



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI
EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA
INSTITUTO GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

JOSINETE SAMPAIO MONTELES

COMUNIDADE DE INSETOS BENTÔNICOS EM IGARAPÉS DO NORDESTE
PARAENSE-AMAZÔNIA ORIENTAL

BELÉM

2012

JOSINETE SAMPAIO MONTELES

COMUNIDADE DE INSETOS BENTÔNICOS EM IGARAPÉS DO NORDESTE
PARAENSE-AMAZÔNIA ORIENTAL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará, Museu Paraense Emilio Goeldi e Embrapa Amazônia Oriental, em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Mestre em Ciências Ambientais. Área de concentração: Ecossistemas Amazônicos e dinâmicas socioambientais.

Orientador: Dr. Pedro Gerhard.

Belém

2012

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

M776c Monteles, Josinete Sampaio

Comunidade de insetos bentônicos em igarapés do Nordeste paraense-Amazônia Oriental / Josinete Sampaio Monteles; Orientador: Pedro Gerhard - 2012.

97 fl.: il.

Dissertação (mestrado em ciências ambientais) – Universidade Federal do Pará, Museu Paraense Emilio Goeldi e EMBRAPA, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Belém, 2012.

1. Invertebrados. 2. Insetos Bentônicos. 3. Insetos Aquáticos. 3. EPT. 4. Usos do solo. I. Gerhard, Pedro, *orient.* II. Universidade Federal do Pará. III. Título.

CDD 22° ed.: 592

JOSINETE SAMPAIO MONTELES

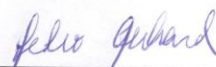
**COMUNIDADE DE INSETOS BENTÔNICOS EM IGARAPÉS
DO NORDESTE PARAENSE - AMAZÔNIA ORIENTAL**

Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre em Ciências Ambientais do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará. Área de Ecossistemas Amazônicos e Dinâmica Sócio-Ambiental

Orientador: Dr. Pedro Gerhard

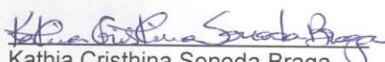
Data de aprovação: 31 / 08 / 2012

Banca Examinadora:

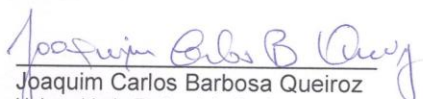


Orientador

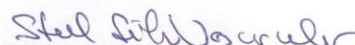
Pedro Gerhard
EMBRAPA – Amazônia Oriental



Kathia Cristhina Sonoda Braga
EMBRAPA - Cerrados



Joaquim Carlos Barbosa Queiroz
Universidade Federal do Pará



Steel Silva Vasconcelos
EMBRAPA – Amazônia Oriental

Dedico este trabalho especialmente a Francinete Sampaio, Monteles Júnior, Franci Monteles e Jorge Monteles que muito incentivaram e ajudaram nesta etapa da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Este momento é sem dúvida o mais especial. Destino aqui os meus mais sinceros agradecimentos:

Ao meu orientador, Dr. Pedro Gerhard pela oportunidade e confiança cedida no desenvolvimento deste trabalho, por sua ética, ensinamentos e principalmente por ter me introduzido à “ecologia de riacho” e ao encantador mundo dos insetos aquáticos no qual me descobri profissionalmente.

Ao Dr. Anderson Ferreira por seus valiosos ensinamentos, incentivo, amizade e companheirismo diário no laboratório.

A Dr.^a Kathia Sonoda pelo conhecimento passado, disponibilidade e presteza em ajudar, além da acolhida em seu laboratório na Embrapa Cerrados, Planaltina, DF.

A vocês serei eternamente grata pela maravilhosa experiência de trabalho e conhecimento.

Aos companheiros de campo Gabriel Brejão e Naiane Sangaleti com quem aprendi e me diverti muito. Aos meus queridos estagiários e amigos Paula Araújo, Anna Emília Monteiro e Valber Costa, sem os quais não conseguiria terminar minhas análises. Ao Sidnei companheiro de laboratório sempre amigo e prestativo.

A minha mãe Francinete Sampaio, ao meu irmão Monteles Júnior, aos meus tios Franci Monteles e Jorge Monteles pelo incentivo e carinho, ao primo e irmão Ronaldo Monteles pelo carinho e afeto. Sem o apoio de vocês jamais teria conseguido.

