar possíveis alterações na estrutura física dos igarapés estudados, os trechos estudados foram agrupados duas situações: (1) igarapés cruzados por estradas com a formação de alagamento – Igarapé Buiuna, Igarapé do Laranjal, Igarapé do São João, Igarapé Pirapema e Igarapé Timboteua; e (2) igarapés que, mesmo quando cruzados por estradas, não formaram alagamento – Igarapé do Cumaru e o Afluente da margem esquerda do Igarapé do Laranjal.

3.4. COLETA DE DADOS

3.4.1. Caracterização funcional de uma assembleia de peixes em igarapés do Nordeste do Pará

A ictiofauna foi amostrada por censo visual, através dos métodos de transecto linear

(SUTHERLAND, 1996) e *ad libitum* (LEHNER, 1999). O método *ad libitum* foi utilizado com a finalidade de caracterizar os grupos tróficos funcionais e o método de transecto linear foi aplicado para gerar informações comparáveis estatisticamente sobre a riqueza das comunidades amostradas.

Entre os meses de Junho e Novembro de 2010 foram realizadas 54 avaliações de transectos e 24 sessões de *ad libitum* em 18 trechos (Tabela 1), em três períodos: 1) diurno (entre 11:00 e 14:00); 2) crepúsculo vespertino (entre 17:00 e 18:30); e 3) noturno (entre 19:00 e 21:00). Ao ser identificado um indivíduo ou grupo de indivíduos em atividade, foram registrados o ambiente utilizado e o tipo de atividade realizada, focando principalmente nos comportamentos de forrageamento e alimentação. As observações nos trechos amostrais foram realizadas no sentido jusante-montante, e durante as observações noturnas foi utilizada iluminação artificial proporcionada por uma lanterna de cabeça Petzl® Duo Led 5. As informações sobre as espécies foram anotadas a lápis, em placas de poliestireno de 15 x 20 cm durante as sessões de mergulho.

Somando-se os dois métodos empregados (transecto e *ad libitum*) foram realizadas 91:51 de observações (Tabela 3).

Tabela 3. Tempo de observações subaquáticas, discriminadas por método e por período.

Método	n (sessões)	Período			Total
		Diurno	Crepúsculo	Noturno	
<i>ad libitum</i>	24	19:30	11:03	15:35	46:08
Transecto	54	14:38	15:13	15:52	45:53
Total		34:08	26:16	31:27	91:51

3.4.2. Efeitos da fragmentação fluvial em uma assembleia de peixes em igarapés do nordeste do Estado do Pará

A ictiofauna dos igarapés foi amostrada por censo visual, através do método de transecto linear (SUTHERLAND, 1996). O método de transecto linear teve como finalidade estimar a riqueza e a abundância das comunidades amostradas. As observações foram realizadas no sentido jusante-montante, e as observações noturnas foram realizadas com o uso de iluminação artificial, proporcionada por uma lanternas de cabeça Petzl® Duo Led 5. As informações sobre as espécies observadas foram anotadas a lápis, em placas de poliestireno de 15 x 20 cm durante as sessões de mergulho.

Entre os meses de Junho e Novembro de 2010 foram realizadas 54 sessões de

transectos e 24 sessões *ad libitum* em 18 localidades (Tabela 1), em três períodos: 1) diurno (entre 11:00 e 14:00); 2) crepúsculo vespertino (entre 17:00 e 18:30); e 3) noturno (entre 19:00 e 21:00). Várias horas antes do censo visual de cada local por transecto, seu traçado foi determinado com uma guia de 200 metros de extensão, marcada com fitas a cada 10 metros, construída com corda de polipropileno de 2,5 mm de diâmetro, posicionada em zigue-zague, abrangendo as margens direita, esquerda e o centro do igarapé. Em três localidades, por outro lado, devido a obstáculos estruturais (profundidade baixa associada a raízes ou excesso de vegetação aquática), não foi possível instalar os 200 metros de guia. Instalou-se, então, 120 metros no alagamento do igarapé São João e 150 metros no alagado e no trecho de canal à jusante alagado do igarapé do Laranjal. Em todos os transectos, o campo visual foi definido com cerca de dois metros de largura: um metro para cada lado da guia do transecto. Os peixes que surgiam no campo visual vindos de jusante eram desconsiderados pois eram considerados como indivíduos já quantificados e/ou indivíduos não quantificados, perturbados com a movimentação do observador. A visibilidade foi estimada no início de cada sessão, observando quantos metros da guia do transecto estavam visíveis.

Nos alagados, os transectos abrangeram os seguintes compartimentos: margens e bancos de macrófitas (zona litorânea), fundo (zona bentônica), e coluna d'água (zona pelágica). Nos igarapés, os transectos foram realizados a partir do centro do canal, procurando abranger, como nos alagados, as margens, a zona bentônica e a coluna d'água.

3.5. ESTRUTURA TRÓFICA

Para a definição dos grupos tróficos funcionais, as espécies foram agrupadas pelas informações obtidas sobre onde e como se alimentam. Para tanto foram utilizadas 15 táticas alimentares (como descritas por KEENLEYSIDE, 1979; SAZIMA, 1986; SABINO; ZUANON, 1998), na Tabela 4.

Tabela 4. Táticas alimentares utilizadas na descrição dos grupos tróficos funcionais.

Táticas alimentares	Referências
<i>Surface picker</i> – Coletor de superfície	Sazima (1986)
<i>Drift feeder</i> – Coletor de itens arrastados pela corrente	"
<i>Roving predator</i> – Predador ativo	"
<i>Stalking predator</i> – Predador de espreita	"
<i>Ambush predators</i> – Predador de emboscada	"
<i>Mud-eater</i> – Comedor de sedimento	"
<i>Diggers</i> - Escavador	"
<i>Browser</i> - Podador	"
<i>Grubber</i> - Revolvedor	"
<i>Nibbler</i> - Mordiscador	"
<i>Sit-and-wait predator</i> – Predador de senta-e-espera	"
<i>Crepuscular to nocturnal predator</i> – Predador crepuscular-noturno	"
<i>Grazer</i> - Pastador	Keenleyside (1979)
<i>Invertebrate picker</i> – Apanhador de invertebrados	Sabino e Zuanon (1998)
<i>Parasite</i> - Parasita	Keenleyside (1979)

3.6. ANÁLISE DOS DADOS

Para efeitos de descrição dos dados obtidos em relação ao efeito de estradas como fragmentadoras das redes fluviais os trechos amostrados foram divididos em quatro grupos:

1. Referência: foram utilizados como referência aqueles igarapés que, mesmo quando cruzados por estradas, não formaram alagamento (Afluente da margem esquerda do Igarapé Laranjal e Igarapé Cumaru)
2. Jusante: todos os trechos localizados a jusante da estrada.
3. Alagado: todos os trechos em alagados, iniciados alguns metros acima das estradas.
4. Montante: todos os trechos situados a montante dos alagados e que já apresentavam características de ambiente lótico.

Os impactos sobre a ictiofauna foram avaliados de acordo com a organização taxonômica (Apêndice C) e de grupos tróficos funcionais (Tabela 5)

Tabela 5. Grupos tróficos funcionais utilizados ao longo deste trabalho.

Grupo Trófico Funcional	Código
Coletores de canal	Colcan
Coletores de margem	Colmar
Coletores-Pastadores	Col-Pas
Coletores de superfície	Colsup
Predadores de emboscada	Predem
Predadores de perseguição	Predpe
Comedor de sedimento	Comsed
Mordiscadores	Mordis
Podadores	Podado
Predadores de senta-e-espera	Predse
Pastadores	Pastad
Revolvedores	Revolv
Escavadores	Escava
Coletores-Podadores	Col-Pod
Apanhadores de invertebrados	Apainv
Coletores crepusculares-noturnos	ColCN
Predadores de fundo crepusculares-noturnos	PredCN
Parasitas	Parasi

Os índices ecológicos utilizados para descrever a estrutura das assembleias de peixes e dos grupos tróficos funcionais foram: Dominância de Simpson (D_r), Diversidade de Shannon-Wiener (H') e Uniformidade de Pielou (e).

O índice de Simpson (eq. 2) pode ser considerado uma medida de dominância, sendo sensível para espécies mais abundantes (MAGURRAN, 2004).

$$D_r = 1 - \sum_{i=1}^n \left(\frac{n_i \times (n_i - 1)}{N \times (N - 1)} \right) \quad (2)$$

onde,

n_i = número de indivíduos de uma determinada espécie;

N = número total de indivíduos.

O índice de Shannon-Wiener (eq. 3) é derivado da teoria da informação e se baseia na abundância proporcional das espécies. Este índice é influenciado pela riqueza de espécies e por espécies raras, assumindo que os indivíduos foram amostrados aleatoriamente de uma população virtualmente infinita (PIELOU, 1975).

$$H' = - \sum_{i=1}^n p_i \times \ln p_i \quad (3)$$

onde,

$p_i = N_i/N$, e é a probabilidade de que um peixe pertença à espécie i ;

N_i = número de peixes da espécie i contido nas amostras;

N = número total de peixes capturados nas amostras;

\ln = logaritmo natural.

O índice de uniformidade (eq. 4), também chamado índice de equabilidade ou igualdade de Pielou (1975), é derivado do índice de Shannon-Wiener e representa o quão uniforme é a distribuição das abundâncias relativas das espécies presentes na amostra.

$$e = \frac{H'}{\log S} \quad (4)$$

onde,

S = número total de espécies

H' = índice de Shannon-Wiener.

Uma análise de correlação de Spearman foi realizada entre as variáveis ambientais medidas nas duas escalas espaciais de trabalho para verificar se estas eram correlacionadas. Após esse procedimento, foi selecionado um conjunto de variáveis que não apresentavam correlações positivas entre si, com objetivo de eliminar a multicolinearidade de variáveis explanatórias nas etapas subsequentes.

Para verificar as relações entre a composição de espécies e a estrutura funcional das assembleias estudadas com as variáveis ambientais, foi empregada a técnica de ordenação de Análise de Correlação Canônica (CCA) (JONGMAN; TER BRAAK; VAN TONGEREN, 1995; MANLY, 2005). Este procedimento foi realizado com o objetivo de detectar padrões de associações entre espécies/GTF e as variáveis ambientais medidas nas assembleias estudadas. Para essa análise foram utilizados os valores de densidade de espécies e grupos tróficos funcionais. Para obter a densidade, dividiu-se o número de indivíduos pertencentes a cada espécie/grupo pela área amostrada em cada um dos 18 trechos amostrados.

Para as análises estatísticas multivariadas foram utilizados os *softwares* Canoco[®] 4.5 (TER BRAAK; ŠMILAUER, 2002) e Statistica[®] 7 (StatSoft Inc., 2005).

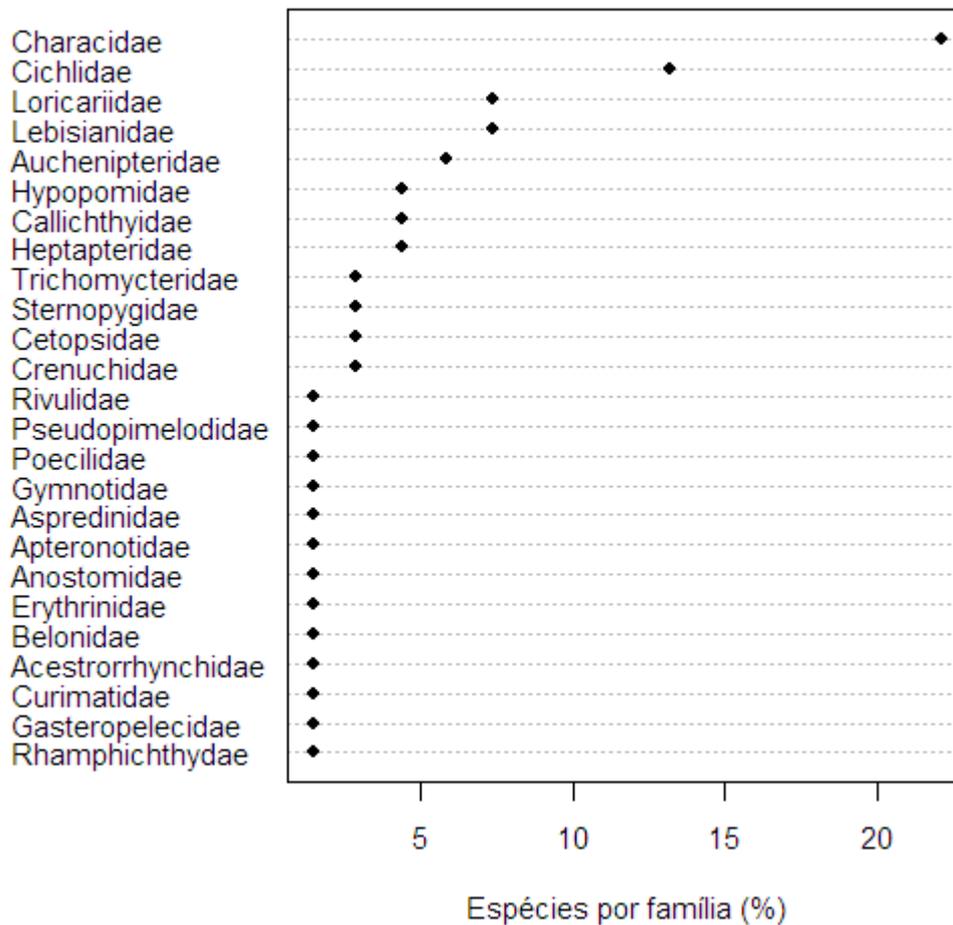
4. RESULTADOS

4.1. CARACTERIZAÇÃO FUNCIONAL DE UMA ASSEMBLEIA DE PEIXES EM IGARAPÉS DA AMAZÔNIA ORIENTAL

4.1.1. Composição da ictiofauna

Foram observadas 73 espécies distribuídas em seis ordens, 26 famílias e 63 gêneros, nos sete igarapés estudados. Characiformes (38,4%) e Siluriformes (31,5%) foram as ordens mais representativas em número de espécies. Characidae, com 15 espécies (20,5%), e Cichlidae, com 10 (13,7%) foram as famílias mais representativas (Figura 2).

Figura 2. Proporção de espécies por família nos sete igarapés estudados no nordeste paraense.



Fonte: Gabriel L. Brejão

A seguir é apresentada a lista de espécies e táxons superiores dos peixes observados durante o presente estudo, com base na classificação sistemática de Buckup et al. (2007). As espécies marcadas com o símbolo * foram observadas somente nas sessões *ad libitum* e não foram quantificadas para as análises *a posteriori*. Os indivíduos coletados para identificação foram encaminhados ao Laboratório de Ecologia Aquática e Agroecossistemas, da Embrapa Amazônia Oriental, e identificados com o auxílio de chaves de identificação (GÉRY, 1977; PLANQUETTE; KEITH; LE BAIL, 1996, KEITH; LE BAIL; PLANQUETE, 2000 a,b; GALVIS et al., 2006, SARMENTO-SOARES; MARTINS-RIBEIRO, 2008).

Ordem Characiformes

Família Curimatidae

Curimatopsis cf. *crypticus* Vari, 1982

Família Anostomidae

Leporinus sp.

Família Crenuchidae

Characidium sp.

Crenuchus spilurus Günther, 1863

Família Gasteropelecidae

Carnegiella strigata (Günther, 1864)

Família Characidae

Astyanax bimaculatus (Linnaeus, 1758)

Bryconamericus cf. *diaphanus* (Cope, 1878)

Bryconops sp.

Charax sp.

Gnathocharax steindachneri Fowler, 1913

Hemigrammus levis Durbin, 1909

Hemigrammus ocellifer (Steindachner, 1882)

Hyphessobrycon heterorhabdus (Ulrey, 1894)

Hyphessobrycon cf. *copelandi* Durbin, 1908

Iguanodectes cf. *rachovii* Regan, 1912

Jupiaba abramoides (Eigenmann, 1909)

Metynnis sp.

Moenkhausia collettii (Steindachner, 1882)

Moenkhausia cf. comma Eigenmann, 1908

Moenkhausia oligolepis (Günther, 1864)

Família Acestrorhynchidae

Acestrorhynchus cf. falcatus (Bloch, 1972)

Família Erythrinidae

Hoplerythrinus unitaeniatus (Agassiz, 1829) *

Hoplias cf. malabaricus (Bloch, 1794)

Família Lebiasinidae

Copella cf. arnoldi (Regan, 1912)

Nannostomus beckfordi Günther, 1872

Nannostomus eques Steindachner, 1876

Nannostomus trifasciatus Steindachner, 1876

Pyrrhulina cf. brevis Steindachner, 1876

Ordem Siluriformes

Família Cetopsidae

Denticetopsis cf. epa Vari, Ferraris & de Pinna, 2005

Helogenes marmoratus Günther, 1863

Família Aspredinidae

Bunocephalus sp.

Família Trichomycteridae

Paravandellia sp.

Trichomycterus hasemani (Eigenmann, 1914)

Família Callichthyidae

Callichthys cf. callichthys (Linnaeus, 1758) *

Corydoras cf. amapaensis Nijssen, 1972

Corydoras sp.

Megalechis thoracata (Valenciennes, 1840)

Família Loricariidae

Ancistrus cf. hoplogenyis (Günther, 1864)

Ancistrus sp

Farlowella sp

Hemiodontichthys acipenserinus (Kner, 1853)

Rineloricaria sp.

Família Pseudopimelodidae

Batrochoglanis cf. *raninus* (Valenciennes, 1840)

Família Heptapteridae

Mastiglanis asopos Bockmann, 1994

Pimelodella sp.

Rhamdia quelen (Quoy & Gaimard, 1824)

Família Doradidae

Acanthodoras cf. *cataphractus* (Linnaeus, 1758) *

Família Auchenipteridae

Parauchenipterus cf. *galeatus* (Linnaeus, 1758)

Tatia gyrina (Eigenmann & Allen, 1942)

Tatia intermedia (Steindachner, 1876)

Tetranematichthys cf. *barthemi* Peixoto & Wosiacki, 2010

Ordem Gymnotiformes

Família Gymnotidae

Gymnotus cf. *coropinae* Hoedeman, 1962

Família Sternopygidae

Eigenmannia cf. *trilineata* López & Castello, 1966

Sternopygus macrurus (Bloch & Steindachner, 1801)

Família Rhamphichthyidae

Gymnorhamphichthys petiti Géry & Vu, 1964

Família Hypopomidae

Brachyhypopomus beebei (Shultz, 1944) *

Hypopygus lepturus Hoedeman, 1962

Microsternarchus sp.

Steatogenys elegans (Steindachner, 1880)

Família Apterontidae

Apterontus cf. *albifrons* (Linnaeus, 1766)

Ordem Cyprinotontiformes

Família Rivulidae

Rivulus sp.

Família Poeciliidae

Micropoecilia branneri (Eigenmann, 1894)

Ordem Beloniformes

Família Belontiidae

Potamorhaphis guianensis (Jardine, 1843)

Ordem Perciformes

Família Cichlidae

Aequidens cf. tetramerus (Heckel, 1840)

Apistogramma sp.

Cichla temensis Humboldt, 1821 *

Crenicara punctulatum (Güenther, 1863)

Crenicichla cf. albopunctata Pellegrin, 1904

Crenicichla cf. johanna Heckel, 1840

Heros sp.

Krobia sp.

Mesonauta sp.

Satanoperca jurupari (Heckel, 1840)

4.1.2. Caracterização dos Grupos Tróficos Funcionais (GTF)

Os grupos tróficos funcionais foram formados de acordo com a tática alimentar observada com maior frequência para cada espécie e sua distribuição espacial no trecho de igarapé observadas durante as sessões de mergulho *ad libitum*.