Aos queridos amigos Carla Costa, Marcela Pompeu, Pedro Pereira Júnior, Renata Kelen Câmara, Sirlene Castro, Carolina Melo, Josiane Sarmiento, Wesley Ferreira pelos bons momentos e troca de experiência. Aos amigos que mesmo distantes apoiam, encorajam e destinam orações por mim, especialmente Tatiana Castro, Verônica Santos, Raiana Souza, Samíria Santos, Elys Bezerra e Maria José Saraiva Lopes.

Aos professores do PPGCA pelo conhecimento transferido.

A Embrapa Amazônia Oriental e seus projetos ”Gestabacias” e “Agricultura Familiar e Qualidade de Água no Nordeste Paraense: Conservação de Serviços Agro-ecossistêmicos em Escala de Bacia Hidrográfica” pelo suporte físico e financeiro. A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela concessão da bolsa de mestrado.

E especialmente a Deus que foi quem me sustentou neste período, possibilitou viver tantas experiências de conhecimento e ter o privilégio de conhecer tantas pessoas importantes na construção da minha vida profissional e pessoal.

“Nas grandes batalhas da vida, o primeiro passo para a vitória é o desejo de vencer”.
(Mahatma Gandhi)

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi o de conhecer a comunidade de insetos bentônicos em 17 igarapés do Nordeste Paraense, Amazônia Oriental, sob diferentes usos do solo e investigar as variações na abundância, riqueza e diversidade da comunidade de insetos aquáticos com a cobertura vegetal do seu entorno imediato (zona ripária) e de paisagem (vertentes das microbacias onde se insere o igarapé amostrado). Os macroinvertebrados bentônicos foram coletados entre julho e outubro de 2010, época de menor precipitação. Em cada ponto foram feitas 10 amostragens com *Surber* para análise quantitativa e três com rede de mão de caráter apenas qualitativo. Para avaliar diferenças entre a riqueza, índice EPT, abundância e a diversidade, foram utilizadas análises de variância e de agrupamento para sumarizar os dados bióticos. Para avaliar as diferenças quanto às escalas de estudo foi empregada a análise ANOSIM seguida da rotina SIMPER. As características ambientais foram avaliadas buscando-se correlacioná-las à composição taxonômica e à distribuição dos táxons através da Análise de Correspondência Canônica (ACC). Um total de 46.371 indivíduos foi coletado, sendo 11.384 com o *Surber*, distribuídos em 61 táxons com predomínio de insetos aquáticos. As maiores abundâncias observadas foram de Chironomidae, Ephemeroptera, Trichoptera e Coleoptera. Abundância, riqueza e EPT foram maiores nos trechos de igarapés com vegetação ripária de floresta antropizada de igapó e microbacias com predomínio de Floresta. As variáveis ambientais de maior influência sobre a comunidade foram porcentagem de ambiente florestal na zona ripária, temperatura média da água, turbidez, porcentagem de liteira grossa e fina, pH, vazão do canal e coeficiente de variação da largura do canal. Os resultados mostraram diferenças quanto à composição da comunidade em relação aos diferentes usos do solo. Através dos descritores ecológicos, foi detectado que as microbacias com maior porcentagem de área de floresta antropizada e sucessional e maior porcentagem de vegetação ripária de entorno (30m) apresentaram melhores condições ambientais que aqueles onde predominam as pastagens.

Palavras-chaves: Invertebrados. Insetos bentônicos. EPT. Usos do solo.

ABSTRACT

This study aimed to know the community of benthic insects in 17 streams in northeastern Pará, Eastern Amazonia under different land uses and investigate the variations in the abundance, richness and diversity of aquatic insect community to vegetation cover the immediate surrounding area (riparian zone) and landscape (slopes of the watershed where it enters the stream sampled). The benthic macroinvertebrates were collected between July and October 2010, the period of lowest rainfall. At each point were made to 10 Surber samples for quantitative analysis and three hand-net only qualitative character. To evaluate differences between the richness, EPT abundance and diversity, we used an ANOVA and cluster analysis to summarize the biotic data. For differences in the scales of study were then used an ANOSIM and routine SIMPER. Environmental characteristics were also evaluated searching to correlate them to the taxonomic composition and distribution of taxa by Canonical Correspondence Analysis (CCA). A total of 46,371 individuals were collected, in which 11,384 with Surber, distributed in 61 taxa with a predominance of aquatic insects. The highest abundances were observed Chironomidae, Ephemeroptera, Trichoptera and Coleoptera. Abundance, richness and EPT were greater in sections of streams to riparian vegetation and watershed predominantly of igapó anthropic forest (references). The environmental variables of greatest influence on the community were percentage of forest environment in the riparian zone, average water temperature, turbidity, percentage of coarse and fine litter, pH, flow channel and coefficient of variation of channel width. The results showed differences in community composition in relation to different land uses. Through the ecological descriptors, it was detected that the watershed with the highest percentage of anthropic forest area and successional and higher percentage of riparian vegetation surrounding (30m) showed better environmental conditions than those dominated pastures.

Keywords: Invertebrates. Benthic insect. EPT. Land Use.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Localização das áreas de estudo na região Nordeste do Pará - Amazônia Oriental.	20
Figura 2: Principais unidades de paisagem encontradas nas áreas amostradas do Nordeste Paraense - Amazônia Oriental	24
Figura 3: Principais famílias encontradas no trecho amostrado do igarapé Água Fria no Nordeste Paraense-Amazônia Oriental.....	43
Figura 4: Principais famílias encontradas no trecho amostrado do igarapé Golpe no Nordeste Paraense-Amazônia Oriental	43
Figura 5: Principais famílias encontradas no trecho amostrado do igarapé Laranjal no Nordeste Paraense-Amazônia Oriental.....	44
Figura 6: Principais famílias encontradas no trecho amostrado do igarapé Uromã no Nordeste Paraense-Amazônia Oriental	44
Figura 7: Principais famílias encontradas no trecho amostrado do igarapé Tamatateua no Nordeste Paraense-Amazônia Oriental.....	45
Figura 8: Principais famílias encontradas no trecho amostrado do igarapé Timboteua no Nordeste Paraense-Amazônia Oriental.....	45
Figura 9: Principais famílias encontradas no trecho amostrado do igarapé Buiuna no Nordeste Paraense-Amazônia Oriental	46
Figura 10: Principais famílias encontradas no trecho amostrado do igarapé Braço Grande no Nordeste Paraense-Amazônia Oriental.....	46
Figura 11: Principais famílias encontradas no trecho amostrado do igarapé Malva no Nordeste Paraense - Amazônia Oriental	47
Figura 12: Principais famílias encontradas no trecho amostrado do igarapé Pardal no Nordeste paraense - Amazônia Oriental.	47
Figura 13: Principais famílias encontradas no trecho amostrado do igarapé Haras no Nordeste paraense - Amazônia Oriental.	48
Figura 14: Principais famílias encontradas no trecho amostrado do igarapé Divisa no Nordeste Paraense-Amazônia Oriental	48
Figura 15: Principais famílias encontradas no trecho amostrado do igarapé Areia no Nordeste Paraense-Amazônia Oriental	49
Figura 16: Principais famílias encontradas no trecho amostrado do igarapé Tomé no Nordeste Paraense-Amazônia Oriental	49