Foi detectado um padrão de distribuição espacial que sugere uma ictiofauna dominada por espécies nectônicas que ocupam as margens dos igarapés. Das 73 espécies amostradas, 34 (46,6%) são nectônicas, 21 (28,8%) nectobentônicas e 18 (24,7%) bentônicas. Quanto à distribuição horizontal, 44 espécies (60,3%) estiveram associadas às margens, 19 (26,0%) ao centro do canal, e 10 (13,7%) transitam entre estes dois compartimentos com frequência.

As duas táticas mais utilizadas por esta assembleia foram a coleta de itens arrastados pela corrente, realizada por 23 espécies (31,5%), e a coleta de itens na superfície, feita por 21 espécies (28,8%). Estas duas táticas foram utilizadas pelas famílias Characidae, Lebiasinidae, Gasteropelecidae, Auchenipteridae, Cetopsidae, Poeciliidae, Rivulidae e Cichlidae.

Segue a lista dos grupos tróficos funcionais definidos, seguido do nome da espécie ou das espécies que os compõem, e uma descrição das táticas observadas.

- Coletores de canal (Channel drift feeders and surface pickers) – espécies diurnas, nectônicas que praticam a coleta de itens alimentares arrastados pela corrente à meia água e na superfície, preferencialmente na região central do canal (cf. SAZIMA, 1986; CASATTI ; LANGEANI; CASTRO, 2001):** *Astyanax bimaculatus*, *Bryconamericus* cf. *diaphanus*, *Bryconops* sp., *Iguanodectes* cf. *rachovii*, *Jupiaba abramoides*, *Moenkhausia collettii*, *Moenkhausia* cf. *comma*, *Moenkhausia oligolepis*. São os lambaris e piabas que nadam ativamente na coluna d'água, investindo subitamente contra partículas arrastadas pela corrente ou que caem na superfície da água. *Bryconops* sp. foi observado no centro do canal, nadando em cardumes de aproximadamente 20 indivíduos. *Bryconamericus diaphanus* posiciona-se próximo ao leito do canal (entre 5 e 10 cm), entre depressões de dunas de areia submersas formadas em áreas de alta velocidade da corrente, coletando os itens desenterrados da areia pela corrente; em geral solitários, reagindo com certa agressividade à aproximação de indivíduos da mesma espécie. *Iguanodectes rachovii* e *M. collettii* foram observados sempre próximos às margens (10 a 20 cm), geralmente em grupos de três a 30 indivíduos. *Astyanax bimaculatus*, *J. abramoides*, *M. comma* e *M. oligolepis* foram observadas geralmente da meia-água ao fundo, posicionando-se próximos às margens (15 a 30 cm).
- Coletores de margem (Margin drift feeders and surface pickers) - espécies diurnas, nectônicas que vivem preferencialmente nas margens e praticam a coleta de itens alimentares em suspensão e, eventualmente, associados ao substrato (cf. SAZIMA, 1986; CASATTI ; LANGEANI; CASTRO, 2001):** *Crenuchus spilurus*, *Hemigrammus levis*, *Hemigrammus ocellifer*, *Hyphessobrycon heterorhabdus* e *Hyphessobrycon* cf. *copelandi*. Piabas pertencentes à família Crenuchidae e ao grupo dos Characidae *incertae sedis*. *Crenuchus spilurus* permanece estacionário na coluna d'água e investe em itens que afundam próximos ao seu raio de ação; observado solitário nas reentrâncias marginais. Estas reentrâncias são formadas por erosão, escavadas pela ação da água próximo à superfície. *Hemigrammus levis* e *H. heterorhabdus* formam grupos de 5 a 30 indivíduos investindo rapidamente em partículas carregadas pela corrente próximo aos remansos, da meia-água à superfície; ocasionalmente investem em itens na superfície. *Hemigrammus ocellifer* foi encontrado na maior parte das vezes solitário ou formando pequenos grupos de até 8 indivíduos, coletando partículas suspensas nos remansos ou

especulando o galhos e raízes junto às margens. *H. copelandi*. foi observado próximo ao fundo em áreas com bancos litorânea, onde investia em itens arrastados e especulava o substrato à procura de alimento.

- **Coletores – Pastadores (*Grazers and Surface pickers*) - espécies de superfície que vivem preferencialmente em remansos e praticam a cata de itens na superfície e arrancam pequenas porções do substrato (cf. SABINO; ZUANON, 1998):**

Copella cf. *arnoldi*, *Nannostomus beckfordi*, *Nannostomus eques*, *Nannostomus trifasciatus*, *Pyrrhulina* cf. *brevis*, *Micropoecilia branneri*, *Rivulus* sp.

Grupo formado pelos Lebiasinidae e Cyprinodontiformes. *Copella* sp., *N. beckfordi*, *N. eques*, *Pyrrhulina* sp., *M. branneri* e *Rivulus* sp. estiveram sempre associados às margens, protegidos por componentes estruturais (folhas, galhos, macrófitas e raízes) e pequenas reentrâncias litorâneas em áreas extremamente rasas. Quando observadas em áreas alagadas, essas espécies estiveram sempre associadas à macrófitas e às áreas litorâneas buscando itens na superfície e arrancando pequenos pedaços do perifiton. *Nannostomus trifasciatus* foi observado sempre próximo à superfície e aos componentes estruturais (galhos e raízes) e, diferentemente do conjunto de espécies citado anteriormente, posicionava-se próximo à interface remanso/correnteza, investindo esporadicamente contra itens arrastados.

- **Coletores de superfície (*Surface pickers*) - espécies de superfície que vivem preferencialmente nas margens e praticam a cata de itens na superfície (cf. SAZIMA, 1986):** *Carnegiella strigata*, *Gnathocharax steindachneri*.

Estas duas espécies foram observadas nas margens, entre galhadas e raízes, coletando itens na superfície da água. Quando em coocorrência formam grupos mistos, sendo que *G. steindachneri* posiciona-se um pouco mais abaixo que *C. strigata* na coluna d'água. Nestas ocasiões, *C. strigata* foi a espécie mais abundante do grupo.

- **Predadores de emboscada (*Ambush, stalking and pursuit predators*) - espécies nectônicas que capturam presas por emboscada e/ou perseguição (cf. SAZIMA, 1986; SABINO; ZUANON, 1998):** *Charax* sp., *Hoplerythrinus unitaeniatus*, *Hoplias* cf. *malabaricus*, *Gymnotus* cf. *coropinae*, *Cichla* cf. *temensis*, *Crenicichla* cf. *albopunctata* e *Crenicichla* cf. *johanna*.

Este grupo é composto por quatro famílias (Characidae, Erythrinidae, Gymnotidae e Cichlidae) pertencentes às ordens Characiformes, Gymnotiformes e Perciformes.

Charax sp. foi observado estacionário nas margens, próximo ao fundo, oculto pela

sombra da vegetação ou do barranco, aparentemente aguardando uma presa entrar em seu campo de ação para desferir o ataque. As duas espécies de Erythrinidae, *H. unitaeniatus* e *H. cf. malabaricus*, se escondem nas margens, entre troncos e raízes, aparentemente aguardando a aproximação das presas. *Crenicichla cf. albopunctata* aproxima-se furtivamente das presas (invertebrados em geral), protegida pela vegetação, folhas ou troncos, atacando rapidamente. *Crenicichla cf. johanna*, assim como os Erythrinidae, se esconde nas margens em áreas sombreadas, aproximando-se furtivamente das presas. Apenas um indivíduo de *C. temensis* foi observado em atividade de forrageio. Este se encontrava sob a sombra um barranco aparentemente esperando as presas entrarem em seu campo de ação para uma investida.

- **Predadores de perseguição (*Pursuit predators*) - espécies que capturam presas por perseguição (cf. SAZIMA, 1986; SABINO; ZUANON, 1998):** *Acestrorhynchus cf. falcatus* e *Potamorrhaphis guianensis*.

Acestrorhynchus cf. falcatus, um characiforme nectônico, nada ativamente por toda a área do igarapé a procura de presas. Quando localiza algo desfere um ataque rápido da margem para o centro do canal. Já *P. guianensis*, um Beloniforme de superfície, nada próximo às margens procurando presas entre a vegetação marginal, atacando as presas do centro do canal pra as margens.

- **Comedores de sedimento (*Mud-eaters*) - espécies nectobentônicas que colhem e ingerem porções de substrato (cf. SAZIMA, 1986):** *Curimatopsis cf. crypticus*.

Curimatídeo que nada próximo ao leito, abocanhando repetidamente porções de substrato, em geral matéria orgânica finamente particulada, contendo itens alimentares. Observado solitário ou em grupos.

- **Mordiscadores (*Nibblers*) - espécies nectônicas que mordiscam e/ou coletam itens alimentares próximos ao fundo (cf. SAZIMA, 1986):** *Leporinus* sp.

Anostomídeo que ocupa a coluna d'água da meia-água ao fundo buscando itens grandes (frutos, em geral) para mordiscar, ou capturando invertebrados junto ao substrato.

- **Podadores (*Browsers*) - espécies nectônicas que cortam pequenos pedaços de macrófitas (cf. SAZIMA, 1986):** *Metynnis* sp.

Characídeo pelágico, que poda pedaços de macrófitas ou troncos, galhos e raízes, arrancando partes dos vegetais e/ou das estruturas epifíticas (algas, esponjas) que se desenvolvem sobre estas estruturas.

- **Predadores de senta-e-espera (*Sit-and-wait predators*) - espécies bentônicas que capturam presas por espreita (cf. SAZIMA, 1986): *Characidium* sp. e *Mastiglanis asopos*.**

Grupo formado por um Crenuchídeo e um Heptapterídeo que caçam emboscando as suas presas. *Characidium* sp. permanece estacionário, em geral atrás de um refúgio formado por um tronco ou uma rocha, e avança subitamente em direção à presa quando estão próximas. *Mastiglanis asopos*, sempre observado à noite em trechos com leito de predomínio de areia, permanece sem se deslocar no centro do canal com seus longos barbilhões e prolongamentos do primeiro raio da nadadeira peitoral distendidos aguardando a aproximação de uma presa potencial; quando um item ou partícula de suposto interesse ao animal toca um dos barbilhões ou raios das nadadeiras, o indivíduo observado desloca-se de maneira brusca e rápida em direção à presa (*vide* ZUANON; BOCKMAN; SAZIMA, 2006).

- **Pastadores (*Grazers*) - espécies bentônicas que raspam algas aderidas ao substrato, principalmente em troncos (cf. KEENLEYSIDE, 1979): *Ancistrus* cf. *hoplogenys*, *Ancistrus* sp., *Farlowella* sp. e *Rineloricaria* sp.**

Grupo formado pela família Loricariidae. As duas espécies de *Ancistrus* sempre foram observadas raspando grandes troncos ou em substrato rochoso, quando este era presente, solitários ou em grupos. *Farlowella* sp. foi observada em áreas de velocidade da água elevada, raspando algas aderidas em galhos relativamente finos, em pecíolos de ninfeias e fundo de cascalho. *Rineloricaria* sp. foi observada em áreas de alta velocidade, raspando algas em galhos mais grossos que *Farlowella* sp., em troncos depositados horizontalmente no fundo do igarapé e em bancos de cascalho.

- **Revolvedores (*Grubbers*) - espécies predominantemente bentônicas que capturam presas através de especulação do substrato (cf. SAZIMA, 1986): *Acanthodoras* cf. *cataphractus*, *Callichthys* cf. *callichthys*, *Corydoras* cf. *amapaensis*, *Corydoras* sp. e *Megalechis thoracata* e *Gymnorhamphichthys petiti*.**

Aqui se agruparam as famílias Doradidae e Callichthyidae, Siluriformes, e um Rhamphichthyidae, Gymnotiforme. Os Siluriformes pertencentes a esse grupo nadam próximos ao fundo tateando o substrato com seus barbilhões e, ao localizar uma presa, afundavam o focinho com o movimento do corpo. *Acanthodoras* cf. *cataphractus*, *C. callichthys* e *M. thoracata* foram observados próximos das margens, vasculhando o leito principalmente em áreas com acúmulo de matéria orgânica finamente particulada.

As espécies de *Corydoras* foram observadas especulando substrato arenoso. *Gymnorhamphichthys petiti* nada próximo ao fundo do igarapé, enterrando o focinho (que é prolongado nesta espécie) até a altura dos olhos, repetidamente no substrato, inclinando o corpo e movendo-se para frente, no sentido longitudinal do corpo.

- **Escavadores (*Diggers*) - espécies predominantemente nectobentônicas que escavam o substrato em busca de alimento (cf. SAZIMA, 1986):** *Hemiodontichthys acipenserinus*, *Apistogramma* sp., *Crenicara punctulatum* e *Satanoperca jurupari*.

Grupo formado por um Loricariidae e três Cichlidae que forrageiam principalmente escavando o substrato com a boca, eliminando sedimento pelas fendas operculares. A atividade de forrageio desses peixes gera pequenas depressões no substrato. *Crenicara punctulatum* e *S. jurupari*, nadam próximo ao fundo, protraindo a boca e abocanhando porções de substrato, em geral areia, próximos às margens. São solitários ou formam pequenos grupos. *Apistogramma* sp. prefere as áreas de remanso próximas às margens, onde abocanha pequenas porções de matéria orgânica finamente particulada, e se abriga entre os galhos e folhas depositados junto ao leito, solitários ou em casais. *Hemiodontichthys acipenserinus* apresenta atividade alimentar diferenciada, apoiado em suas nadadeiras pares, projeta o corpo para frente, afunda o disco oral no substrato (areia ou matéria orgânica) e o suga, expelindo jatos de sedimento pelas fendas operculares. Sempre foram observados solitários.

- **Coletores – Podadores (*Drift feeders and browsers*) - espécies predominantemente nectobentônicas que buscam itens alimentares aderidos ao substrato e/ou arrastados pela corrente (cf. SABINO; ZUANON, 1998):** *Aequidens* cf. *tetramerus*, *Heros* sp., *Krobia* sp. e *Mesonauta* sp.

Grupo formado por quatro espécies de Cichlidae sempre observadas associadas às margens ou componentes estruturais do canal, coletando itens alimentares em suspensão nos remansos ou arrastadas pela corrente. Também apresentaram o comportamento de arrancar porções de perifíton.

- **Apanhadores de invertebrados (*Invertebrate pickers*) - espécies noturnas predominantemente nectobentônicas que capturam invertebrados (cf. SABINO; ZUANON, 1998):** *Eigenmannia* cf. *trilineata*, *Sternopygus macrurus*, *Brachyhyppopomus beebei*, *Hypopygus lepturus*, *Microsternarchus* sp., *Steatogenys elegans* e *Apteronotus* cf. *albifrons*.

Grupo formado pelos Gymnotiformes que vasculham o substrato do canal a procura de

invertebrados. *Apteronotus* cf. *albifrons*, e *S. macrurus* vasculham toda a área do canal em busca de presas, também consomem peixes em rios de maior porte (ZUANON¹, 2011 comunicação pessoal). *Eigenmannia* cf. *trilineata*, *S. elegans* vasculham o substrato nas regiões marginais, sendo que *E.* cf. *trilineata* ocupa a coluna d'água preferencialmente de meia-água ao fundo, enquanto *S. elegans* parece ser indiferente ao seu posicionamento vertical. Os três Hypopomidae - *B. beebei*, *H. lepturus* e *Microsternarchus* sp. - capturam invertebrados dentro de bancos de folhço, inserindo a cabeça nos espaços entre as folhas.

- **Coletores crepusculares – noturnos (*Crepuscular to nocturnal drift feeders and surface pickers*) - espécies crepusculares-noturnas que capturam presas na superfície ou na coluna d'água (cf. CASATTI; LAGEANI; CASTRO, 2001):** *Denticetopsis* cf. *epa*, *Helogenes marmoratus*, *Parauchenipterus* cf. *galeatus*, *Tatia gyrina*, *Tatia intermedia* e *Tetranematichthys* cf. *barthemii*.

Grupo formado pelas famílias Cetopsidae e Auchenipteridae. *Denticetopsis* cf. *epa* e *T. gyrina* nadam ativamente na superfície, na região central do canal, capturando artrópodes que caem na água e/ou que são arrastados pela corrente. *Helogenes marmoratus* nada ativamente na superfície dos remansos, ambientes com velocidade da água reduzida, capturando artrópodes que caem na água. *Tatia intermedia* nada ativamente na região central do canal, à meia-água, coletando itens arrastados pela corrente. *Parauchenipterus* cf. *galeatus* e *T. barthemii* foram observados sempre próximos das margens, à meia-água, estacionários ou nadando lentamente, coletando itens arrastados pela correnteza. Todas as espécies do grupo, quando observadas, estavam solitárias.

- **Predadores de fundo crepusculares – noturnos (*Crepuscular to nocturnal bottom predators*) - espécies bentônicas crepusculares-noturnas que vasculham o substrato procurando pequenas presas (cf. SAZIMA, 1986):** *Bunocephalus* sp., *Trichomycterus hasemani*, *Batrochoglanis* cf. *raninus*, *Pimelodella* sp. e *Rhamdia quelen*.

Grupo formado por Siluriformes que nadam próximos ao fundo procurando pequenas presas. *Trichomycterus hasemani* nada rapidamente sobre o fundo vasculhando o substrato (areia), enterrando-se e desenterrando-se com frequência elevada. *Pimelodella* sp. nada mais ao centro do canal, em regiões com velocidade da corrente

1 Jansen Alfredo Sampaio Zuanon, Pesquisador – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia.

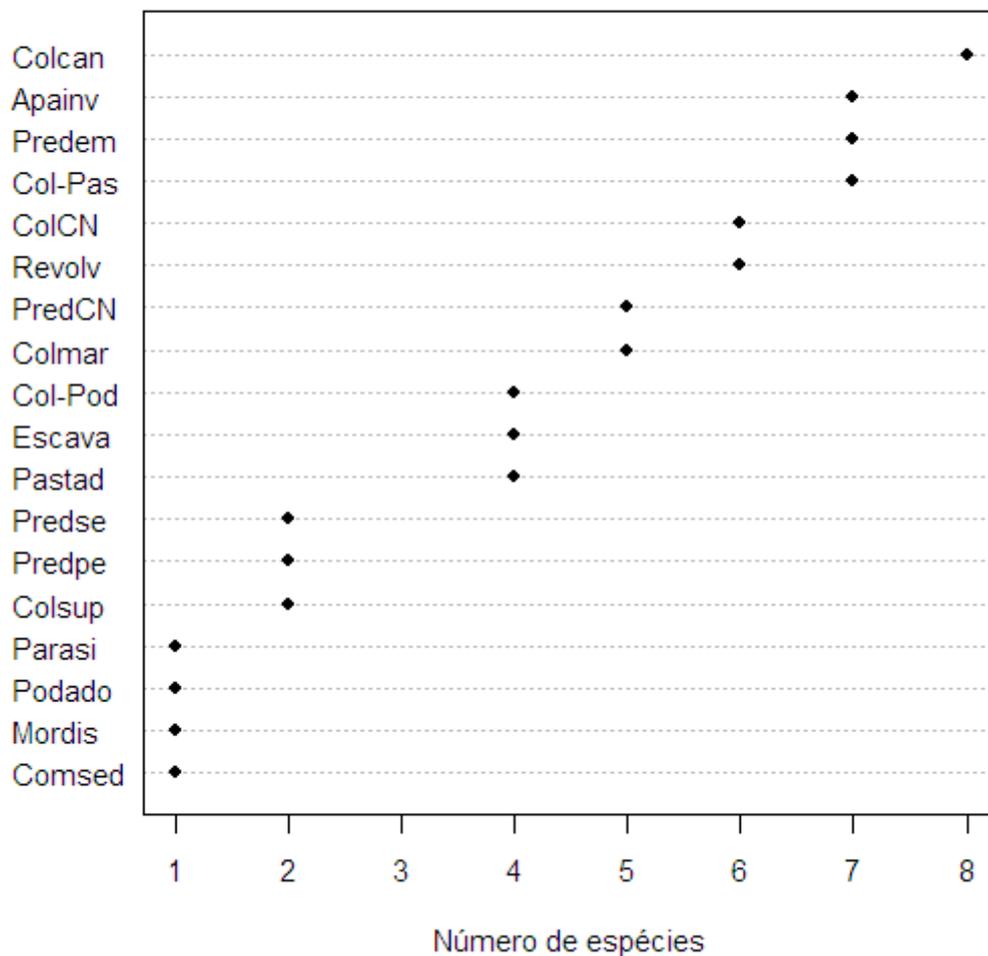
média, e explorando o ambiente com seus barbilhões em busca de presas. *Batrachoglanis* cf. *raninus* e *R. quelea* nadam próximos às margens em busca de presas, também explorando o ambiente com seus longos barbilhões.