Figura 17: Principais famílias encontradas no trecho amostrado do igarapé Pastega no Nordeste Paraense-Amazônia Oriental.....	50
Figura 18: Principais famílias encontradas no trecho amostrado do igarapé Bicheira no Nordeste Paraense-Amazônia Oriental.....	50
Figura 19: Principais famílias encontradas no trecho amostrado do igarapé Muquem no Nordeste Paraense-Amazônia Oriental.....	51
Figura 20: Dendrograma mostrando a similaridade entre a comunidade de insetos aquáticos de 17 igarapés no Nordeste Paraense - Amazônia Oriental..	52
Figura 21: Riqueza EPT por trecho de igarapé amostrado no Nordeste Paraense - Amazônia Oriental.	54
Figura 22: Ocorrência de taxa EPT por igarapé amostrado no Nordeste Paraense. Ephemeroptera (A a F).	55
Figura 23: Ocorrência de taxa EPT por igarapé amostrado no Nordeste Paraense. Ephemeroptera (G); Trichoptera (H a M).....	56
Figura 24: Ocorrência de taxa EPT por igarapé amostrado no Nordeste Paraense. Trichoptera (N a Q); Plecoptera (R).....	57
Figura 25: Box plots da riqueza, abundância e EPT para os grupos de uso na microbacia (GUS) em igarapés do Nordeste Paraense - Amazônia Oriental.....	59
Figura 26: Box plots da riqueza, abundância e EPT para a vegetação ripária de entorno (VER) em igarapés do Nordeste Paraense - Amazônia Oriental	60
Figura 27: Análise de Correspondência Canônica entre variáveis ambientais e os 17 trechos de igarapés amostrados do Nordeste Paraense - Amazônia Oriental.	67
Figura 28: Análise de Correspondência Canônica entre variáveis abióticas e táxons presentes nos 17 trechos de igarapés amostrados do Nordeste Paraense - Amazônia Oriental	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Igarapés amostrados na região nordeste do estado do Pará - Amazônia Oriental. Coordenadas em UTM, datum WGS84, fuso 23S; AR - Área da bacia; HS - Ordem do canal (Horton-Strahler); EL - elevação da bacia.....	21
Tabela 2: Descrição da paisagem das microbacias nos igarapés amostrados no Nordeste Paraense – Amazônia Oriental a partir do sistema de informação geográfica.	25
Tabela 3: Características dos trechos de igarapés amostrados na região nordeste do estado do Pará - Amazônia Oriental.	30
Tabela 4: Dados físico e químicos dos trechos de igarapés amostrados no Nordeste Paraense – Amazônia Oriental.....	31
Tabela 5: Filos, classes, ordens e famílias de macroinvertebrados bentônicos obtidos a partir de amostrador tipo Surber e rede de mão em 17 igarapés do Nordeste Paraense.	38
Tabela 6: Abundância e riqueza por aparelho de amostragem.....	42
Tabela 7: Descritores ecológicos de amostras de insetos bentônicos coletados em 17 trechos de igarapés do Nordeste Paraense.	53
Tabela 8: Resultados da análise de similaridade (ANOSIM) considerando a classificação grupos de uso simplificado na microbacia (GUS) para os 17 trechos de igarapés da região Nordeste Paraense-Amazônia Oriental.....	61
Tabela 9: Resultados da análise de similaridade (ANOSIM) considerando a classificação (VER) da vegetação de entorno para os 17 trechos de igarapés da região Nordeste Paraense-Amazônia Oriental.....	61
Tabela 10: Contribuição das famílias para a similaridade entre os diferentes grupos de uso da microbacia nos 17 igarapés do Nordeste Paraense.....	62
Tabela 11: Contribuição das famílias para a dissimilaridade entre os diferentes grupos de uso da microbacia nos 17 igarapés do Nordeste Paraense.	63
Tabela 12: Contribuição das famílias para a similaridade entre os diferentes grupos de vegetação ripária de entorno nos 17 igarapés do Nordeste Paraense.	64
Tabela 13: Contribuição das famílias para a dissimilaridade entre os diferentes grupos de vegetação ripária de entorno nos 17 igarapés do Nordeste Paraense.	65

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVO	18
2.1 GERAL	18
2.2 ESPECÍFICOS	18
3 MATERIAIS E MÉTODOS	19
3.1 ÁREA DE ESTUDO	19
3.2 SELEÇÃO DOS SÍTIOS DE ESTUDO	21
3.3 DESCRIÇÃO DAS MICROBACIAS	23
3.4 CARACTERIZAÇÃO DA PAISAGEM DE ENTORNO	26
3.5 CARACTERIZAÇÃO DOS LOCAIS DE AMOSTRAGEM	27
3.6 AMOSTRAGEM DAS COMUNIDADES DE MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS	32
3.7 PROCESSAMENTO DAS AMOSTRAS E IDENTIFICAÇÃO DOS MACROINVERTEBRADOS	32
3.8 ANÁLISE DE DADOS	33
3.7.1 Comunidade de insetos aquáticos	33
3.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA	34
4 RESULTADOS	37
4.1 COMPOSIÇÃO DA COMUNIDADE DE MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS	37
4.1.1 Surber e Rede de Mão	37
4.1.2 Amostras obtidas com Surber	42
4.2 ANÁLISE DAS RELAÇÕES ENTRE AS COMUNIDADES	51
4.2.1 Análise de agrupamento	51
4.2.2 Descritores ecológicos	52
4.3 RELAÇÕES ENTRE AS COMUNIDADES DE INSETOS E AS CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS	58
4.3.1 Análise de variância	58
4.3.2 Análise de similaridade	61
4.3.3 Similaridade Percentual	61
4.3.4 Análise de correspondência canônica	66
5 DISCUSSÃO	69

6 CONCLUSÃO.....	77
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	78
REFERÊNCIAS	79

1 INTRODUÇÃO

Ecosistemas Fluviais Lóticos

O ecossistema lótico, definido pelo fluxo de água predominantemente unidirecional e longitudinal (ODUM; BARRET, 2008), estende-se da nascente à foz e se caracteriza pela sua hidrologia, diversidade de canais, habitat e sedimentos. Além disto, difere entre si quanto a profundidade, vazão, velocidade da corrente e tipo de substrato (ALLAN; CASTILLO, 2007).

São ecossistemas que mantêm alta conectividade com o ambiente terrestre do entorno e, quando ainda mantêm uma planície aluvial intacta, exportam matéria orgânica e nutrientes para as terras adjacentes (ALLAN; CASTILLO, 2007; TOWNSEND et al., 2006). Funcionam como uma espécie de calha que recebe continuamente o aporte de nutrientes e cujo fluxo é determinante para a dinâmica e manutenção do ecossistema lótico. O que lhe confere outra característica marcante é o arraste de materiais dissolvidos ou em suspensão provenientes da bacia de drenagem.

São classificados segundo hierarquia de tamanho, sendo os riachos de cabeceira aqueles canais de primeira a terceira ordem, rios médios de quarta a sexta ordem e os grandes rios com ordem superiores à sétima ordem, segundo a classificação tradicional proposta por Strahler (SILVEIRA, 2004). Esta classificação é uma importante ferramenta nas interpretações ecológicas por permitir inferências a respeito do transporte de sedimento, estrutura de habitat e regimes hidrológicos. Notável é a variação na estrutura e nas funções deste ecossistema, que são modificadas de acordo com a ordem do sistema (VANNOTE et al., 1980).

Os riachos de cabeceira, conhecidos popularmente na Amazônia como igarapés, são formados por pequenos tributários de leito bem definido, correnteza relativamente acentuada e água com temperatura baixa e pouco variável ao longo do ano (SANTOS; FERREIRA, 1999). São ecossistemas onde a floresta ripária exerce vital importância na manutenção da estrutura física do canal, interceptação da radiação solar e fornecimento de energia para biota aquática a partir da entrada de matéria orgânica (HENDERSON; WALKER, 1986; LIMA; GASCON, 1999).

A intrínseca relação entre os compartimentos terrestre e aquático é importante no estabelecimento de comunidades aquáticas, assim como na sua distribuição, abundância e riqueza de espécies.

Comunidade de macroinvertebrados bentônicos

Os ambientes aquáticos em geral fornecem habitats para uma grande diversidade de organismos como peixes, invertebrados, fungos e bactérias que utilizam o substrato do leito para colonização e alimentação. Dentre os diversos grupos de organismos que habitam os ecossistemas aquáticos, os macroinvertebrados têm sido alvo de diversos estudos sobre a influência das alterações antrópicas sobre estas comunidades (BAGATINI; DELARIVA; HIGUTI, 2012; CLETO-FILHO; WALKER, 2001; FIDELIS; NESSIMIAN; HAMADA, 2008; HEPP; SANTOS, 2009; OLIVEIRA; CALLISTO, 2010;). Isto porque estes organismos são capazes de refletir as condições ambientais críticas ocorridas ao longo de seu ciclo de vida (BATISTA, 2008; QUEIROZ; SILVA; TRIVINHO-STRIXINO, 2008).

Os macroinvertebrados bentônicos são organismos que habitam o sedimento presentes no leito dos sistemas aquáticos (como rochas, depósitos de folhas, macrófitas, algas filamentosas) pelo menos em parte de seu ciclo de vida. Por convenção, são todos os invertebrados retidos em uma malha de 500 µm, e visíveis a olho nu (ESTEVES; LEAL; CALLISTO, 2011; HAUER; RESH, 2006). São representados por vários filos, como Arthropoda, Mollusca, Annelida, Nematoda e Platyhelminthes (HAUER; RESH, 2006). Contudo, os insetos aquáticos são os representantes mais abundantes desta fauna (MERRIT; CUMMINS, 1996).

As várias adaptações morfofisiológicas e comportamentais dos macroinvertebrados bentônicos conferiram a estes organismos o sucesso na colonização de diferentes habitats. Contudo, a composição e a distribuição destes organismos são diretamente influenciadas por fatores ambientais, físicos e químicos, sobretudo a velocidade da correnteza e o tipo de substrato (HYNES, 1970). Em sistemas lóticos os habitats que sustentam elevada riqueza de espécies são as extensões de canais onde há fluxo intenso da água (corredeiras, ou *riffles*) e/ou aqueles de onde a água flui lentamente (poços, ou *pools*) (BAPTISTA, 2008), além de outros habitats como macrófitas e plantas terrestres distribuídas nas margens de rios e lagos (MORMUL et al., 2006; PEIRO; ALVES, 2006).

Os macroinvertebrados bentônicos são importantes na dinâmica ecológica e fluxo de energia dos ambientes lóticos por atuarem ativamente na ciclagem de nutrientes, ser elo entre produtores primários e a comunidade de peixes e outros vertebrados, ter altas abundâncias e grande diversidade de estratégias tróficas e habitat (CALLISTO et al., 2002, GOULART; CALLISTO, 2003; HYNES, op cit; ODUM, 1985). Tais características associadas ao seu ciclo de vida relativamente longo e a sua sedentariedade têm levado ao desenvolvimento de

inúmeros trabalhos que visam identificar a qualidade do ambiente aquático por meio da estrutura, abundância e distribuição destes organismos.