- **Parasitas (*Parasites*) - espécies parasitas (cf. KEENLEYSIDE, 1979):**
Paravandellia sp.

Pequeno Trichomycteridae bentônico, que se alimenta de sangue proveniente de peixes maiores, atacando principalmente as guelras. Depois de saciado, deixa o hospedeiro e se enterra na areia.

O número de espécies por grupo trófico funcional variou entre oito (11,0%), para os grupo dos coletores de canal, e um (1,4%), para os grupos comedores de sedimento, mordiscadores, podadores e parasitas (Figura 3).

Figura 3. Número de espécies por grupo trófico funcional. **Colcan:** Coletores de Canal; **Colmar:** Coletores de margem; **Col-Pas:** Coletores-Pastadores; **Colsup:** Coletores de superfície; **Predem:** Predadores de emboscada; **Predpe:** Predadores de perseguição; **Comsed:** Comedores de sedimento; **Mordis:** Mordiscadores; **Podado:** Podadores; **Predse:** Predadores de senta-e-espera; **Pastad:** Pastadores; **Revolv:** Revolvedores; **Escava:** Escavadores; **Col-Pod:** Coletores-Podadores; **Apainv:** Apanhadores de invertebrados; **ColCN:** Coletores crepusculares-noturnos; **PredCN:** Predadores de fundo crepusculares-noturnos; **Parasi:** Parasitas.



Fonte: Gabriel L. Brejão

Characiformes foi a ordem que apresentou o maior número de táticas alimentares e de grupos tróficos funcionais, seguida por Siluriformes (Tabela 6). Cichlidae foi a família com o maior número de táticas alimentares utilizadas, seguida por Characidae. Quanto à quantidade de GTFs, Characidae foi a família mais representativa, seguida por Cichlidae (Tabela 7).

Tabela 6. Número de táticas alimentares e quantidade grupos tróficos funcionais observadas e suas respectivas proporções (%) dentro de cada ordem.

Ordens	Táticas alimentares		Grupos tróficos funcionais	
	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%
Characiformes	9	64,3	9	50,0
Siluriformes	7	50,0	7	38,9
Perciformes	5	35,7	3	16,7
Gymnotiformes	3	21,4	3	16,7
Cyprinodontiformes	2	14,3	1	5,6
Beloniformes	1	7,1	1	5,6

Tabela 7. Número de táticas alimentares e quantidade grupos tróficos funcionais observadas e suas respectivas proporções (%) dentro de cada família.

Famílias	Táticas alimentares		Famílias	Grupos tróficos funcionais	
	<i>n</i>	%		<i>n</i>	%
Cichlidae	5	35,7	Characidae	5	27,8
Characidae	4	28,6	Cichlidae	3	16,7
Crenuchidae	2	14,3	Crenuchidae	2	11,1
Lebiasinidae	2	14,3	Heptapteridae	2	11,1
Poeciliidae	2	14,3	Loricariidae	2	11,1
Rivulidae	2	14,3	Trichomycteridae	2	11,1
Auchenipteridae	2	14,3	Lebiasinidae	1	5,6
Cetopsidae	2	14,3	Poeciliidae	1	5,6
Heptapteridae	2	14,3	Rivulidae	1	5,6
Loricariidae	2	14,3	Auchenipteridae	1	5,6
Trichomycteridae	2	14,3	Cetopsidae	1	5,6
Belonidae	1	7,1	Belonidae	1	5,6
Acestrorhynchidae	1	7,1	Acestrorhynchidae	1	5,6
Anostomidae	1	7,1	Anostomidae	1	5,6
Curimatidae	1	7,1	Curimatidae	1	5,6
Erythrinidae	1	7,1	Erythrinidae	1	5,6
Gasteropelecidae	1	7,1	Gasteropelecidae	1	5,6
Apteronotidae	1	7,1	Apteronotidae	1	5,6
Gymnotidae	1	7,1	Gymnotidae	1	5,6
Hypopomidae	1	7,1	Hypopomidae	1	5,6
Rhamphichthyidae	1	7,1	Rhamphichthyidae	1	5,6
Sternopygidae	1	7,1	Sternopygidae	1	5,6
Aspredinidae	1	7,1	Aspredinidae	1	5,6
Callichthyidae	1	7,1	Callichthyidae	1	5,6
Doradidae	1	7,1	Doradidae	1	5,6
Pseudopimelodidae	1	7,1	Pseudopimelodidae	1	5,6

4.2. EFEITOS DA FRAGMENTAÇÃO FLUVIAL EM UMA ASSEMBLEIA DE PEIXES EM IGARAPÉS DO NORDESTE DO ESTADO DO PARÁ

4.2.1. Estrutura dos igarapés

Os igarapés com efeito de alagamento apresentaram em seus trechos a montante dos alagamentos a largura variando entre 1,9 e 5,8 m e a profundidade entre 15,0 e 64,4 cm. As velocidades variaram entre 0,12 e 0,35 m/s (Tabela 8). A composição média do substrato foi liteira grossa (38,3%), areia (35,6%) e liteira fina (13,3%) (Tabela 9).

Nos alagamentos, a largura variou entre 3,2 e 40,0 m, assim como na profundidade, que variou de 48,0 a 105,6 cm. Foram trechos que apresentaram velocidades relativamente baixas, variando entre 0,01 e 0,24 m/s (Tabela 8). O substrato foi composto, em média, por liteira grossa (25,7%) liteira fina (21,7%) e matéria orgânica finamente particulada (16,1%) (Tabela 9).

A largura dos trechos a jusante dos alagamentos variou entre 2,2 e 6,1 m, profundidade entre 38,0 e 57,4 cm. A velocidade da corrente variou entre 0,18 e 0,38 m s⁻¹ (Tabela 8). A composição média do substrato destes trechos foi areia (36,4%), liteira grossa (32,8%) e liteira fina (9,6%) (Tabela 8).

Os igarapés sem efeito de alagamento apresentaram largura variando entre 2,2 e 5,6 m, profundidade média entre 13,3 e 61,0 cm e velocidades variando de 0,22 a 0,39 m/s (Tabela 8). Os seus leitos foram compostos em média por areia (58,0%), liteira grossa (25,5%) e troncos (8,0%) (Tabela 9).

No geral houve pouca variação na temperatura, com as maiores diferenças ocorrendo nos alagamentos, 1,5°C nos alagados dos igarapés Buiuna e Laranjal, e menores variações nos trechos a montante e a jusante do alagamento, até 1,0°C, e 0,7°C nos igarapés sem efeito de alagamento (Tabela 8).

Quanto à concentração de O₂ dissolvido, foi observado os menores valores médios para os alagamentos, seguido em ordem crescente pelos trechos a jusante dos alagamentos, trechos a montante dos alagamentos e pelos igarapés sem efeito de alagamento (Tabela 8).

Tabela 8. Valores dos parâmetros ambientais medidos nos 18 trechos amostrados no nordeste paraense.

Igarapé	Trecho	Largura (m)	Prof (cm)	Vmed (m/s)	Vazão (m³/s)	Tmin (°C)	Tmax (°C)	Transp (m)	O₂ (mg/l)	Ordem (Strahler)	D n + 1 (m)
R	-	2,18	13,26	0,22	0,05	25,5	25,5	4,00	6,60	2	980,0
Cumarú	J	5,27	60,98	0,32	0,57	25,0	26,0	1,80	6,66	3	4920,0
Cumarú	M	5,64	50,88	0,39	0,57	25,0	26,0	2,00	-	3	5150,0
Buiuna	M	4,22	40,41	0,18	0,17	26,0	26,0	2,00	-	3	5000,0
Buiuna	A	5,20	74,05	0,09	0,17	26,0	27,5	1,60	-	3	4570,0
Buiuna	J	2,98	38,02	0,36	0,17	26,0	27,0	2,00	5,70	3	4350,0
Laranjal	M	1,93	14,98	0,12	0,03	25,5	25,5	3,00	5,74	2	2900,0
Laranjal	A	40,00	60,00	0,01	0,03	30,0	31,5	3,00	2,50	2	2600,0
Laranjal	J	2,15	34,35	0,18	0,03	27,0	27,0	1,50	4,70	2	2190,0
Pirapema	M	3,44	40,62	0,20	0,15	25,0	26,0	1,50	-	3	910,0
Pirapema	A	3,22	48,00	0,24	0,15	25,0	26,0	2,00	6,05	3	870,0
Pirapema	J	3,51	40,90	0,25	0,15	26,0	27,0	1,25	-	3	590,0
São João	M	3,32	30,55	0,32	0,20	25,5	26,0	5,00	6,59	2	6040,0
São João	A	5,02	91,59	0,01	0,20	26,0	27,0	3,00	5,15	2	5600,0
São João	J	2,91	44,90	0,38	0,20	26,0	26,5	2,00	5,97	2	5370,0
Timboteua	M	5,76	64,40	0,35	0,78	25,0	26,0	1,20	6,78	4	11000,0
Timboteua	A	8,27	105,58	0,17	0,78	25,5	26,0	1,00	5,40	4	10180,0
Timboteua	J	6,08	57,43	0,38	0,78	25,0	25,0	1,20	6,68	4	9960,0

R: Afluente da margem esquerda do Igarapé Laranjal; **J:** Trecho amostrado à jusante do alagado/ponte; **A:** Trecho amostrado no alagado; **M:** Trecho amostrado à montante do alagado/ponte; **Prof:** Profundidade; **Vmed:** Velocidade média da corrente; **Tmin:** Temperatura mínima; **Tmax:** Temperatura máxima; **Transp:** transparência da água; **D n + 1:** Distância da localidade ao canal de ordem maior.

Tabela 9. Composição percentual do substrato das 18 localidades estudadas.

Igarapé	Trecho	Categorias de substrato (%)								
		AR	ARG	CA	LG	LF	MA	MOFP	RA	TR
R	-	49,6	0	0	36,4	9,1	0	0,8	0,8	3,3
Cumarú	J	60,2	0,9	1,9	19,4	3,7	0	0	2,8	11,1
Cumarú	M	64,2	0	0	20,8	2,8	0	0	2,8	9,4
Buiuna	M	17,3	0,9	0	57,3	7,3	0	1,8	5,5	10,0
Buiuna	A	4,0	0	0	42,4	30,3	5,1	2,0	5,1	11,1
Buiuna	J	44,4	0,9	3,4	27,4	0	1,7	0	14,5	7,7
Laranjal	M	6,5	0	0	41,6	16,8	0	8,0	4,4	2,7
Laranjal	A	0	0	0	0	0	10,0	60,0	0	30,0
Laranjal	J	4,4	1,1	0	47,3	22,0	3,3	0	17,6	4,4
Pirapema	M	26,5	0	0	62,0	22,2	0	4,6	0,9	3,7
Pirapema	A	2,9	2,9	0	44,2	14,4	2,9	18,3	2,9	11,5
Pirapema	J	26,5	0	0	41,6	16,8	0	8,0	4,4	2,7
São João	M	73,8	0	0	16,8	3,7	0,9	1,9	0,9	1,9
São João	A	25,9	0	7,4	0	44,4	13,0	0	1,9	7,4
São João	J	40,8	0	0	34,0	6,8	0	4,9	3,9	9,7
Timboteua	M	53,7	0	0	13,9	16,7	5,6	0	2,8	7,4
Timboteua	A	18,5	0,9	0,9	41,7	19,4	3,7	0	9,3	5,6
Timboteua	J	65,8	0,9	1,7	13,7	2,6	0	0	4,3	11,1

R: Afluente da margem esquerda do Igarapé Laranjal; **J:** Trecho amostrado à jusante do alagado/ponte; **A:** Trecho amostrado no alagado; **M:** Trecho amostrado à montante do alagado/ponte; **AR:** Areia; **ARG:** Argila; **CA:** Cascalho; **LG:** Liteira grossa; **LF:** Liteira fina; **MA:** Matéria orgânica; **MOFP:** Matéria orgânica finamente particulada; **RA:** Raízes; **TR:** Tronco.

4.2.2. Estrutura da Ictiofauna

Foram observados 8.698 peixes pertencentes a 6 ordens, 25 famílias, 58 gêneros e 68 espécies (Apêndice C). A ictiofauna foi composta por 27 espécies de Characiformes (39,7%), 21 de Siluriformes (30,9%), nove de Perciformes (13,2%), oito de Gymnotiformes (11,8%), duas de Cyprinodontiformes (2,9%) e uma de Beloniformes (1,5%). Characiformes foi o grupo mais abundante (82,5%), seguido por Perciformes (7,2%), e Siluriformes (6,2%) e Gymnotiformes (3,8%). Juntas, Beloniformes e Cyprinodontiformes, representaram 0,4% da abundância total da assembleia estudada.

Characidae, com 75,1% dos indivíduos observados, foi a família mais abundante, seguida por Cichlidae (7,2%). Quanto ao número de espécies, Characidae foi novamente a família mais representativa (22,1%), seguida por Cichlidae (13,2%), Lebisianidae e Loricariidae (ambas com 7,4%). Apenas cinco espécies apresentaram abundâncias maiores que 5% do total registrado, sendo *Hyphessobrycon heterorhabdus* (18,0%), *Iguanodectes cf. rachovii* (17,4%), *Moenkhausia collettii* (11,5%), *Hyphessobrycon* sp. (10,3%) e *Bryconops* sp. (6,9%).

O número de espécies amostradas por localidade (Tabela 10), variou de 13, no trecho montante do igarapé São João, e 39, no trecho jusante do igarapé Buiuna. É possível perceber que, em geral riqueza e diversidade diminuem e a dominância aumenta nos alagados. Também foi observada grande variação na abundância dos trechos amostrados, o alagado do igarapé Timboteua apresentou o menor número de indivíduos ($N = 121$) e o alagado do igarapé Pirapema se destacou como o trecho de maior abundância ($N = 2.172$) (Tabelas 10 e 11). O trecho montante do igarapé do São João apresentou o maior valor para o índice de dominância e os menores valores para diversidade e uniformidade, enquanto que o trecho jusante do igarapé Buiuna apresentou o menor valor para o índice de dominância e os maiores valores de diversidade e uniformidade (Tabela 10).

Dos 18 grupos tróficos funcionais definidos para esta assembleia (Tabela 5), observa-se uma variação entre nove, presentes no trecho montante do igarapé do São João, e 16 grupos nos trechos jusante e montante do igarapé Buiuna e jusante do igarapé Pirapema. O trecho montante do igarapé do São João também apresentou o maior valor para o índice de dominância e os menores valores para diversidade e uniformidade, o trecho jusante do igarapé Buiuna também apresentou o menor valor para o índice de dominância e os maiores valores de diversidade e uniformidade (Tabela 11).

Tabela 10. Descritores da estrutura da ictiofauna: número de espécies (riqueza), abundância, índices de dominância (*D*), de diversidade de Shannon-Wiener (*H'*) e de uniformidade de Pielou (*e*), para os 18 trechos amostrados.

	R	CumM	CumJ	BuiM	BuiA	BuiJ	LarM	LarA	LarJ	PirM	PirA	PirJ	SjoM	SjoA	SjoA	TimM	TimA	TimJ
Riqueza	17	20	20	33	25	39	16	17	24	24	26	36	13	16	16	18	14	21
Abundância	444	284	130	968	728	445	662	323	244	675	2,17	355	337	154	154	123	121	133
<i>D</i>	0,39	0,18	0,14	0,18	0,14	0,06	0,28	0,22	0,11	0,16	0,23	0,09	0,53	0,19	0,19	0,21	0,38	0,15
<i>H'</i>	1,28	2,09	2,32	2,17	2,34	3,11	1,52	1,88	2,59	2,25	1,84	2,84	1,08	2,06	2,06	1,99	1,58	2,38
<i>e</i>	0,45	0,70	0,78	0,62	0,73	0,85	0,55	0,66	0,82	0,71	0,57	0,79	0,42	0,74	0,74	0,69	0,60	0,78

R: Afluente da margem esquerda do Igarapé Laranjal; **Cum:** Igarapé do Cumaru; **Bui:** Igarapé Buiuna; **Lar:** Igarapé do Laranjal; **Pir:** Igarapé Pirapema; **SJo:** Igarapé São João; **Tim:** Igarapé Timboteua; **M:** Trecho amostrado à montante do alagado/ponte; **A:** Trecho amostrado no alagado; **J:** Trecho amostrado à jusante do alagado/ponte

Tabela 11. Descritores da estrutura de grupos tróficos funcionais: número de grupos tróficos funcionais (riqueza), abundância, índices de dominância (*D*), de diversidade de Shannon-Wiener (*H'*) e de uniformidade de Pielou (*e*), para os 18 trechos amostrados.