Para a região amazônica, diversos estudos têm sido realizados na intenção de se conhecer melhor a comunidade de macroinvertebrados bentônicos, sua taxonomia e os impactos do processo de urbanização sobre eles. As fontes de informação mais importantes para o estudo de insetos aquáticos na região amazônica são: Henderson e Walker (1986), Walker (1994), Callisto et al. (1998abc), Nessimian et al. (1998, 2008), Cleto-Filho e Walker (2001), Couceiro et al. (2007), Couceiro et al. (2007), Esposito et al. (2010) e Fidelis et al. (2008) com informações sobre macroinvertebrados em geral; Walker (1998) para Chironomidae; Hamada e Adler (2001), Hamada et al. (2002) para Simuliidae; Pes (2001, 2005) para Trichoptera; Bobot e Hamada (2002), Hamada e Couceiro (2003), Ribeiro (2004) para Plecoptera; Azevêdo (2003) para Megaloptera; Pereira (2007) para Heteroptera; Benetti e Hamada (2004) para Coleoptera. Estes estudos têm se concentrado na Amazônia central, de modo que muito ainda se tem a conhecer sobre estes organismos em outras regiões da Amazônia.

Efeitos do uso da terra sobre os ecossistemas fluviais e as comunidades de macroinvertebrados

Diversos estudos têm encontrado no desmatamento e poluição na água por dejetos as principais causas de perturbações que afetam os cursos d'água (CALLISTO; ESTEVES, 1996; COUCEIRO et al., 2007; FIGUEIREDO, 2006). Entre as principais consequências do desmatamento ao longo dos canais estão o assoreamento do leito, as mudanças no regime hidrológico, o aumento da temperatura da água, além da entrada de efluentes agrícolas em áreas de cultivo (CLETO-FILHO; WALKER, 2001). Já em sistemas fluviais drenando áreas urbanas a principal consequência da poluição orgânica é a eutrofização de riachos a partir do despejo de efluentes domésticos (WALSH et al., 2001).

Esses distúrbios ambientais nos ecossistemas aquáticos atuam sobre os processos físicos, químicos e biológicos mudando o comportamento, estrutura e organização da biota aquática. Karr (1999) explica que a qualidade do habitat é um fator importante no estabelecimento de comunidades bióticas saudáveis de modo que mudanças drásticas no ecossistema levam à perda de diversidade.

Como os macroinvertebrados interagem localmente com o ambiente, são capazes de responder rapidamente a perturbações ambientais com o declínio da riqueza de taxa

intolerantes, aumentando a de tolerantes, o que leva a modificações na estrutura da comunidade.

Na região amazônica, o processo de ocupação humana e a conseqüente remoção da cobertura florestal têm resultado na degradação dos rios locais em função do aumento no aporte de nutrientes proveniente dos ambientes terrestres, remoção do material presente nos substratos dos leitos, modificação das margens e drenagem resultantes das atividades desenvolvidas na região como agricultura, pecuária, atividades mineradoras e a liberação de efluentes *in natura* (DAVIDSON et al., 2004; MELO; SILVA; MIRANDA, 2005).

A porção nordeste do Pará é um exemplo desta situação, em que a substituição da Floresta Ombrófila por áreas de cultivo agrícola e pastagem resultou em uma paisagem alterada, composta de fragmentos florestais e uma vegetação secundária em variados estágios de regeneração. Além disto, um estudo recente mostrou redução da qualidade da água a partir da substituição da floresta ripária para a introdução de atividades agropecuárias (FIGUEIREDO et al., 2010). Entretanto, até o momento, nada se sabe sobre a influência destas alterações na biota aquática. Levantado este problema, e visando a formação de base de dados e a produção de conhecimento sobre diversidade de macroinvertebrados bentônicos e a estrutura e o funcionamento de igarapés, foi delineado o presente estudo. Este deve, no futuro, apontar para técnicas e métodos de biomonitoramento empregando este grupo taxonômico, capaz de aferir a sustentabilidade de práticas agrícolas comuns na região Nordeste do Pará. O presente estudo foi realizado em igarapés em diversos estádios de degradação, em cujas microbacias há atividades agrícolas e pecuárias, e em microbacias com predomínio de vegetação florestal nativa com baixo grau de antropização.