	R	CumM	CumJ	BuiM	BuiA	BuiJ	LarM	LarA	LarJ	PirM	PirA	PirJ	SjoM	SjoA	SjoJ	TimM	TimA	TimJ
Riqueza	11	10	10	16	14	16	11	10	12	12	13	16	9	10	13	11	10	10
Abundância	444	284	130	968	728	445	662	323	244	675	2,17	355	337	154	400	123	121	133
<i>Dr</i>	0,40	0,45	0,37	0,34	0,36	0,14	0,29	0,36	0,25	0,36	0,44	0,26	0,60	0,29	0,38	0,25	0,39	0,19
<i>H'</i>	1,16	1,23	1,43	1,43	1,45	2,27	1,45	1,34	1,77	1,36	1,09	1,85	0,86	1,64	1,54	1,67	1,37	1,90
<i>e</i>	0,48	0,53	0,62	0,71	0,55	0,82	0,61	0,58	0,71	0,55	0,42	0,67	0,39	0,71	0,59	0,69	0,60	0,83

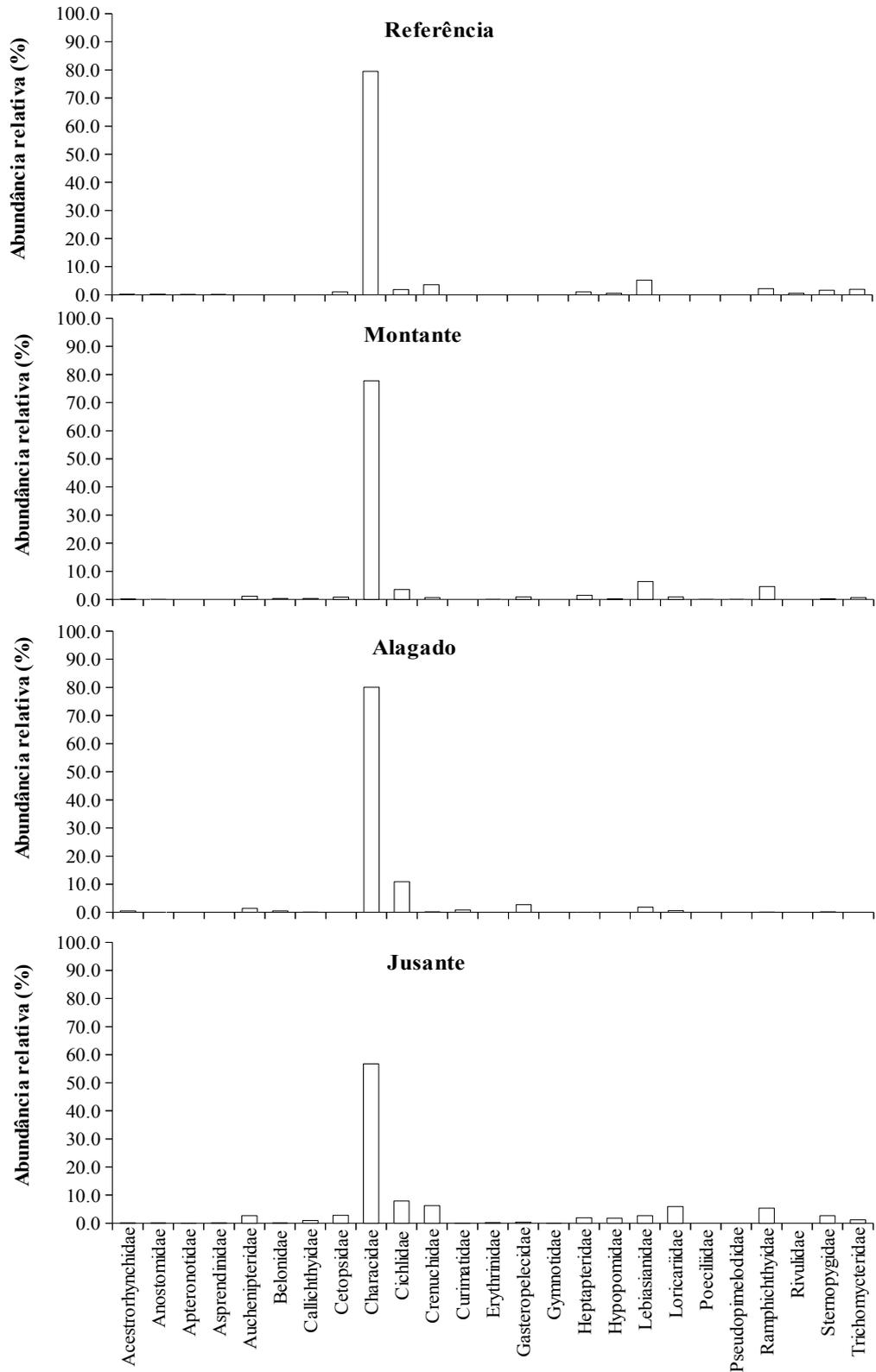
R: Afluente da margem esquerda do Igarapé Laranjal; **Cum:** Igarapé do Cumaru; **Bui:** Igarapé Buiuna; **Lar:** Igarapé do Laranjal; **Pir:** Igarapé Pirapema; **SJo:** Igarapé São João; **Tim:** Igarapé Timboteua; **M:** Trecho amostrado à montante do alagado/ponte; **A:** Trecho amostrado no alagado; **J:** Trecho amostrado à jusante do alagado/ponte

4.2.3. A ictiofauna e a fragmentação fluvial

Houve diferença na composição das assembleias entre os quatro grupos de localidades. Characidae foi a família mais abundante em todos os grupos, mas o número de famílias e a importância delas na formação das assembleias foi bastante distinta. O grupo jusante foi constituído por 22 famílias, com oito delas (36,4%) entre as mais representativas em termos de abundância. Na sequência temos os grupos montante (20 famílias), alagado (16 famílias), e referência (15 famílias). Quatro famílias foram representativas, em termos de abundância, na composição da assembleia dos grupos referência (26,7%) e montante (20,0%), e duas (12,5%) no grupo alagado (Figura 4).

Na Figura 4 estão ilustradas as famílias responsáveis por pelo menos 90% da abundância em cada grupo de localidades (Tabela 12), somados todos indivíduos das famílias agrupadas. As demais famílias que, juntas, somaram 10% ou menos da abundância total foram agrupadas na categoria Outras famílias. Quando se observam as dez espécies mais importantes para cada grupo de localidades nota-se novamente o domínio de Characidae, sempre configurando entre as quatro espécies mais abundantes. *Iguanodectes* cf. *rachovii*, *Hyphessobrycon heterorhabdus* e *Bryconops* sp. foram comuns para os quatro grupos de trechos. As dez espécies listadas foram responsáveis por mais de 80% da abundância nos trechos de referência, alagado e montante, mas não chegam a representar 70% da abundância nos trechos jusante.

Figura 4. Composição por famílias das assembleias estudadas por grupo de localidades.



Fonte: Gabriel L. Brejão

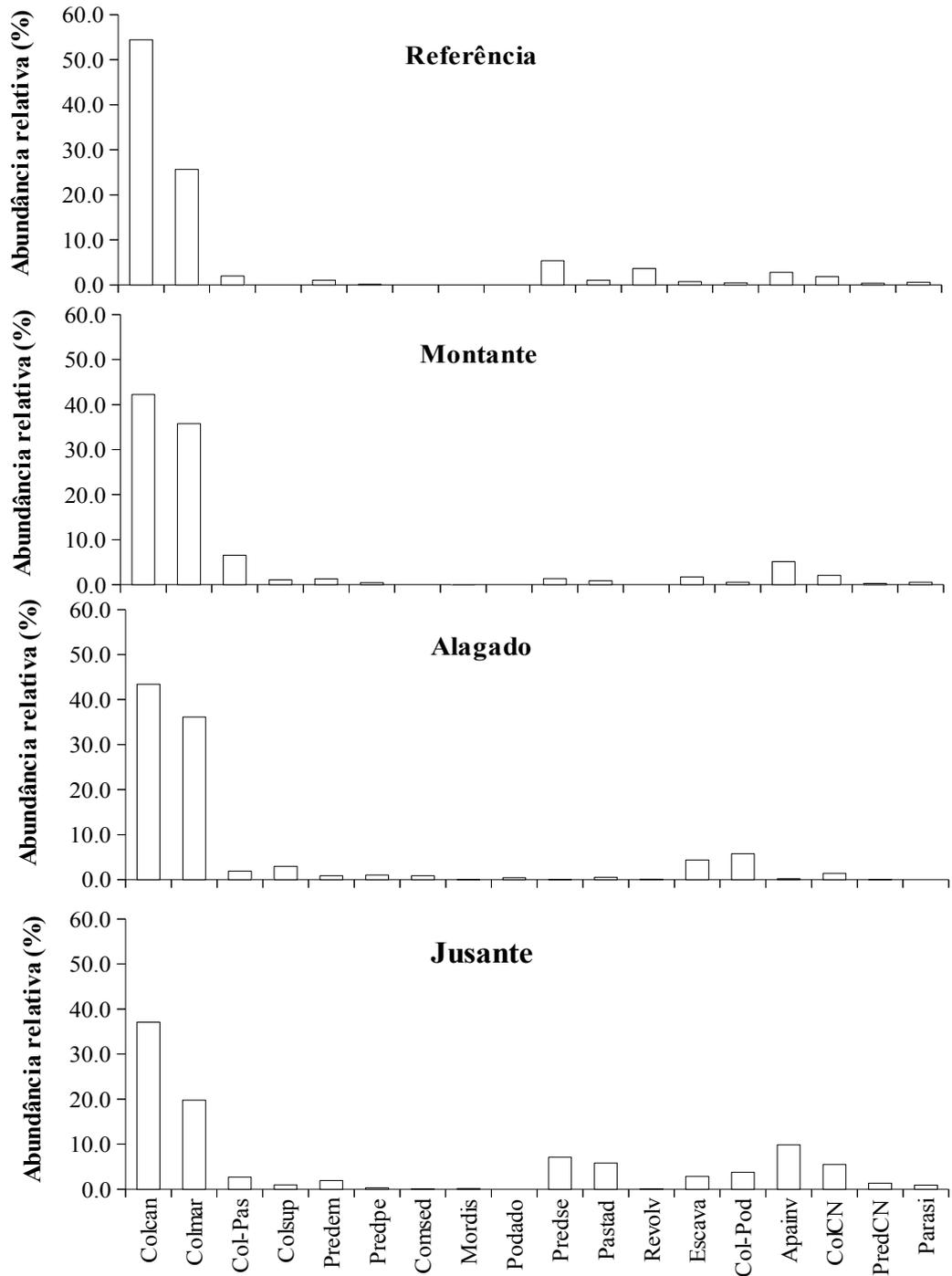
Tabela 12. Ranqueamento em ordem decrescente das dez espécies mais importantes em termos de abundância em cada um dos 4 grupos de localidades.

Posição	Referência	Montante	Alagado	Jusante
1	<i>Iguanodectes cf. rachovii</i>	<i>Hyphessobrycon heterorhabdus</i>	<i>Moenkhausia colletti</i>	<i>Iguanodectes cf. rachovii</i>
2°	<i>Hyphessobrycon heterorhabdus</i>	<i>Iguanodectes cf. rachovii</i>	<i>Hyphessobrycon sp.</i>	<i>Hyphessobrycon heterorhabdus</i>
3°	<i>Moenkhausia colletti</i>	<i>Moenkhausia colletti</i>	<i>Iguanodectes cf. rachovii</i>	<i>Bryconops sp.</i>
4°	<i>Bryconops sp.</i>	<i>Bryconops sp.</i>	<i>Hyphessobrycon heterorhabdus</i>	<i>Moenkhausia comma</i>
5°	<i>Mastiglanis asopos</i>	<i>Potamorrhaphis guianensis</i>	<i>Hemigrammus levis</i>	<i>Characidium cf. zebra</i>
6°	<i>Corydoras sp.</i>	<i>Hyphessobrycon sp.</i>	<i>Bryconops sp.</i>	<i>Gymnorhamphichthys petiti</i>
7°	<i>Gymnorhamphichthys petiti</i>	<i>Moenkhausia comma</i>	<i>Mesonauta sp.</i>	<i>Moenkhausia colletti</i>
8°	<i>Pyrrhulina sp</i>	<i>Gymnorhamphichthys petiti</i>	<i>Astyanax bimaculatus</i>	<i>Aequidens cf. tetramerus</i>
9°	<i>Hemigrammus ocellifer</i>	<i>Mastiglanis asopos</i>	<i>Carnegiella strigata</i>	<i>Eigenmania cf. trilineata</i>
10°	<i>Denticetopsis cf. epa</i>	<i>Aequidens cf. tetramerus</i>	<i>Satanoperca jurupari</i>	<i>Hemigrammus ocellifer</i>
Porcentagem representada	90,4	80,8	86,6	68,8

Observa-se um aumento no número de grupos tróficos funcionais no grupo alagado em relação ao grupo montante, e uma estabilização do alagado em relação ao grupo jusante, porém, a estrutura de grupos tróficos funcionais também diferiu entre os quatro grupos de trechos. Os coletores de canal e os coletores de margem formaram a base da estrutura funcional em termos de abundância, mas, assim como ocorrido com as famílias, percebe-se grande diferença em quantidade e em abundância dos GTFs nos quatro grupos de trechos. Os grupos jusante e alagado foram constituídos por 17 GTFs, mas na jusante nove GTFs (52,9%) estão entre os mais representativos contra cinco (29,4%) no alagado. Na sequência temos os grupos montante, com 16 GTFs, e referência, com 14 (Figura 5).

Os podadores só foram observados nos alagados, enquanto que os parasitas só não ocorreram nos alagados. Os apanhadores de invertebrados, grupo formado exclusivamente por Gymnotiformes, foi registrado para todos os grupos de localidades, porém, assim como foi observado para as famílias, apresenta baixíssima abundância no alagados sendo responsável por apenas 0,1% da abundância total deste grupo, com apenas cinco indivíduos amostrados. Também foi detectada baixa representatividade deste grupo trófico funcional no grupo montante, com 16 indivíduos amostrados (0,5%).

Figura 5. Composição por grupos tróficos funcionais das assembleias estudadas por grupo de localidades. **Colcan:** Coletores de Canal; **Colmar:** Coletores de margem; **Col-Pas:** Coletores-Pastadores; **Colsup:** Coletores de superfície; **Predem:** Predadores de emboscada; **Predpe:** Predadores de perseguição; **Comsed:** Comedores de sedimento; **Mordis:** Mordiscadores; **Podado:** Podadores; **Predse:** Predadores de senta-e-espera; **Pastad:** Pastadores; **Revolv:** Revolvedores; **Escava:** Escavadores; **Col-Pod:** Coletores-Podadores; **Apainv:** Apanhadores de invertebrados; **ColCN:** Coletores crepusculares-noturnos; **PredCN:** Predadores de fundo crepusculares-noturnos; **Parasi:** Parasitas.

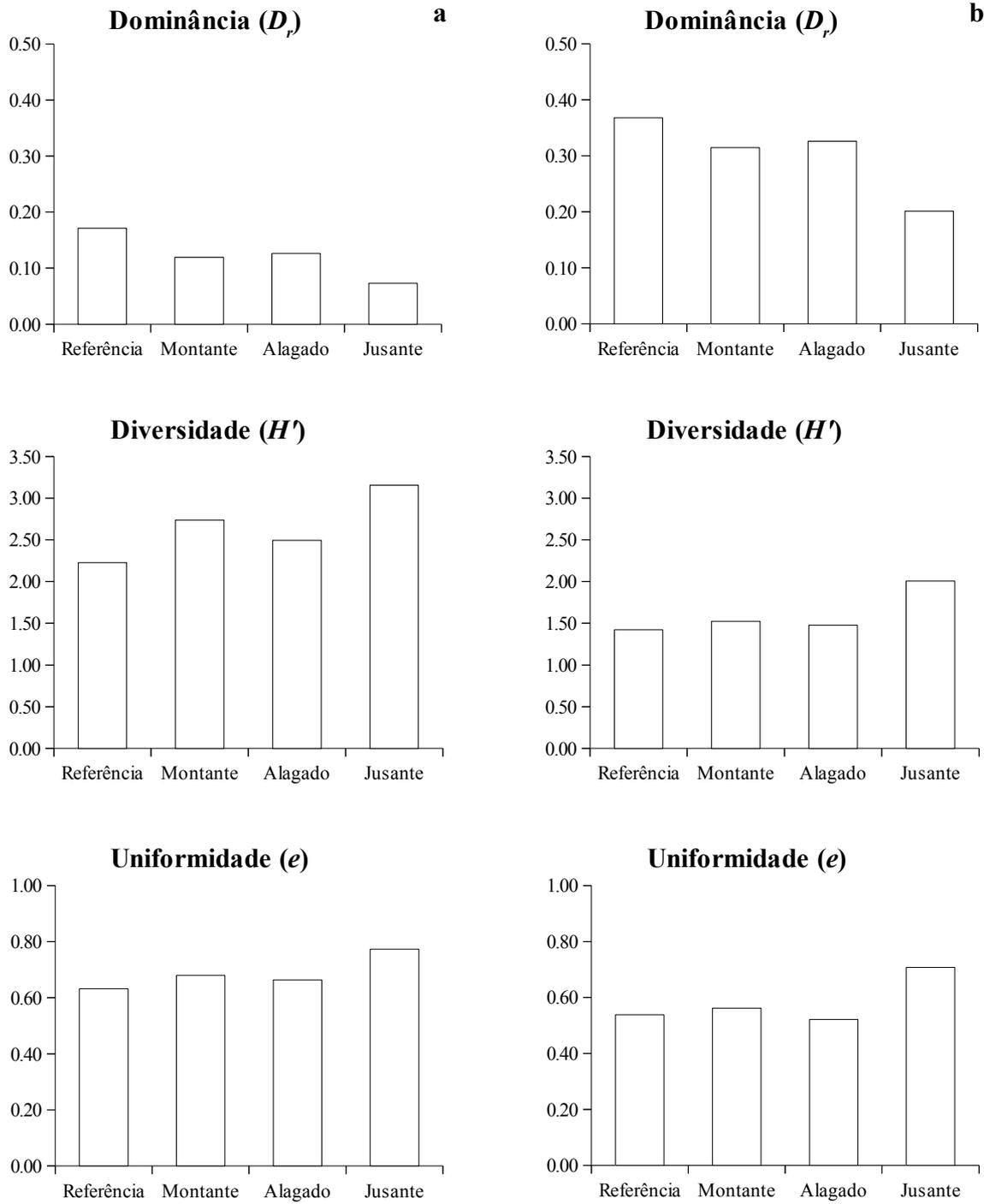


Fonte: Gabriel L. Brejão

Quanto à estrutura taxonômica, os descritores para o decréscimo dos valores de dominância no sentido montante-jusante, e o aumento dos valores de diversidade de Shannon-Wiener e de uniformidade de Pielou, também no sentido montante-jusante . Os valores obtidos para os descritores ecológicos da referência assemelham-se aos encontrados para a montante (Figura 6a).

Em relação a estrutura funcional, observa-se o mesmo padrão encontrado para a estrutura taxonômica das assembleias estudadas, o decréscimo dos valores de dominância no sentido montante-jusante, e o aumento dos valores de diversidade de Shannon-Wiener e de uniformidade de Pielou, também no sentido montante-jusante . Para a estrutura funcional, os valores obtidos para os descritores ecológicos assemelham-se aos encontrados para o alagado (Figura 6b).

Figura 6. Comparação entre as métricas de diversidade das espécies (a) e dos grupos tróficos funcionais (b) encontradas para os quatro grupos de localidades.



Fonte: Gabriel L. Brejão

4.2.4. Relação entre os descritores abióticos e a ictiofauna

A correlação de Spearman (Tabela 13) forneceu o seguinte conjunto de variáveis, utilizadas para as análises de ordenação: profundidade média; visibilidade, diversidade de substratos (índice de Shannon-Wiener); porcentagem de areia, porcentagem de liteira grossa; porcentagem de macrófita; porcentagem de MOFP; e porcentagem de troncos. Todas as variáveis que apresentaram correlações maiores ou iguais a 0,5 foram excluídas das análises.

A porcentagem de variância acumulada nos dois primeiros eixos da Análise de Correspondência Canônica (CCA) explicou 50,5% da relação entre as espécies e o ambiente. Ambos foram estatisticamente significantes (Tabela 14). Profundidade, transparência da água, diversidade de substratos e a porcentagem de substrato influenciaram na ordenação das espécies pela CCA.

Na Tabela 15 encontram-se os códigos atribuídos às espécies utilizados na CCA, utilizados na Figura 7. As abundâncias das espécies *Acestrorhynchus* cf. *falcatus*, *Moenkhausia oligolepis*, *Curimatopsis* cf. *crypticus*, *Megalechis thoracatha*, *Apistogramma* sp., *Crenicichla* cf. *albopunctata* foram influenciadas principalmente pelas porcentagens de macrófita, MOFP e tronco; *Carnegiella strigata*, *Hyphessobrycon* sp., *Moenkhausia collettii*, *Gnathocharax steindachneri*, *Nannostomus trifasciatus* foram ordenadas pela diversidade de substrato; *Moenkhausia comma*, *Hoplias malabaricus*, *Nannostomus beckfordi*, *Leporinus* sp., *Gymnotus coropinae*, *Farlowella* sp, *Parauchenipterus* cf. *galeatus*, *Tatia gyrina* e *Crenicichla* cf. *johanna* foram algumas das espécies ordenadas pela porcentagem de liteira grossa; *Bryconops* sp., *Hyphessobrycon heterorhabdus*, *Iguanodectes* cf. *rachovii*, *Gymnorhamphichthys petiti*, *Rineloricaria* sp., *Pimelodella* sp. e *Paravandellia* sp. foram algumas das espécies ordenadas pela porcentagem de areia; e *Bryconamericus diaphanus*, *Bunocephalus* sp., *Corydoras* cf. *amapaensis*, *Corydoras* sp. e *Mastiglanis asopos* foram ordenadas pela transparência da água (Figura 7).

Tabela 13. Matriz de correlação de Spearman,. Em negrito estão destacadas as correlações positivas com valores maiores ou iguais a 0,5.

	L	P	Trans	Vmed	Tmín	Tmáx	Q	Ordem Strahler	D n+1	H' Subs	AR	ARG	CA	LG	LF	MA	MOFP	RA	TR
L	-	0.8	-0.4	0.0	-0.2	0.1	0.6	0.6	0.5	0.1	0.1	0.0	0.3	-0.5	-0.2	0.3	-0.2	-0.1	0.4
P	0.8	-	-0.5	-0.2	-0.1	0.3	0.6	0.5	0.4	0.4	-0.1	0.0	0.4	-0.4	0.2	0.5	-0.2	0.1	0.4
Trans	-0.4	-0.5	-	-0.2	0.4	0.1	-0.4	-0.8	-0.2	-0.3	0.0	-0.3	-0.1	-0.1	-0.2	0.0	0.3	-0.7	-0.1
Vmed	0.0	-0.2	-0.2	-	-0.5	-0.4	0.5	0.3	0.2	0.2	0.8	0.1	0.0	-0.3	-0.6	-0.5	-0.3	0.1	0.0
Tmín	-0.2	-0.1	0.4	-0.5	-	0.7	-0.4	-0.6	0.0	-0.1	-0.5	0.0	0.0	0.1	0.1	0.4	0.1	0.1	0.1
Tmáx	0.1	0.3	0.1	-0.4	0.7	-	-0.2	-0.3	-0.1	0.3	-0.5	0.0	0.1	-0.1	0.1	0.7	0.1	0.2	0.3
Q	0.6	0.6	-0.4	0.5	-0.4	-0.2	-	0.6	0.8	0.4	0.6	0.1	0.5	-0.5	-0.2	0.0	-0.6	0.1	0.2
Ordem Strahler	0.6	0.5	-0.8	0.3	-0.6	-0.3	0.6	-	0.3	0.4	0.2	0.3	0.3	0.0	-0.1	0.0	-0.3	0.5	0.2
D n+1	0.5	0.4	-0.2	0.2	0.0	-0.1	0.8	0.3	-	0.1	0.5	-0.1	0.4	-0.5	-0.1	0.2	-0.6	0.0	0.1
H' Subs	0.1	0.4	-0.3	0.2	-0.1	0.3	0.4	0.4	0.1	-	0.0	0.4	0.6	-0.1	0.1	0.3	-0.2	0.4	0.2
AR	0.1	-0.1	0.0	0.8	-0.5	-0.5	0.6	0.2	0.5	0.0	-	-0.2	0.3	-0.5	-0.5	-0.4	-0.5	-0.2	-0.3
ARG	0.0	0.0	-0.3	0.1	0.0	0.0	0.1	0.3	-0.1	0.4	-0.2	-	0.3	0.3	-0.1	0.0	-0.3	0.6	0.4
CA	0.3	0.4	-0.1	0.0	0.0	0.1	0.5	0.3	0.4	0.6	0.3	0.3	-	-0.4	-0.1	0.2	-0.6	0.2	0.2
LG	-0.5	-0.4	-0.1	-0.3	0.1	-0.1	-0.5	0.0	-0.5	-0.1	-0.5	0.3	-0.4	-	0.5	-0.3	0.3	0.5	-0.2
LF	-0.2	0.2	-0.2	-0.6	0.1	0.1	-0.2	-0.1	-0.1	0.1	-0.5	-0.1	-0.1	0.5	-	0.3	0.0	0.2	-0.4
MA	0.3	0.5	0.0	-0.5	0.4	0.7	0.0	0.0	0.2	0.3	-0.4	0.0	0.2	-0.3	0.3	-	-0.1	0.0	0.2
MOFP	-0.2	-0.2	0.3	-0.3	0.1	0.1	-0.6	-0.3	-0.6	-0.2	-0.5	-0.3	-0.6	0.3	0.0	-0.1	-	-0.2	0.0
RA	-0.1	0.1	-0.7	0.1	0.1	0.2	0.1	0.5	0.0	0.4	-0.2	0.6	0.2	0.5	0.2	0.0	-0.2	-	0.0
TR	0.4	0.4	-0.1	0.0	0.1	0.3	0.2	0.2	0.1	0.2	-0.3	0.4	0.2	-0.2	-0.4	0.2	0.0	0.0	-

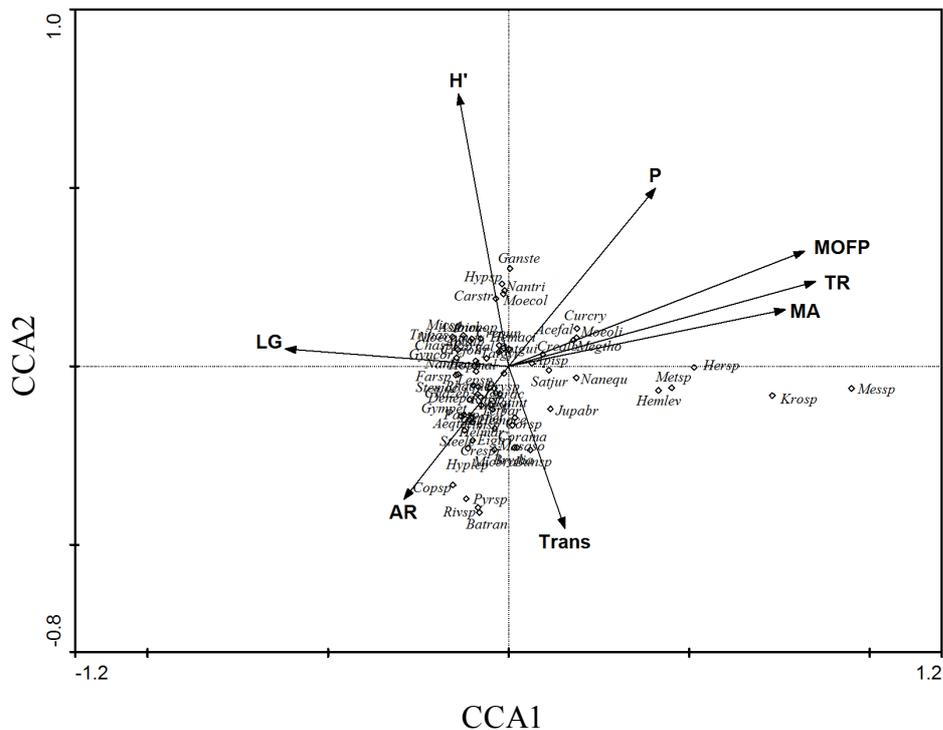
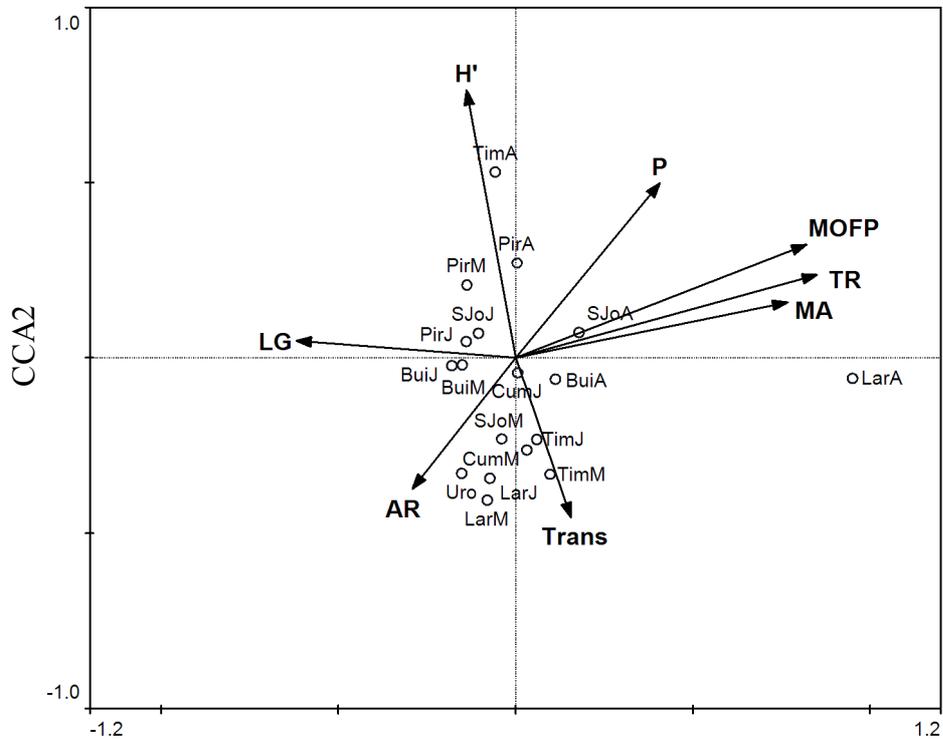
Tabela 14. Sumário da Análise de Correlação Canônica relacionando grupos tróficos funcionais e os descritores ambientais dos trechos estudados.

	CCA1	CCA2	Inércia total
Autovalores	0,555	0,366	2,722
Correlações espécie-ambiente	0,976	0,934	
Percentual cumulativo de variância			
dados de espécies	20,4	33,8	
relação espécie-ambiente	30,5	50,5	
Soma de todos autovalores			2,722
Soma de todos autovalores canônicos			1,821
Teste de Monte-Carlo (1.000 permutações)			
<i>F-ratio</i>	2,274		
<i>p</i>	0,001		

Tabela 15. Códigos de espécies utilizados na Análise de Correspondência Canônica.

Espécie	Código	Espécie	Código
<i>Acestrorhynchus falcatus</i>	Acefal	<i>Hyphessobrycon cf. copelandi</i>	Hypsp
<i>Aequidens cf. tetramerus</i>	Aeqtet	<i>Hyphessobrycon heterorhabdus</i>	Hyphet
<i>Ancistrus cf. hoplogenyis</i>	Anchop	<i>Hypopygus lepturus</i>	Hyplep
<i>Ancistrus sp.</i>	Ancsp	<i>Iguanodectes cf. rachovii</i>	Igurac
<i>Apistogramma sp.</i>	Apisp	<i>Jupiaba abramoides</i>	Jupabr
<i>Apteronotus cf. albifrons</i>	Aptalb	<i>Krobia sp.</i>	Krosp
<i>Astyanax bimaculatus</i>	Astbim	<i>Leporinus sp.</i>	Lepsp
<i>Batrochoglanis cf. raninus</i>	Batran	<i>Mastiglanis asopos</i>	Masaso
<i>Bryconamericus cf. diaphanus</i>	Brydia	<i>Megalechis thoracata</i>	Megtho
<i>Bryconops sp.</i>	Brysp	<i>Mesonauta sp.</i>	Messp
<i>Bunocephalus sp.</i>	Bunsp	<i>Metynnis sp.</i>	Metsp
<i>Carnegiella strigata</i>	Carstr	<i>Micropoecilia cf. branneri</i>	Micbra
<i>Charax sp.</i>	Chasp	<i>Microsternarchus sp.</i>	Micsp
<i>Characidium sp.</i>	Chazeb	<i>Moenkhausia colletti</i>	Moecol
<i>Copella cf. arnoldi</i>	Copsp	<i>Moenkhausia comma</i>	Moecom
<i>Corydoras cf. amapaensis</i>	Corama	<i>Moenkhausia oligolepis</i>	Moeoli
<i>Corydoras sp.</i>	Corsp	<i>Nannostomus beckfordi</i>	Nanbec
<i>Crenicichla cf. albopunctata</i>	Crealb	<i>Nannostomus eques</i>	Nanequ
<i>Crenicichla cf. johanna</i>	Crejoh	<i>Nannostomus trifasciatus</i>	Nantri
<i>Crenicara punctulatum</i>	Crepun	<i>Parauchnipterus cf. galeatus</i>	Pargal
<i>Crenuchus spilurus</i>	Crespi	<i>Paravandellia sp.</i>	Parsp
<i>Curimatopsis cf. crypticus</i>	Curcry	<i>Pimelodella sp.</i>	Pimsp
<i>Denticetopsis cf. epa</i>	Denepa	<i>Potamorrhaphis guianensis</i>	Potgui
<i>Eigenmania cf. trilineata</i>	Eigtri	<i>Pyrrhulina cf. brevis</i>	Pyrsp
<i>Farlowella sp.</i>	Farsp	<i>Rhamdia quelen</i>	Rhaque
<i>Gnathocharax steindachneri</i>	Gnaste	<i>Rineloricaria sp.</i>	Rinsp
<i>Gymnorhamphichthys petiti</i>	Gympet	<i>Rivulus sp.</i>	Rivsp
<i>Gymnotus cf. coropinae</i>	Gyncor	<i>Satanoperca jurupari</i>	Satjur
<i>Helogenes marmoratus</i>	Helmar	<i>Steatogenys elegans</i>	Steele
<i>Hemiodontichthys acipenserinus</i>	Hemaci	<i>Sternopygus macrurus</i>	Stemac
<i>Hemigrammus levis</i>	Hemlev	<i>Tatia gyrina</i>	Tatgyr
<i>Hemigrammus ocellifer</i>	Hemoce	<i>Tatia intermedia</i>	Tatint
<i>Heros sp.</i>	Hersp	<i>Tetranematichthys cf. barthemi</i>	Tetbar
<i>Hoplias malabaricus</i>	Hopmal	<i>Trichomycterus hasemani</i>	Trihas

Figura 7. Projeção dos dois primeiros eixos gerados pela Análise de Correspondência Canônica, a partir da densidade de cada espécie. **P**: Profundidade média; **H'**: Diversidade de substrato (Shanon-Wiener); **Trans**: Transparência da água; **AR**: % de areia; **LG**: % de liteira grossa; **MA**: % de macrófitas; **MOFP**: % de matéria orgânica finamente particulada; e **TR**: % de tronco.



Fonte: Gabriel L. Brejão

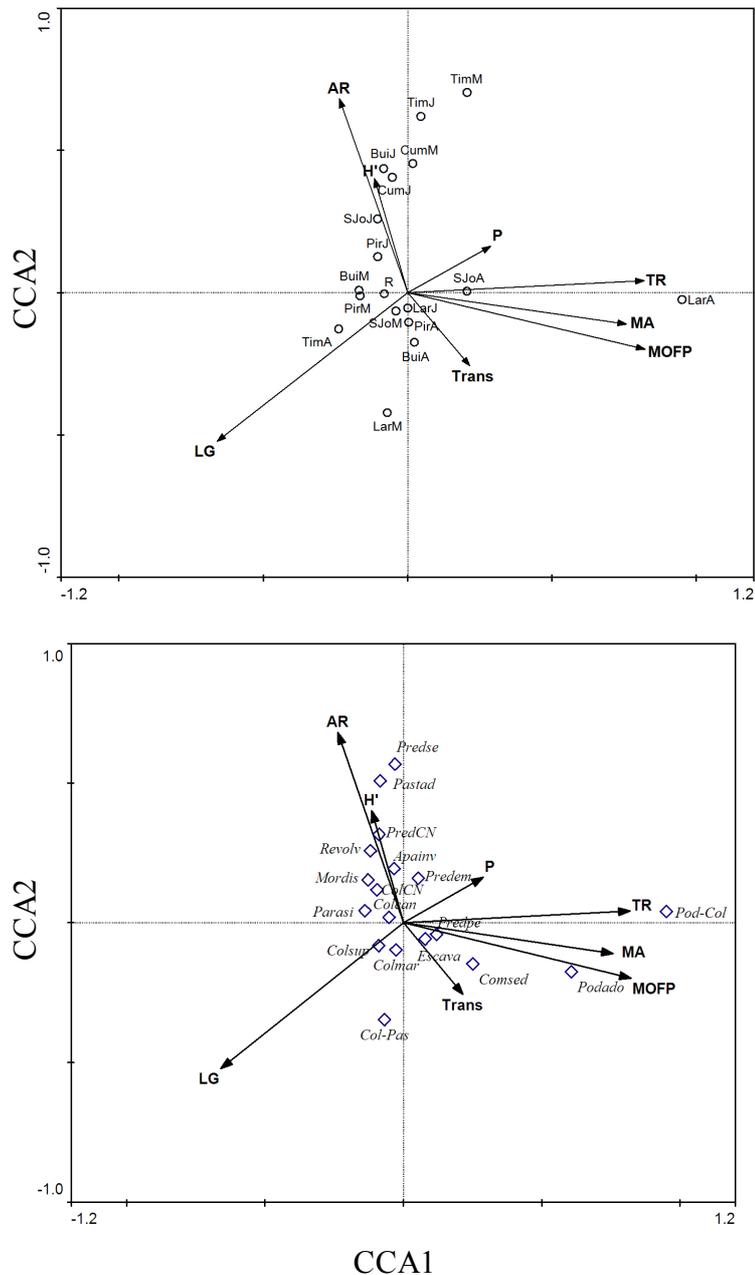
4.2.5. Influência dos descritores abióticos nos grupos tróficos funcionais

A porcentagem de variância acumulada dos dois primeiros eixos da CCA explica 68,0% da relação entre grupos tróficos funcionais e o ambiente, e estes eixos foram estatisticamente significativos (Tabela 18). Observa-se a formação de quatro conjuntos de grupos tróficos funcionais (Figura 8), os podadores-coletores foi ordenado pela porcentagem de tronco; os predadores de perseguição, comedores de sedimento, podadores e escavadores pelas porcentagens de macrófita e MOFP; os coletores de margem, coletores-pastadores e coletores de superfície pela porcentagem de liteira grossa; e os predadores de emboscada, mordiscadores, predadores de senta-e-espera, pastadores, revolvedores, apanhadores de invertebrados, coletores crepusculares noturnos e predadores de fundo crepusculares-noturnos pela porcentagem de areia; os coletores de canal e os parasitas foram influenciados por duas variáveis na sua ordenação, estando equidistantes aos eixos porcentagem de areia e de liteira grossa (Figura 8). A ordenação dos grupos tróficos funcionais foi relacionada ao substrato, as variáveis profundidade. Já a influência da transparência e da diversidade de substrato não foram importantes.

Tabela 16. Sumário da Análise de Correlação Canônica relacionando grupos tróficos funcionais e os descritores ambientais dos trechos estudados.

	CCA1	CCA2	Inércia total
Autovalores	0,315	0,178	0,976
Correlações espécie-ambiente	0,936	0,972	
Percentual cumulativo de variância			
dados de espécies	32,3	50,6	
relação espécie-ambiente	43,4	68,0	
Soma de todos autovalores			0,976
Soma de todos autovalores canônicos			0,726
Teste de Monte-Carlo (1.000 permutações)			
<i>F-ratio</i>	3,270		
<i>p</i>	0,001		

Figura 8. Projeção dos dois primeiros eixos gerados pela Análise de Correspondência Canônica, a partir da densidade de cada Grupo Trófico Funcional. **P**: Profundidade média; **H'**: Diversidade de substrato (Shanon-Wiener); **Trans**: Transparência da água; **AR**: % de areia; **LG**: % de liteira grossa; **MA**: % de macrófitas; **MOFP**: % de matéria orgânica finamente particulada; e **TR**: % de tronco; **Colcan**: Coletores de Canal; **Colmar**: Coletores de margem; **Col-Pas**: Coletores-Pastadores; **Colsup**: Coletores de superfície; **Predem**: Predadores de emboscada; **Predpe**: Predadores de perseguição; **Comsed**: Comedores de sedimento; **Mordis**: Mordiscadores; **Podado**: Podadores; **Predse**: Predadores de senta-e-espera; **Pastad**: Pastadores; **Revolv**: Revolvedores; **Escava**: Escavadores; **Col-Pod**: Coletores-Podadores; **Apainv**: Apanhadores de invertebrados; **ColCN**: Coletores crepusculares-noturnos; **PredCN**: Predadores de fundo crepusculares-noturnos; **Parasi**: Parasitas.