2 OBJETIVO

2.1 GERAL

Descrever a abundância, riqueza e diversidade da comunidade de macroinvertebrados bentônicos em igarapés de 17 microbacias hidrográficas do Nordeste Paraense, relacionando esta diversidade com a cobertura vegetal do seu entorno imediato (zona ripária) e de paisagem (vertentes das microbacias onde se insere o igarapé amostrado).

2.2 ESPECÍFICOS

- Identificar os principais táxons de macroinvertebrados bentônicos existentes em igarapés do Nordeste Paraense;
- Investigar as variações na abundância, riqueza e diversidade da comunidade de insetos aquáticos e relacioná-las com características ambientais em três escalas:
 - Paisagem*: as vertentes da microbacia à montante do ponto amostrado.
 - Entorno*: escala da zona ripária, no trecho amostrado; e
 - Imediata*: variáveis internas do canal, no trecho amostrado;

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

Neste estudo, desenvolvido no âmbito do projeto Gestabacias¹, a escolha das áreas de amostragem se baseou naquelas selecionadas no referido projeto. O estudo foi desenvolvido na mesorregião Nordeste Paraense em duas bacias hidrográficas: Marapanim e Capim Guamá. Em cada uma destas bacias, o projeto Gestabacias selecionou duas áreas de estudo, sendo duas delas definidas por mesobacias hidrográficas da ordem de 10.000 hectares, drenando paisagens agrícolas; duas delas definidas por fragmentos de floresta ombrófila antropizada, contendo microbacias da ordem de 100 hectares, drenando apenas ambiente florestal (Figura 1).

As áreas 1 e 2, possuem clima equatorial quente e úmido com temperatura média variando entre 26 a 27 °C. Segundo a classificação de Köppen, o clima é do tipo *Afi* para o município de Marapanim e *Ami* para São Francisco do Pará. Apresenta duas estações bem definidas com um período chuvoso que vai de dezembro a maio e outro menos chuvoso que vai de junho a novembro; o regime pluviométrico anual é em torno de 2.700 mm em Marapanim e 2.200 mm em São Francisco (PARÁ, 2011ab; VIEIRA et al., 2003).

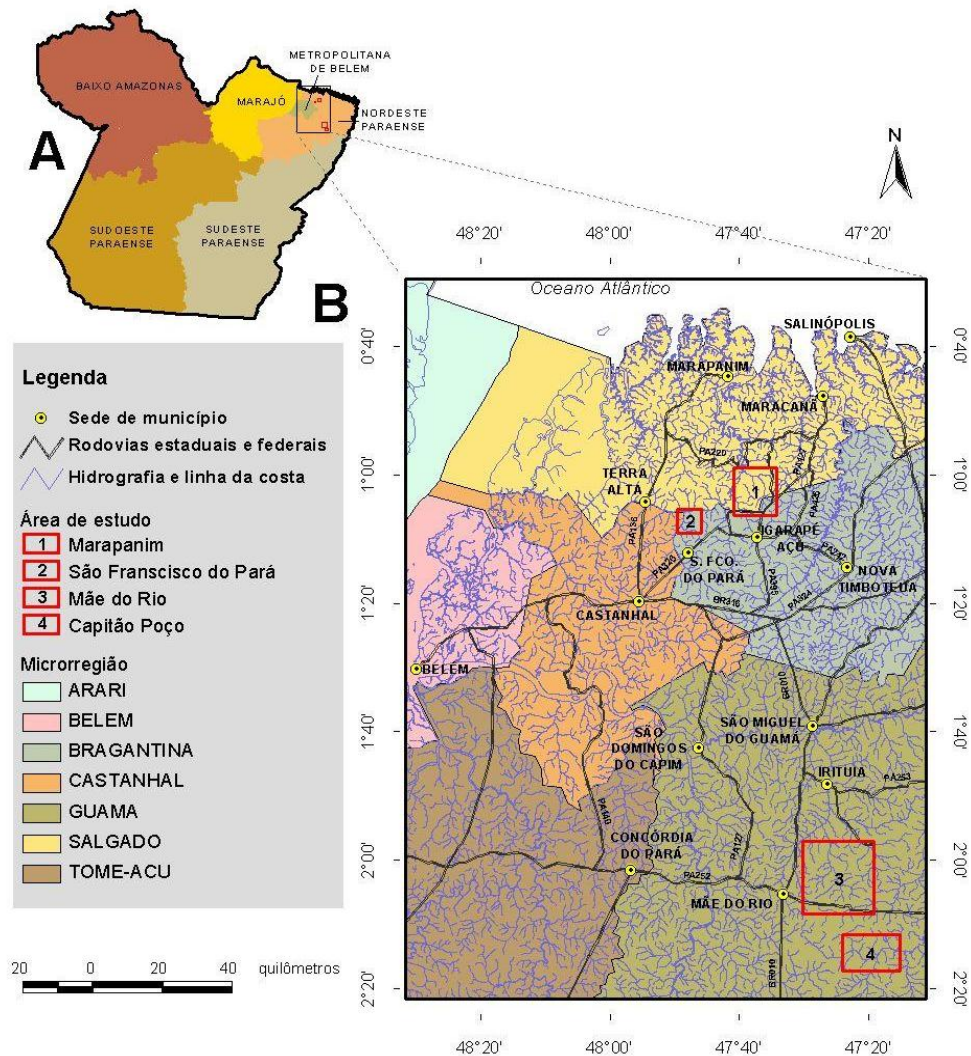
A geologia é formada de sedimentos Terciários da Formação Barreiras (arenitos, argilitos) e sedimentos do Quaternário Recente representados por Aluviões (cascalhos, areias e argilas) que constituem as planícies de rios e igarapés. Os solos predominantes na bacia são: Latossolos Amarelo de textura média, Concrecionário Laterítico, Solos Aluviais e Hidromórficos (Neossolo e/ou Gleissolo) (PARÁ, 2011ab; WATRIN et al., 2007).