Fonte: Gabriel L. Brejão

5. DISCUSSÃO

5.1. CARACTERIZAÇÃO FUNCIONAL DE UMA ASSEMBLEIA DE PEIXES EM IGARAPÉS DA AMAZÔNIA ORIENTAL

A composição da ictiofauna encontrada segue o padrão descrito por Lowe-McConnell (1999) para a região Neotropical e para os igarapés da Amazônia Central, com predomínio de Characiformes, seguido por Siluriformes, Gymnotiformes e Perciformes. No estado do Pará, o padrão de diversidade encontrado tanto na FLONA de Caxiuanã (MONTAG et al., 2008) quanto nos campos alagados da Ilha do Marajó (MONTAG et al., 2009) foi o mesmo detectado no presente estudo.

Na região nordeste do Pará, e em áreas próximas às amostradas por este estudo, Corrêa (2007) encontrou 43 espécies de peixes em oito localidades amostradas durante nove meses, encontrando baixa representatividade de Siluriformes ($n = 3$) e Gymnotiformes ($n = 1$). Este fato pode estar relacionado ao método de amostragem utilizado (rede de arrasto), que pode não ter sido eficiente na captura de indivíduos dos grupos citados, ou à baixa intensidade e horário de amostragem (diurno), que reduz a probabilidade de espécies menos abundantes e de hábitos noturnos serem capturadas.

Nos igarapés da FLONA de Caxiuanã, Amazônia Oriental, Montag et al. (2008) encontraram 35 espécies de peixes em igarapés de segunda ordem, sendo que Characiformes ($n = 14$) foi a ordem mais representativa, seguida por Gymnotiformes ($n = 9$), Perciformes ($n = 6$) e Siluriformes ($n = 4$). Estes autores utilizaram redes de mão como apetrecho de coleta.

Em outros estudos realizados em igarapés de terra firme da Amazônia Central (SABINO; ZUANON, 1998; ARAÚJO-LIMA et al., 1999; BÜHRNHEIM, 2002; BÜHRNHEIM; COX-FERNANDES, 2003; MENDONÇA; MAGNUSSON; ZUANON, 2005; PAZIN et al., 2006; ANJOS & ZUANON, 2007; DIAS; MAGNUSSON; ZUANON, 2010), em riachos costeiros da Guiana Francesa (MÉRIGOUX et al., 1998) e no Llanos da Venezuela (ARRINGTON; WINEMILLER; LAYMAN, 2005), a riqueza das assembleias estudadas variou de 18 a 61 espécies. Essa variação pode estar relacionada ao método de amostragem, tamanho do trecho amostrado, tamanho do igarapé (área e volume), heterogeneidade longitudinal, entre outros fatores. Destes, apenas dois trabalhos utilizaram censos visuais para a coleta de dados em igarapés da Amazônia Central: (1) Sabino & Zuanon (1998) utilizaram métodos de observação subaquática para detalhar os padrões de distribuição, atividade e o comportamento alimentar de uma comunidade composta por 29

espécies; e (2) Bührnheim (2002), com o auxílio de um binóculo, realizou observações das margens (*bankside counts* cf. PERROW; CÔTÉ; EVANS, 1996) de três igarapés, com a finalidade de avaliar o efeito dos habitats rasos ou profundos em uma assembleia de peixes composta por 18 espécies.

Durante o presente estudo foram identificadas 73 espécies de peixes em 7 igarapés, indicando a eficiência do método de observação subaquática como alternativa aos métodos de coleta tradicionalmente usados em igarapés (peneiras, puçás, redes de arrasto, redes de mão), que provocam maiores impactos à integridade estrutural dos ambientes aquáticos. Além disso, estes métodos de captura baseiam-se na retirada de uma parcela considerável da comunidade de peixes e, em muitas ocasiões, na completa destruição de unidades de habitats e de microhabitats do ambiente lótico, no trecho amostrado.

A heterogeneidade de habitats é conhecida por provocar fortes efeitos na distribuição de espécies de peixes ao longo dos riachos, tanto em função das suas características longitudinais quanto na diversidade de microhabitats (ANGERMEIER; KARR, 1983; SABINO; CASTRO, 1990; BÜHRNHEIM, 2002). Ao amostrar trechos longos de igarapés, entre 200 e 280 m de extensão, a possibilidade de incluir na amostra uma grande variedade de microhabitats aumenta, reduzindo os possíveis efeitos dos diferentes padrões de distribuição das espécies de peixes (ANGERMEIER; SMOGOR, 1995; ANJOS; ZUANON, 2007). Os trechos de 200 metros de extensão foram suficientes para amostrar de forma eficiente a assembleia de peixes dos igarapés e dos alagados selecionados para este estudo, através de observações subaquáticas.

Observou-se nos igarapés estudados que as margens apresentam maior complexidade estrutural proporcionada pela presença de subunidades de habitat específicos das margens (e.g. *Undercut banks*, FRISSELL et al., 1986), raízes provenientes da floresta ripária, mais galhadas e troncos, presença de macrófitas, reentrâncias proporcionadas pela erosão da margem próximo à superfície etc. Já as áreas mais centrais dos canais oferecem segurança aos peixes de pequeno porte, em relação a pontos de emboscada por predadores de maior tamanho, além disso ao utilizar as áreas centrais dos canais os peixes ficam vulneráveis a ataques de predadores (POWER, 1984). A margem é o compartimento mais utilizado pelas espécies de peixes encontradas neste estudo, concordando com o padrão de distribuição horizontal descrito por Sabino & Zuanon (1998) em um igarapé da Amazônia Central, onde 72,4% das espécies observadas ocuparam as margens. Uieda (1984), Costa (1987), Sabino & Castro (1990) e Sabino & Silva (2004) também detectaram esse padrão em riachos da região

sudeste.

Quanto à estratificação vertical houve o predomínio de espécies nectônicas, contrariando o padrão encontrado por Sabino & Zuanon (1998), em que 65,5% das espécies por eles amostradas eram bentônicas. Essa diferença pode ter ocorrido pelo fato desses autores considerarem bentônicas todas as espécies que apresentaram atividade alimentar associada ao fundo do igarapé, incluindo as espécies nectobentônicas

A distribuição espacial das espécies de peixes indica a ocorrência de estratificação vertical e horizontal ocupada pelas espécies no igarapé, assim como a forma do corpo fornece informações sobre o microhabitat utilizado. Porém nota-se a tendência das espécies com formas e tamanhos similares partilharem recursos de maneiras semelhantes, podendo ser consideradas ecologicamente equivalentes (HUBBELL, 2005).

O padrão encontrado para a quantidade de táticas alimentares utilizadas por cada família (ver Quadro 1) pode refletir a diversidade morfológica das famílias Characidae e Cichlidae. Quando se eleva o nível taxonômico da análise para ordem, os GTF apresentam o mesmo padrão encontrado para a composição da assembleia, com os Characiformes apresentando a maior quantidade de GTFs, seguido pelos Siluriformes, Gymnotiformes e Perciformes. Ao comparar as similaridades no comportamento alimentar entre uma comunidade de peixes marinhos e outra de água doce, Sazima (1986) relata que Characidae e Cichlidae apresentaram metade das táticas alimentares realizadas por seis famílias de peixes marinhos, sugerindo que a diversidade morfológica dessas duas famílias seja responsável pela amplitude de táticas e de ambientes explorados por elas.

Foram encontradas cinco espécies (6,8%) psamófilas nesta assembleia, *B. cf. diaphanus* (Characidae), *G. petiti* (Rhamphichthyidae), *M. asopos* (Heptapteridae), *Paravandellia* sp. (Trichomycteridae) e *T. hasemani* (Trichomycteridae), que apresentam padrão de coloração críptico na areia ou translúcido (ZUANON; BOCKMANN; SAZIMA, 2006). Exceto *B. cf. diaphanus*, as outras quatro espécies apresentaram atividades crepusculares-noturnas e durante o dia se enterram na areia.

Gymnorhamphichthys petiti procura por presas intersticiais, enterrando o focinho na areia, corroborando com o comportamento descrito para *G. rondoni* em um igarapé da Amazônia Central (ZUANON; BOCKMAN; SAZIMA, 2006).

Mastiglanis asopos utiliza uma tática de caça peculiar, nomeada de armadilha-de-deriva (ZUANON; BOCKMAN; SAZIMA, 2006), que consiste em posicionar-se com a cabeça contra a corrente, estender os barbilhões e o primeiro raios da nadadeira peitoral, que

são muito alongados, interceptando itens arrastados pela corrente com movimentos curtos e retornando à posição em que se encontrava anteriormente. A tática de interceptar uma presa à deriva e retornar à posição anterior ao ataque é muito comum nas espécies de *Characidium*, descrita por Sazima (1986) como um predador de tática tipo senta-e-espera, sustentando a inclusão de *M. asopos* neste grupo trófico funcional.

Esperava-se que *Hemiodontichthys acipenserinus*, sendo um Loricariidae, fosse classificado como pastador, *dado que as espécies pertencentes a esta família possuem características morfológicas que lhes permitem utilizar um recurso abundante em riachos e de acesso relativamente difícil: o perifiton*. Eles raspam o perifiton aderido a substratos duros com os dentes, sugando-o posteriormente. Porém, *H. acipenserinus* utiliza seu disco oral para escavar o substrato, enterrando-o com o movimento do corpo para frente, executado com o auxílio das nadadeiras pares. O sedimento é sugado e expelido pelas fendas operculares, de maneira muito semelhante ao que fazem os Cichlidae, classificados como escavadores. Isto sustenta a inclusão de *H. acipenserinus* nesta categoria funcional.

Agrupar as espécies em grupos tróficos funcionais permite a comparação da estrutura das comunidades de peixes residentes em diferentes ambientes. Espécies diferentes mas com características morfológicas semelhantes tendem a executar a mesma função ecológica e ocupar os mesmos microhabitats, seja em comunidades tropicais ou temperadas, em água doce ou em ambiente marinho (WINEMILLER, 1991). Passam a ser observados os padrões funcionais, e estes utilizados para inferir a natureza de processos ecológicos, respeitando as características de abundância, distribuição e diversidade de espécies (CASSEMIRO; PADIAL, 2008). No presente estudo, a assembleia observada foi organizada em 18 grupos tróficos funcionais que podem ser comparados a trabalhos similares realizado em uma lagoa de água doce e em ambiente marinho (SAZIMA, 1986). Em um igarapé da Amazônia Central (SABINO; ZUANON, 1998) e em riachos da Bacia do Alto Rio Paraná (CASATTI; LANGEANI, CASTRO, 2001) as espécies foram organizadas de acordo com suas similaridades funcionais, permitindo aos autores que identificassem mais de uma tática alimentar sendo utilizada por um grupo de espécies. Na tabela 19 encontra-se a comparação dos três trabalhos citados acima com a organização funcional da comunidade aqui apresentada.

Tabela 17. Comparação da classificação entre os grupos tróficos funcionais propostos por este estudo e outros três trabalhos similares.

Sazima (1986)	Sabino e Zuanon (1998)	Casatti, Langeani e Castro (2001)*	Este trabalho
- <i>Surface pickers</i> - <i>Drift feeders</i>	<i>Surface pickers and drift feeders</i>	-Item 4.3.1, p. 5	Coletores de canal Coletores de margem
- <i>Grazers</i> - <i>Surface pickers</i>	<i>Grazers and Surface pickers</i>	-Item 4.3.2, p. 6	Coletores-Pastadores
- <i>Surface pickers</i>	ausente	ausente	Coletores de superfície
- <i>Ambush predators</i> - <i>Stalking predators</i> - <i>Rooving predators</i>	<i>Ambush, stalking and pursuit predators</i>	-Item 4.3.7, p. 9	Predadores de emboscada
- <i>Rooving predators</i>	<i>Pursuit predators</i>	ausente	Predadores de perseguição
- <i>Mud-eaters</i>	ausente	ausente	Comedor de sedimento
- <i>Nibblers</i>	<i>Bottom nibblers</i>	ausente	Mordiscadores
- <i>Browsers</i>	ausente	ausente	Podadores
- <i>Sit-and-wait</i>	<i>Sit-and-wait predators</i>	-Item 4.3.6, p. 8	Predadores de senta-e-espera
- <i>Grazers</i>	<i>Grazers</i>	-Item 4.3.5, p. 8	Pastadores
- <i>Grubbers</i>	ausente	ausente	Revolvedores
- <i>Diggers</i>	<i>Diggers and bottom nibblers</i>	ausente	Escavadores
- <i>Drift feeders</i> - <i>Browsers</i>	<i>Drift feeders and browsers</i>	ausente	Coletores-Podadores
ausente	<i>Invertebrate pickers</i>	ausente	Apanhadores de invertebrados
- <i>Drift feeders</i> - <i>Surface pickers</i>	<i>Nocturnal bottom predators</i>	-Item 4.3.4, p. 7	Coletores crepusculares-noturnos
- <i>Crepuscular to nocturnal predators</i>	<i>Probers and bottom predators</i>	-Item 4.3.3, p. 6 -Item 4.3.8, p. 9	Predadores de fundo crepusculares-noturnos
ausente	ausente	ausente	Parasitas

* Neste trabalho os autores agruparam as espécies considerando a distribuição espacial e a tática alimentar mais frequentemente observada para cada espécie, descrevendo os grupos sem atribuir nomes específicos.

Optou-se por dividir o grupo composto pelos Characidae nectônicos que realizam coleta de itens arrastados pela corrente e de itens na superfície em dois, coletores de canal e coletores de margem, principalmente pelo fato dessas espécies apresentarem diferenças em sua distribuição horizontal, que podem estar relacionadas com o tamanho dos peixes. As espécies pertencentes ao grupo coletores de margem são pequenas, e ocupam predominantemente as margens, o que pode ser uma forma de proteção contra possíveis ataques de predadores. Quanto maior a complexidade do habitat, menores são as possibilidades de um predador devastar uma população de presas (POWER; MATTHEWS; STEWART, 1985). Em contrapartida, o grupo dos coletores de canal congrega espécies de tamanho médio, ágeis nadadoras, que provavelmente se esquivam com certa facilidade dos ataques desferidos pelos predadores, permitindo a elas ocupar a região central do canal.

Uma organização de comunidade em grupos tróficos funcionais é proposta com a finalidade de possibilitar comparações entre diferentes sistemas hidrográficos, minimizando as particularidades taxonômicas das suas ictiocenoses (efeitos biogeográficos). Esta organização permite fazer inferências sobre as diferenças ou semelhanças entre processos ecológicos em ambientes distintos (e.g. igarapés na Amazônia e riachos de Mata Atlântica) e de que maneira o mesmo tipo de impacto afeta diferentes ictiocenoses.

5.2. EFEITOS DA FRAGMENTAÇÃO FLUVIAL EM UMA ASSEMBLEIA DE PEIXES EM IGARAPÉS DO NORDESTE DO ESTADO DO PARÁ

Os resultados obtidos neste estudo revelaram diferenças entre os quatro grupos de trechos amostrais. Essas diferenças estão relacionadas com a estrutura física dos igarapés, composição do substrato e da ictiofauna. Os alagamentos, ao serem comparados aos outros três grupos de trechos, apresentaram valores maiores de largura, profundidade e temperatura máxima, e valores menores de velocidade da corrente e oxigênio dissolvido. O represamento do igarapé pela estrada resulta em dois problemas principais. O primeiro é a restrição da vazão pelas barragens formadas que possuem apenas uma ou duas manilhas de concreto, muitas vezes dispostas em nível acima do necessário. Em situações naturais, os igarapés da região estudada possuem canais fracamente confinados (BISSON; MONTGOMERY; BUFFINNGTON, 2007) e seus leitos apresentam conformação complexa, em intensa interação com a planície de inundação. O segundo problema causado pelo represamento é a modificação no nível de base do sistema, elevando e ampliando o ambiente aquático a montante do alagamento. Estes problemas promovem a lentificação, elevação do nível da água associada à redução da velocidade média da água, interferindo no *continuum* fluvial (VANNOTE et al., 1980) e nas dinâmicas espacial e ecológica do ambiente aquático imediatamente a montante (WARD; STANFORD, 1983). Quanto mais alto o tubo for posicionado, mais intensos serão os efeitos da lentificação.

Como constatado pelos maiores valores de largura nos alagamentos, as dimensões lateral e longitudinal desse processo de lentificação podem ser da ordem de centenas a milhares de metros, respectivamente. O impacto lateral consiste em inundar permanentemente uma grande porção da planície de inundação dos igarapés, ocasionando o afogamento da floresta ripária. Esta floresta está adaptada ao regime de cheias região, que as alagam durante alguns meses, formando as florestas de igapó (PIRES, 1974). Porém, as árvores do igapó não resistem ao afogamento permanente de suas raízes provocado pelo alagamento, e começam a definhando, formando os chamados "paliteiros" (árvores mortas, ou prejudicadas fisiologicamente, que ainda permanecem em pé), e morrem. Com o passar dos anos, os troncos do paliteiro caem e se acumulam dentro do alagamento. Em áreas de declividade baixa, os igarapés, em geral, apresentam substratos compostos predominantemente por areia e liteira grossa (MENDONÇA, 2002; ANJOS, 2005; ESPÍRITO-SANTO et al., 2009; PAZIN; MAGNUSSON; ZUANON, 2009). A redução da velocidade da água transforma os alagados em um amplo ambiente deposicional, favorecendo o acúmulo da liteira grossa ao centro,

quando resta algum vestígio de canal, e de liteira fina e MOFP nas áreas marginais.

Os impactos da fragmentação fluvial sobre a ictiofauna observados neste trabalho estão relacionadas a alterações no número de famílias e de espécies, na abundância e diversidade de espécies e de grupos tróficos funcionais. O grupo de amostras tomadas nos alagamentos apresentou menor número de espécies e maior abundância do que nos grupos de amostras tomadas a jusante e a montante. O aumento da largura média proporciona o crescimento da zonas pelágica e bentônica nos alagamentos; esta alteração, associada à redução da velocidade média da água e à abertura do dossel provocada pela morte das árvores da zona ripária, permitem a proliferação das macrófitas, principalmente *Nymphaea* sp. e *Eleocharis* sp. Esses novos ambientes favorecem espécies que apresentam flexibilidade e tolerância para suportar alterações do ambiente, e que tendem a ser generalistas quanto à utilização de recursos (ANDERSON; FREEMAN; PRINGLE, 2006; AGOSTINHO; PELICICE; GOMES, 2008). As espécies coletoras de superfícies, *Carnegiella strigata* e *Gnatocharax steidachneri*, apesar de se demonstrarem bastante especializadas quanto à tática alimentar, se adaptaram bem aos alagamentos (Figura 5) que apresentam alta diversidade de substrato (Pirapema e Timboteua, Figura 7) e com grande porcentagem de liteira grossa (Timboteua, Figura 8). Estas duas espécies sempre foram observadas nas margens, próximas à superfície, capturando artrópodes entre as macrófitas, galhadas e raízes. As táticas de forrageio dos Cichlidae também são favorecidas pela expansão desses compartimentos, pois são espécies que forrageiam escavando o substrato no fundo (Escavadores) ou arrancando porções de perifiton aderido nas macrófitas e troncos, e coletando partículas em suspensão (Podadores-Coletores) (Figura 8). As espécies que apresentam maior sucesso na colonização após a formação de um reservatório são aquelas adaptadas aos novos ambientes criados, como troncos submersos, bancos de macrófitas e áreas pelágicas extensas (FERNANDO; HOLČÍK, 1982). As espécies que não realizam migrações (espécies sedentárias) tendem a ter mais sucesso em colonizar os reservatórios pois, em geral, possuem poucas exigências quanto à dinâmica espacial complexa (SCHLOSSER, 1995) do ciclo de vida (AGOSTINHO et al., 1999; AGOSTINHO; PELICICE; GOMES, 2008).

No alagamento do igarapé do Laranjal, que apresenta uma extensa zona litorânea (ambiente raso, com muitas macrófitas, troncos submersos e água com temperatura máxima média 3,9 °C mais quente do que a dos demais alagamentos), foi observada alta abundância de cichlidae, especialmente *Mesonauta* sp. e *Heros* sp. em vários estágios do ciclo de vida. Foram observados casais realizando corte, casais em desova, casais cuidando da prole,

cardumes de jovens e indivíduos solitários, corroborando a afirmação de que os ciclídeos são bem adaptados para utilizarem as áreas litorâneas de represamentos antrópicos como sítios reprodutivos (LOWE-McCONNELL, 1987).

Gymnotiformes foi o grupo afetado pela formação dos alagamentos. Sendo responsáveis por 9,5% da abundância no grupo jusante, 4,9% na montante e 2,5 % na referência, não chegam a configurar 1,0% nos alagados (0,2%), onde são representados por apenas 8 indivíduos, sendo cinco de *Eigenmannia* cf. *trilineata* (Sternopygidae) e três de *Gymnorhamphichthys petiti* (Rhamphichthyidae).

A baixa ocorrência de Gymnotiformes nos alagamentos ($n = 8$; 0,2% da abundância total nestes ambientes) pode estar relacionada ao tamanho destes ambientes que dificultaria a amostragem deste grupo, ou pelo fato de algumas espécies desta ordem poderem realizar migrações no sentido montante-jusante durante o período reprodutivo (NOGUEIRA², 2011 comunicação pessoal). Ao considerar as análises de correspondência canônica, tanto para as espécies (Figura 7) quanto para os grupos tróficos funcionais (Figura 8), percebe-se que as oito espécies Gymnotiformes e o GTF em que elas estão inseridas (Apanhadores de invertebrados) não se relacionaram aos alagamentos.

Os predadores de senta-e-espera, pastadores, revolvedores, apanhadores de invertebrados, coletores crepusculares noturnos e predadores de fundo crepusculares-noturnos, foram ordenados pela porcentagem de areia (Figura 8). *Gymnorhamphichthys petiti* (revolvedor), *Characidium* sp. e *Mastiglanis asopos* (predadores de senta-e-espera); *Rineloricaria* sp. (pastador); *Corydoras* cf. *amapaensis*, *Corydoras* sp. (revolvedores); *Eigenmannia* cf. *trilineata*, *Hypopygus lepturus* e *Steatogenys elegans* (apanhadores de invertebrados) *Denticetopsis* cf. *epa* e *Tatia intermedia* (coletores crepusculares noturnos); e todas as espécies do grupo predadores de fundo crepusculares-noturnos foram ordenadas pela porcentagem de areia (Figura 8). Este grupo de espécies, composto praticamente por Gymnotiformes e Siluriformes (exceto *Characidium* sp., um Characiforme), pode ser um contraponto ao que foi explanado acima acerca da dominância de Characidae e Cichlidae nos alagamentos e sustentar uma assembleia mais diversa, principalmente nos trechos a jusante dos alagamentos. Estas espécies aparentam ter preferência por ambientes de velocidade da água mais elevada, sendo sempre observadas em atividade ao centro do canal ou, quando nas áreas marginais, sob influência direta da corrente. As assembleias dos trechos a jusante de

2 Adília dos Prazeres da Rocha Nogueira, Bolsista Especialista Visitante do CNPq - Nível B, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia.

reservatórios tendem a apresentar uma mistura de espécies oportunistas e de espécies de sistemas em equilíbrio, que geralmente possuem estratégias reprodutivas mais complexas (ANDERSON; FREEMAN; PRINGLE, 2006). A presença ou ausência de uma ou mais espécies em um ambiente não depende apenas das condições limnológicas específicas do habitat, mas também da disponibilidade de recursos alimentares, refúgio e áreas para a reprodução (LOWE-McCONNELL, 1987; ORSI; CARVALHO; FORESTI, 2004).

Com base nos nossos resultados é possível dizer que a diversidade e abundância de Gymnotiformes e Siluriformes é negativamente afetada pela formação dos alagamentos, ocasionando a redução na diversidade α da assembleia estudada. São grupos importantes na composição da ictiocenose na região Neotropical (LOWE-McCONNELL, 1987), mas que aparentam ser sensíveis a alterações ambientais severas (como a lentificação do ambiente lótico), podem ser excluídas gradativamente da assembleia. O uso da abordagem de grupos tróficos funcionais foi importante para inferir como o processo de fragmentação da rede fluvial e os alagamentos modificam a estrutura e diversidade da assembleia estudada. O uso da organização taxonômica em espécies refina a interpretação das informações geradas pelos GTF, corroborando e fortalecendo os padrões por eles indicados, além de possibilitar a inclusão de particularidades da biologia e ecologia das espécies, importantes na interpretação dos impactos decorrentes da formação dos alagamentos estudados, decorrentes de um processo de colonização de terras amazônicas com base na agricultura familiar.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os alagados estudados constituem parte importante do cotidiano das comunidades de agricultores locais, sendo utilizados como áreas de recreação, fonte de água para consumo doméstico, local para lavar roupa e louça, tomar banho e pescar. Em geral, a área utilizada pelos moradores locais é constantemente manejada, sendo retiradas do local as macrófitas acumuladas, com a finalidade de deixar o local o mais “limpo” possível (i.e., fundo de areia e uma ampla área de espelho d'água desimpedido), e criar uma área aberta para as atividades mencionadas. Tanto o uso como o manejo dessa área “mais antropizada” do alagado parecem interferir na composição da comunidade e na abundância de algumas espécies. Por exemplo, foram observados grandes cardumes de *Astyanax cf. bimaculatus* e *Bryconops* sp. enquanto as mulheres lavavam louça, aproveitando-se dos restos de alimento que caíam no igarapé, o que deve favorecer essas espécies.

É muito comum encontrar na região pessoas se deslocando aos igarapés para pescar com suas zagaias e “visores” (máscaras de mergulho rudimentares, construídas artesanalmente) ou com pequenas redes de espera para pescar, com preferência pelas espécies de maior porte como traíra (*Hoplias malabaricus*), jeju (*Hoplerythrinus uniteniatus*), uéua (*Acestrorhynchus cf. falcatus*), jacundás (*Crenicichla* spp.), aracus (*Leporinus* sp.) e tucunaré (*Cichla cf. temensis*). Em algumas ocasiões foram avistadas crianças capturando piabinhas (Characidae) e pequenos carás (Cichlidae), que também eram reservados para consumo.

Outro fato de relevante importância é o uso, com certa frequência, do timbó no auge da estação seca (final de outubro, neste caso específico). O timbó é um ictiocida extraído de diversas espécies de cipós (CABALZAR; LIMA; LOPES, 2005). Segundo relatos de um morador local, o timbó é utilizado em conjunto pelos agricultores, que depois de “bater” o feixe de cipó na água liberando o veneno, dividem entre si os peixes assim capturados. Ao amostrar o igarapé Buiuna, durante o período de testes de método, poucas semanas após a aplicação do timbó (conforme relatado por um morador do local) verificou-se que as espécies diurnas frequentemente avistadas durante os testes de método foram praticamente dizimadas, sendo avistados alguns poucos indivíduos ao longo do transecto. Mas, curiosamente, durante a sessão de observações noturnas, foram avistados muitos Gymnotiformes (Gymnotidae, Sternopygidae, Rhamphichthyidae e Hypopomidae) e Siluriformes (Auchenipteridae, Trichomycteridae e Cetopsidae), que constituem um grupo de espécies que, durante o dia, ficam entocadas em troncos e locas entre as raízes nas margens, no meio do folhiço ou

enterradas no leito arenoso dos igarapés. Segundo indígenas das etnias Tukano e Tuyuka, da bacia do alto Rio Tiquié (alto Rio Negro), algumas espécies de *Tatia* (Auchenipteridae), *Helogenes marmoratus* (Cetopsidae) e *Stauroglanis gouldingi* (Trichomycteridae), não morrem com a aplicação do timbó (CABALZAR; LIMA; LOPES, 2005). Curiosamente, o mesmo não foi relatado para os Gymnotiformes, que são usualmente capturados com o uso do Timbó pelos Tukano e Tuyuka. Já no trecho alagado do Igarapé Timboteua, onde o uso do timbó é recorrente e muito frequente há décadas, o que se observou foi uma baixa abundância de todas as espécies observadas.

Devido a alteração permanente do nível do igarapé na área do alagado, pode-se sugerir que as florestas de Igapó, antes alagadas sazonalmente, estejam sofrendo lentamente os impactos do solo permanentemente saturado de água. Isto deve determinar redução na oxigenação das raízes das árvores, ocasionando a morte dos indivíduos das espécies menos adaptadas a esta nova condição. Por sua vez, isto pode acarretar na redução da diversidade de espécies vegetais e uma provável colonização da área por grupos vegetais de hábito paludícola (de porte não-arbóreo).

Outra questão importante a se considerar, mas não considerada pelo presente estudo, é: Qual a contribuição que estes ambientes apresentam na emissão dos gases do efeito estufa? O acúmulo de matéria orgânica nas regiões marginais dos alagamentos é muito grande. Todas as folhas, galhos e frutos provenientes da vegetação afundam e se acumulam sob a água, criando um ambiente favorável para o processo de decomposição anaeróbica se iniciar, tendo o metano (CH₄) como um dos principais produtos deste processo. A extensão dos alagamentos é muito maior do que eles aparentam quando visualizados das estradas, podendo atingir de várias centenas de metros a poucos quilômetros. Desta forma, a magnitude dessas emissões pode ser relativamente grande e estar sendo desconsiderada por estudos que apresentam estimativas regionais de emissões de gases do efeito estufa.

Considerando a densidade das drenagens na Amazônia, a formação destes alagamentos é frequente e recorrente em todos os empreendimentos viários da região. Pouco (ou nada) se sabe sobre o efeito da fragmentação das redes de drenagem ocasionada por este tipo de perturbação ambiental, o que faz surgir um vasto campo de pesquisa com uma ampla gama de perguntas: o que ocorre no início da formação dos alagamentos? Qual o tempo necessário para que ocorram as alterações na composição do substrato? Em que velocidade ocorre a deleção de espécies na comunidade impactada?. Qual a contribuição destes ambientes na emissão regional dos gases do efeito estufa? O impacto pode ser pequeno e pontual, mas se

forem somados todos os pequenos impactos pontuais que já existem por toda a Amazônia surge um importante problema a ser entendido e, se possível, solucionado.

REFERÊNCIAS

- ABES, S. S.; AGOSTINHO, A. A. Spatial patterns in fish distributions and structure of the ichthyocenosis in the Água Nanci stream, upper Paraná River basin, Brasil. **Hydrobiologia**, v.445, p.217-227. 2001.
- AGOSTINHO, A. A. et al. Patterns of colonization in neotropical reservoirs, and prognoses on aging. In TUNDISI, J. G.; STRASKRABA, M. (Eds.). **Theoretical reservoir ecology and its applications**. Leiden: Backhuys Publisher. p. 227-265. 1999.
- AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C.; PELICICE, F. M. Impactos dos represamentos: alterações ictiofaunísticas e colonização. In AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C.; PELICICE, F. M. (Eds.). **Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil**. p. 107-151. Editora UEM, Maringá. 2007.
- AGOSTINHO, A. A.; JÚLIO JR. H. F. Peixes da bacia do Alto rio Paraná. In LOWE-McCONNELL, R.H. (Ed.). **Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais**. Edusp, São Paulo, p. 374-400. 1999
- AGOSTINHO, A. A.; PELICICE, F. M.; GOMES, L. C. Dams and the fish fauna of the Neotropical region: impacts and management related to diversity and fisheries. **Brazilian Journal of Biology**, v. 68, n. 4 (Suppl.), p. 1119-1132. 2008.
- ALCOCK, J. **Animal Behaviour**. Sinauer Associates, Sunderland. 1993. 625 p.
- ALLAN, J. D. **Stream Ecology: structure and function of running waters**. Chapman & Hall, London. 1995. 388 p.
- ANDERSON, E. P.; FREEMAN, M. C.; PRINGLE, C. M. Ecological consequences of hydropower development in Central America: Impacts of small dams and water diversion on neotropical stream fish assemblages. **River Research and Applications**. v. 22, p. 397-411. 2006.
- ANGERMEIER, P. L.; KARR, J. R. Fish communities along environmental gradients in a system of tropical streams. **Environmental Biology of Fishes**, v. 9, n. 2, p. 117-135. 1983.
- ANGERMEIER, P. L.; SMOGOR, R. A. Estimating number of species and relative abundances in stream-fish communities: effects of sampling effort and discontinuous spatial distributions. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 52, n. 5, p. 936-949.
- ANJOS, M. B. dos. **Estrutura de comunidades de peixes de igarapés de terra firme na Amazônia Central: composição, distribuição e características tróficas**. 2005 68 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Tropical e Recursos Naturais, Área de Concentração; Ecologia) - Universidade Federal do Amazonas – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA. Manaus, Amazonas.

ANJOS, M. B.; ZUANON, J. Sampling effort and fish species richness in small terra firme forest streams of central Amazonia, Brazil. **Neotropical Ichthyology**, v. 5, n. 1, p. 45-52. 2007.

ARAÚJO-LIMA, C. A. R. et al. A. Relação entre o número de espécies de peixes, complexidade do habitat e ordem do racho nas cabeceiras do Rio Urubu, Amazônia Central. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 11, n. 2, p. 127-135. 1999.

ARRINGTON, D. A.; WINEMILLER, K. O.; LAYMAN, C. A. Community assembly at the patch scale in a species rich tropical river. **Oecologia**, v. 144, n. 1, p. 157-167 2005.

BISSON, P. A.; MONTGOMERY, D. R.; BUFFINGTON, J. M. Valley segments, stream reaches, and channel units. In HAUER, F. R.; LAMBERTI, G. A. (Eds.). **Methods in Stream Ecology**, 2nd Edition. p. 23-49. Academic Press/Elsevier, San Diego. 2006.

BUCK, S.; SAZIMA, I. An assemblage of mailed catfishes (Loricariidae) in southeastern Brazil: distribution, activity, and feeding. **Ichthyological Exploration of Freshwaters**, v. 6, p. 325-332. 1995.

BUCKUP, P. A.; MENEZES, N. A.; GHAZZI, M. S. **Catálogo das espécies de peixes de água doce do Brasil**. Museu Nacional, Rio de Janeiro. 2007. 195 p.

BÜHRNHEIM, C. M. Heterogeneidade de habitats: rasos x fundos em assembleias de peixes de igarapés de terra firme na Amazônia Central, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 19, n. 3, p. 889-905. 2002.

BÜHRNHEIM, C. M.; COX-FERNANDES, C. Structure of fish assemblages in amazonian rain-forest streams: effects of habitat and locality. **Copeia**, v. 2003, n. 2, p. 255-262. 2003.

CABALZAR, A.; LIMA, F.C.T.; LOPES, M.C. **Peixe e gente no alto rio Tiquié: conhecimento Tukano e Tuyuka, ictiologia, etnologia**. São Paulo, Instituto Socioambiental, 2005. 339 p.

CARO, T. (Ed.). **Behavioral ecology and conservation biology**. Oxford: Oxford University Press. 1998. 608 p.

CASATTI, L.; CASTRO, R. M. C. Testing the ecomorphological hypothesis in a headwater riffles fish assemblage of the rio São Francisco, southeastern Brazil. **Neotropical ichthyology**, v. 4, n. 2. 2006.

CASATTI, L.; LANGEANI, F.; CASTRO, R. M. C. Peixes de riacho do Parque Estadual do Morro do Diabo, bacia do alto rio Paraná, SP. **Biota Neotropica**, v. 1, n. 1. 2001.

CASSEMIRO, F. A. S.; HAHN, N. S.; FUGI, R. Avaliação da dieta de *Astyanax altiparanae* Garutti & Britski, 2000 (Osteichthyes, Tetragonopterinae) antes e após a formação do reservatório de Salto Caxias, Estado do Paraná, Brasil. **Acta Scientiarum**. v. 24, n. 2, p. 419-425. 2002.

CASSEMIRO, F. A. S.; PADIAL, A. S. Teoria Neutra da Biodiversidade e Biogeografia: Aspectos Teóricos, Impactos na Literatura e Perspectivas. **Oecologia Brasiliensis**, v. 12, n. 4, p. 706-719. 2008.

CASTRO, R. M. C. Evolução da ictiofauna de riachos sul-americanos: padrões gerais e possíveis processos causais. In CARAMASCHI, E. P.; MAZZONI, R.; P. R. PERES – NETO (Eds). **Ecologia de Peixes de Riachos**. Série Oecologia Brasiliensis, v. VI, p. 139-155. Rio de Janeiro: PPGE-UFRJ., Brasil. 1999.

CLEMMONS, J. R.; BUCHHOLZ, R. (Eds.) **Behavioral approaches to conservation in the Wild**. Cambridge: Cambridge University Press. 1997. 404 p.

COLWELL, R. K. **EstimateS**: statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 8.2. 2009. Disponível em: <<http://purl.oclc.org/estimates>>. Acesso em: mar. 2010.

CORRÊA, J. M. **Estrutura de comunidades de peixes de igarapés de três pequenas bacias de drenagem sob uso de agricultura familiar no Nordeste Paraense**. 2007. 92 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade Federal do Pará – Museu Paraense Emílio Góeldi – Embrapa Amazônia Oriental. 2007.

COSTA, J. E. M. Feeding habits of a fish community in a tropical coastal stream, Rio Mato Grosso, Brazil. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v. 22, n. 3, p. 145-153. 1987.

DIAS, M. S.; MAGNUSSON, W. E.; ZUANON, J. Effects of reduced-impact logging on fish assemblages in Central Amazonia. **Conservation Biology**. v. 24, n. 1, p. 278-286. 2010.

ESGUÍCERO, A. L. H.; ARCIFA, M. S. Fragmentation of a Neotropical migratory fish population by a century-old dam. **Hydrobiologia**. v. 638, p. 41-53. 2010.

ESPÍRITO-SANTO, H. M. V. et al. Seasonal variation in the composition of fish assemblages in small Amazonian forest streams: evidence for predictable changes. **Freshwater Biology**, v. 54. p. 563-548. 2009.

ESTEVEZ, K. E.; ARANHA, J. M. R. Ecologia trófica de peixes de riachos. In CARAMASCHI, E. P.; MAZZONI, R.; P. R. PERES – NETO (Eds). **Ecologia de Peixes de Riachos**. Série Oecologia Brasiliensis, v. VI, p. 157-182. Rio de Janeiro: PPGE-UFRJ., Brasil. 1999.

- FALKE, J. A.; GIDO, K. B. Spatial effects of reservoirs on fish assemblages in great plains streams in Kansas, USA. **River Research and Applications**. v. 22, p. 55-68. 2006.
- FERNANDO, C. H.; HOLČÍK, J. The nature of fish communities: a factor influencing the fishery potential and yields of tropical lakes and reservoirs. **Hydrobiologia**. v. 97, n. 2, p. 127-140. 1982.
- FERREIRA, A.; HAHN, N. S.; DELARIVA, R. L. Ecologia alimentar de *Piabina argentea* (Teleostei, Tetragonopterinae) nas fases de pré e pós-represamento do rio Corumbá, GO. **Acta Limnologica Brasiliensia**. v. 14. n. 1, p. 43-52. 2002.
- FITZPATRICK, F. A. et al. **Revised methods for characterization of stream habitat in the national-quality assessment program**. Raleigh: U.S. Geological Survey, Water-resources Investigations Report, 98-4052, 1998. 77p.
- FOGAÇA, F. N. O.; ARANHA, J. M. R.; ESPER, M. L. P. Ictiofauna do Rio do Quebra (Antonina, PR, Brasil): Ocupação espacial e hábito alimentar. **Interciência**, v. 28, n. 3, p. 168-173. 2003.
- FRISSELL, C. A. et al. A hierarchical framework for stream habitat classification: viewing streams in a watershed context. **Environmental Management**. v. 10, p. 199-214. 1986.
- FRISSELL, C. A.; LONZARICH, D. G. Habitat use and competition among stream fishes. In HAUER, F. R.; LAMBERTI, G. A. (eds). *Methods in Stream Ecology*. Academic Press, San Diego. 1996
- GALVIS, G. et al. **Peces del medio Amazonas. Región de Leticia**. Serie de Guías Tropicales de Campo, n. 5. Bogotá: Conservación Internacional Editorial Panamericana. 2006. 548 p.
- GORDON, N. D. et al. **Stream hydrology: an introduction for ecologists**. Chichester: John Wiley & Sons. 2004. 429 p.
- HAUER, R.; LAMBERTI, G. A. (Eds.). **Methods in stream ecology**. 2nd ed. San Diego: Academic Press. 2007. 877 p.
- HENDERSON, P. A.; WALKER, I. On the leaf litter community of the Amazonian black water stream Tarumãzinho. **Journal of Tropical Ecology**, v. 2, p. 1-17. 1986.
- HÉRAULT, B. Reconciling niche and neutrality through the Emergent Group approach. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**. v. 9, p. 71-78. 2007.
- HUBBELL, S. P. Neutral theory in community ecology and hypothesis of functional equivalence. **Functional Ecology**, v. 19, p. 166-172. 2005.
- HYAMS, D. **Curve Expert 1.4: a curve fitting system for Windows**. 2009. Disponível em: <<http://curveexpert.webhop.net/>>. Acesso em: mar. 2010.

HYNES, H. B. N. The stream and its valley. **Vereinigung Theoretische und Angewandte Limnologi**, v.19, p.1-15.1975.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Mapa de vegetação do Brasil**. 2004. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas/tematicos/mapas_murais/vegetacao.pdf>. Acesso em: mar. 2011.

JONGMAN, R.H.G.; TER BRAAK, C.J.R.; VAN TONGEREN, O.F.R. **Data analysis in community and landscape ecology**. Cambridge: Cambridge University Press. 1995. 299 p.

KEENLEYSIDE, M. H. A. **Diversity and adaptations in fish behaviour**. Berlin, Springer-Verlag, 1979. 208 p.

KEITH, P.; LE BAIL, P.-Y.; PLANQUETTE, P. **Atlas des poissons d'eau douce de Guyane. Tome 2, fascicule I: Batrachoidiformes, Mugiliformes, Beloniformes, Cyprinodontiformes, Synbranchiformes, Perciformes, Pleuronectiformes, Tetraodontiformes**. Paris: Publications scientifiques du M.N.H.N., v.43, n.I. 2000a. 286 p.

KEITH, P.; LE BAIL, P.-Y.; PLANQUETTE, P. **Atlas des poissons d'eau douce de Guyane. Tome 2, fascicule II: Siluriformes**. Paris: Publications scientifiques du M.N.H.N., v.43, n.II. 2000b. 307p.

LEHNER, P. N. **Handbook of ethological methods**. 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press. 1996. 692p.

LOWE-McCONNELL, R. H. **Ecological studies in tropical fish communities**. Cambridge: Cambridge University Press. 1987. 382 p.

LOWE-McCONNELL, R.H. **Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais**. Edusp, São Paulo. 1999. 535 p.

LOWE, W. H. Landscape-scale spatial population dynamics in human-impacted stream systems. **Environmental Management**, v. 30, n. 2, p. 225-233. 2002.

MAGURRAN, A. E. **Measuring biological diversity**. Blackwell Publishing, Oxford. 2004. 260 p.

MANLY, B.J.F. **Métodos estatísticos multivariados: uma introdução**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman. 2005. 230 p.

MATTHEWS, W. J. **Patterns in freshwater fish ecology**. Norwell: Chapman & Hall, 1998. 756p.

- MENDONÇA, F. P. **Ictiofauna de igarapés de terra firme: estrutura das comunidades de duas bacias hidrográficas, Reserva Florestal Ducke, Amazônia Central**. 2002. 43 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Tropical e Recursos Naturais, Área de Concentração: Ecologia) - Universidade Federal do Amazonas – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA. Manaus, Amazonas.
- MENDONÇA, F. P.; MAGNUSSON, W. E.; ZUANON, J. Relationship between habitat characteristics and fish assemblages in small streams of Central Amazonia. **Copeia**, v. 2005, n. 4, p. 750-763. 2005.
- MÉRIGOUX, S.; PONTON, D.; MÉRONA, B. Fish richness and species-habitat relationships in two coastal streams of French Guiana, South America. **Environmental Biology of Fishes**, v. 51, n. 1, p. 25-39. 1998.
- MEYER, J. L. et al. The contribution of headwater streams to biodiversity in river networks. **Journal of the American Water Resources Association**, v. 43, n. 1. 2007.
- MONTAG, L. F. A. et al. Ictiofauna de campos alagados da Ilha do Marajó, Estado do Pará, Brasil. **Biota Neotropica**, v. 9, n. 3. 2008.
- MONTAG, L. F. A. et al. Os peixes da Floresta Nacional de Caxiuanã (municípios de Melgaço e Portel, Pará – Brasil). **Boletim do Museu Paraense Emílio Göeldi. Ciências Naturais**, v. 3, n. 1, p. 11-34. 2008.
- NOSS, R.; CSUTI, B.; GROOM, M. J. Habitat fragmentation. In GROOM, M. J. et al. (Eds.). **Principles of conservation biology**. Sinauer Associates, Inc., Sunderland. p. 213-251. 2006.
- ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 448 p. 1986.
- ORSI, M. L.; CARVALHO, E. D.; FORESTI, F. Biologia populacional de *Astyanax altiparanae* Garutti e Britski (Teleostei, Characidae) do médio Rio Paranapanema, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**. v. 21, n. 2, p. 207-218. 2004.
- PARRISH, J. Fish Behaviour. In PAXTON, J. R.; ESCHMEYER, W. N. (Eds.) **Encyclopedia of fishes: a comprehensive guide by international experts**. p. 42-47. Academic Press, San Diego. 1995.
- PAZIN, V. F. V. et al. Fish assemblages in temporary ponds adjacent to 'terra-firme' streams in Central Amazonia. **Freshwater Biology**, v. 51, n. 6, p. 1025-1037. 2006.
- PENCZAK, T. et al. Impacts of a reservoir on fish assemblages of small tributaries of the Corumbá River, Brazil. **River Research and Applications**. v. 25, p. 1013-1024. 2009.

- PERES-NETO, P. R. Alguns métodos e estudos em ecomorfologia de peixes de riachos. In CARAMASCHI, E. P.; MAZZONI, R. ; P. R. PERES – NETO (Eds). **Ecologia de Peixes de Riachos**. Série Oecologia Brasiliensis, v. VI, p. 209-236. Rio de Janeiro: PPGE-UFRJ., Brasil. 1999.
- PERROW, M.R.; CÔTÉ, I.M.; EVANS, M. Fish.. In SUTHERLAND, W.J. (Ed.) **Ecological census techniques: a handbook**. Cambridge: Cambridge University Press. cap. 5 p. 178-204. 1996
- PIELOU, E. C. Ecological diversity. John Wiley, New York. 1975. 165 p.
- PIRES, J. M. Tipos de Vegetação da Amazônia. **Brasil Florestal**. v. 17, n. 5, p. 48-58. 1974.
- PLANQUETTE, P.; KEITH, P.; LE BAIL, P.-Y. **Atlas des poissons d'eau douce de Guyane. Tome I**. Paris: Publications scientifiques du M.N.H.N., v.22. 1996. 429 p.
- POWER, M. E.; MATTHEWS W. J.; STEWART; A. J. Grazing minnows, piscivorous bass and stream algae: Dynamics of a strong interaction. *Ecology*. v. 66, n. 5, p. 1448-1456. 1985.
- POWER, M. E. Depth distributions of armored catfish: predator-induced resource avoidance? *Ecology*. v. 65, p. 523–528. 1984.
- PRINGLE, C. What is hydrologic connectivity and why is it ecologically important. **Hydrological Processes**, v. 17, p. 2685-2689. 2003.
- RINCÓN, P. A. Uso do micro-habitat em peixes de riachos: métodos e perspectivas. In CARAMASCHI, E. P.; MAZZONI, R. ; P. R. PERES – NETO (Eds). **Ecologia de Peixes de Riachos**. Série Oecologia Brasiliensis, v. VI, p. 22-90. Rio de Janeiro: PPGE-UFRJ., Brasil. 1999.
- ROOT, R. B. The niche exploitation pattern of the blue-gray gnat-catcher. *Ecological Monographs*, v. 37, p. 317-350. 1967.
- SABINO, J. Comportamento de peixes em riachos: métodos de estudo para uma abordagem naturalística. In CARAMASCHI, E. P.; MAZZONI, R. ; P. R. PERES – NETO (Eds). **Ecologia de Peixes de Riachos**. Série Oecologia Brasiliensis, v. VI, p. 183-208. Rio de Janeiro: PPGE-UFRJ., Brasil. 1999.
- SABINO, J.; CASTRO, R. M. C.. Alimentação, período de atividade e distribuição espacial dos peixes de um riacho da Floresta Atlântica (sudeste do Brasil). **Revista Brasileira de Biologia**, v. 50, n. 1, p. 23-26. 1990.
- SABINO, J.; SILVA, C. P. D. História natural de peixes da estação ecológica Juréia-Itatins. In: MARQUES, O. A. V.; DULEBA, W. (Eds.). **Estação ecológica Juréia-Itatins: ambiente físico, flora e fauna**. Ribeirão Preto: Holos, 2004. p. 230-242.

- SABINO, J.; ZUANON, J. A stream fish assemblage in Central Amazonia: distribution, activity patterns and feeding behavior. **Ichthyological Explorations of Freshwaters**, v. 8, n. 3, p. 201-210. 1998.
- SARMENTO-SOARES, L.M.; MARTINS-RIBEIRO, R.F. A systematic revision of *Tatia* (Siluriformes: Auchenipteridae: Centromochlinae). **Neotropical Ichthyology**, v. 6, n. 3, p. 494-542.
- SAZIMA, I. Similarities in feeding behavior between some marine and freshwater fishes in two tropical communities. **Journal of Fish Biology**, v. 29, p. 53-65. 1986.
- SCHLOSSER, I. J. Critical landscape attributes that influence fish population dynamics in headwater streams. *Hydrobiologia*. v. 303, p. 71–81. 1995.
- SHEER, M. B.; STEEL, E. A. Lost watersheds: barriers, aquatic habitat connectivity, and salmon persistence in the Willamette and Lower Columbia River basins. **Transactions of the American Fisheries Society**. v. 135, p. 1654-1699. 2006.
- STANFORD, J. A.; WARD, J. V. Revisiting the serial discontinuity concept. **Regulated Rivers: Research & Management**, v. 17, p. 303–310. 2001.
- STATSOFT, INC. **STATISTICA (data analysis software system)**. v. 7. <<http://www.statsoft.com>>. 2004.
- SUTHERLAND, W. J. **Ecological census techniques: a handbook**. Cambridge University Press, Cambridge. 1996. 336 p.
- SUTHERLAND, W. J. The importance of behavioral studies in conservation biology. **Animal behavior**, v. 56, p. 801-809. 1998.
- TER BRAAK, C. J. F.; ŠMILAUER, P. **CANOCO Reference manual and CanoDraw for Windows user's guide: software for canonical community ordination**. v. 4.5. Microcomputer Power, Ithaca. 2002. 500 p.
- TOWNSEND, C. R.; BEGON, M.; HARPER, J. L. **Fundamentos em ecologia**. São Paulo: Artmed. 2006. 592 p.
- TROMBULAK, S. C.; FRISSELL, C. A. Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. **Conservation Biology**, v. 14, n. 1, p.18-30. 2000.
- UIEDA, V. S. Ocorrência e distribuição dos peixes em um riacho de água doce. *Revista Brasileira de Biologia*, v. 44, n. 2, p. 203-213. 1984.
- VANNOTE, R. L. et al. The river continuum concept. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 37, p. 130-137, 1980.

VIEIRA, I. C. et al. Classifying successional forests using Landsat spectral properties and ecological characteristics in eastern Amazônia. **Remote Sensing of Environment**, n. 87, p. 470–481. 2003.

WARD, J. V.; STANFORD, J. A. The serial discontinuity concept of lotics ecosystems. In FONTAINE, T. D.; BARTELL, S. M. (Eds). **Dynamics of lotic ecosystems**. p. 29-42. Ann Arbor Science, Ann Arbor, MI. 1983.

WATRIN, O. S.; GERHARD, P; MACIEL, M. N. M. Dinâmica do uso da terra e configuração da paisagem em antigas áreas de colonização de base econômica familiar, no nordeste do estado do Pará. **Geografia**, v. 34, p. 455-479. 2009.

WEAR, D. N.; TURNER, M. G.; NAIMAN, R. J. Landcover along an urban rural gradient: implications for waterquality. **Ecological Applications**, v. 8, p. 619-630. 1998.

WINEMILLER, K. O. Ecomorphological diversification in lowland freshwater fish assemblages from five biotic regions. **Ecological Monographs**, v. 61, n. 4, p. 343-365. 1991.

WORLD COMMISSION DAMS (WCD). **Dams and development: a new framework for decision-making**. The report of the World Commission on Dams. Sterling: Earthscan Publishing, London. 404 p. 2000.

ZUANON, J.; BOCKMANN, F. A.; SAZIMA, I. A remarkable sand-dwelling fish assemblage from central Amazonia, with comments on the evolution of psammophily in South American freshwater fishes. **Neotropical ichthyology**, v.4, n.1, p. 107-118. 2006

APÊNDICES

APÊNDICE A

Da esquerda para a direita: Afluente da margem esquerda do Igarapé do Laranjal; Igarapé do Cumaru, trecho montante; e Igarapé do Cumaru, trecho Jusante.



Da esquerda para a direita: Igarapé do Laranjal: montante, alagamento e jusante.



Da esquerda para a direita: Igarapé Buiuna: montante, alagamento e jusante.



Da esquerda para a direita: Igarapé São João: montante, alagamento e jusante.



Fonte: Gabriel L. Brejão

Da esquerda para a direita: Igarapé Pirapema: montante, alagamento e jusante.



Da esquerda para a direita: Igarapé Timboteua: montante, alagamento e jusante.



Fonte: Gabriel L. Brejão

Apêndice B

Ilustração de algumas espécies da Ordem Chaciformes: **1.** *Hemigrammus ocellifer*; **2.** *Hyphessobrycon heterorhabdus*; **3.** *Iguanodectes* cf. *rachovii*; **4.** *Hyphessobrycon* cf. *copelandi*; **5.** *Crenuchus spilurus*; **6.** *Characidium* sp; **7.** *Carnegiella strigata*; **8.** *Copella* cf. *arnoldi*; **9.** *Nannostomus beckfordi*.



Fonte: Gabriel L. Brejão

Ilustração de algumas espécies da Ordem Gymnotiformes: 1. *Gymnorhamphichthys petit*; 2. *Gymntus* cf. *coropinae*; 3. *Steatogenys elegans*. Siluriformes: 4. *Denticetopsis* cf. *epa*; 5. *Ancistrus* cf. *hoplogenyis*; 6. *Hemiodontichthys acipenserinus*; 7. *Corydoras* sp.; 8. *Mastiglanis asopos*. Perciformes: 9. *Apistogramma* sp.; 10. *Aequidens* cf. *tetramerus*; 11. *Crenicichla* cf. *albopunctata* com a prole ; 12. *Crenicara punctulatum*.



Fonte: Gabriel L. Brejão

Apêndice C. Lista das espécies amostradas pelo método de transecto linear, por localidade.

Espécie	R	CumJ	CumM	TimJ	TimA	TimM	LarJ	LarA	LarM	SJoJ	SJoA	SJoM	PirJ	PirA	PirM	BuiJ	BuiA	BuiM
Acefal					+		+	+			+	+	+	+	+		+	
Aeqtet							+		+	+			+	+		+		+
Anchop		+	+	+	+	+							+	+	+	+		+
Ancsp		+	+	+	+	+							+	+	+	+	+	+
Apisp	+	+	+				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Aptalb										+								
Astbim				+						+	+	+	+	+	+	+	+	+
Batran									+									
Brydia			+							+								
Brysp		+	+			+	+			+	+		+	+	+	+	+	+
Bunsp				+														
Carstr				+	+					+			+	+		+		+
Chasp	+			+		+	+			+			+	+		+		+
Chxsp													+					
Coparn	+																	
Corama		+	+							+								
Corsp		+	+															
Crepun								+	+	+	+		+	+	+	+		
Crealb	+	+	+	+	+	+		+	+		+	+	+	+	+	+	+	+
Crejoh		+		+		+	+		+	+			+		+			+
Crespi	+						+		+					+		+		
Curcry								+						+		+	+	
Denepa		+	+						+	+			+		+	+		+

Espécie	R	CumJ	CumM	TimJ	TimA	TimM	LarJ	LarA	LarM	SJoJ	SJoA	SJoM	PirJ	PirA	PirM	BuiJ	BuiA	BuiM
Eigtri	+			+	+		+	+	+	+			+			+	+	+
Farsp		+	+	+									+		+	+		+
Gnaste														+				
Gympet	+	+	+	+	+	+	+		+	+		+	+	+	+	+		+
Gymcor										+						+		
Helmar	+						+		+	+						+		
Hemlev							+	+						+		+	+	
Hemoce		+	+			+	+	+								+	+	
Hemaci					+											+	+	
Hersp								+			+		+	+		+	+	
Hopmal						+				+			+					
Hycop				+	+	+							+	+	+		+	+
Hyphet	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Hylep							+											
Igurac	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Jupabr	+						+	+				+						+
Krosp		+	+					+		+								
Lepsp													+			+	+	+
Masaso		+	+	+		+							+					
Megtho											+							
Messp							+	+										
Metsp								+									+	
Micbra												+						
Micsp										+								

Espécie	R	CumJ	CumM	TimJ	TimA	TimM	LarJ	LarA	LarM	SJoJ	SJoA	SJoM	PirJ	PirA	PirM	BuiJ	BuiA	BuiM
Moecol		+	+	+	+					+			+	+	+		+	
Moecom	+		+	+	+		+			+	+	+	+	+	+	+		+
Moeli											+							
Nanbec												+				+		
Naneq								+										+
Nantri						+							+	+	+	+	+	
Pargal										+	+					+		
Parsp	+					+			+	+		+	+		+		+	+
Pimsp	+			+						+			+	+	+		+	+
Potgui			+			+				+			+	+	+		+	+
Pyrbre	+						+		+			+						
Rhaque						+	+			+	+		+			+		+
Rinsp		+		+		+				+				+		+		+
Rivsp	+								+									
Satjur					+			+		+	+					+	+	+
Steele	+			+			+		+				+			+		+
Stemac		+														+		+
Tatgyr				+	+	+							+	+	+	+	+	+
Tatint		+	+	+						+			+				+	+
Tetbar				+			+										+	+
Trihas													+		+	+		

R: Afluente da margem esquerda do Igarapé Laranjal; **Cum:** Igarapé do Cumaru; **Tim:** Igarapé Timboteua; **Lar:** Igarapé do Laranjal; **SJo:** Igarapé do São João; **Pir:** Igarapé Pirapema; **Bui:** Igarapé Buiuna; **J:** Trecho amostrado à jusante do alagado/ponte; **A:** Trecho amostrado no alagado; **M:** Trecho amostrado à montante do alagado/ponte.