Á área, que foi uma das primeiras frentes de ocupação da Amazônia, teve quase toda vegetação original a Floresta Ombrófila Aluvial Densa (WATRIN; GERHARD; MACIEL, 2009), e as várzeas (Terras Baixas) substituída por floresta secundária, pequenas propriedades agrícolas e áreas de pastagem (IBGE, 2004; VIEIRA et al., 2003).

Já as áreas 3 e 4, apresenta clima megatérmico e úmido com temperatura média anual de 25° C. A média anual de precipitação é de 2.250 mm anuais, com os meses de janeiro a junho apresentando os maiores índices de precipitação (PARÁ, 2011cd).

¹ Projeto "GESTABACIAS - Conservação de recursos naturais em mesobacias hidrográficas na Amazônia Oriental: iniciativas integradoras para promover a gestão ambiental participativa no meio rural" – financiado pela Embrapa (edital: 06/2007 - Macroprograma 2) e pelos fundos setoriais CT-Hidro/CT-Agro do CNPq, (27/2008-9).

Figura 1: Localização das áreas de estudo na região Nordeste do Pará - Amazônia Oriental.



Fonte: Embrapa Amazônia Oriental 201-]²

A geologia é formada por sedimentos Terciários da Formação Barreiras (arenitos, argilitos, coalinicos e siltitos) e do Quaternário Subatual e Recente (areias, silts, argilas e cascalhos). Acompanhando a geologia local está a unidade morfoestrutural do Planalto Rebaixado da Zona Bragantina. Os solos predominantes são os Latossolos Amarelo de textura média e textura argilosa, Concrecionário Laterítico, além de Areias Quartzosas e Podzol Hidromórfico (PARÁ, 2011cd).

² Laboratório de Sensoriamento Remoto da Embrapa Amazônia Oriental.

Assim como na bacia do Marapanim a vegetação predominante, Floresta Ombrófila Aluvial Densa, foi quase toda removida dando lugar a Florestas Secundárias, Florestas de Várzea e áreas agrícolas e de pastagem (PARÁ, 2011cd).

3.2 SELEÇÃO DOS SÍTIOS DE ESTUDO

Os igarapés amostrados neste estudo foram escolhidos a partir de informações de um banco de dados espaciais criado previamente pelo projeto Gestabacias (SIG-Gestabacias). Este banco continha dados espaciais sobre as áreas de interesse, incluindo mapas temáticos derivados de imagens Landsat TM, Alos PRISM e SPOT HRG, cartas topográficas na escala 1:100.000, entre outros. Para as consultas e análises, foram empregados os softwares Spring 5.1 (INPE, 2011), ArcView 3.3 (ESRI, 1992), ArcGIS 9.3 (ESRI, 2009).

Neste banco, as quatro áreas de estudo foram segmentadas em microbacias da ordem de 100 hectares, a partir de um modelo numérico de terreno e empregando o software AVSWAT2000 (DI LUZIO et al., 2002). Para cada uma das áreas de estudo, esta segmentação foi sobreposta a mapas de uso e cobertura do solo (baseados em imagens Alos PRISM, 2009 e SPOT HRG, 2008), o que permitiu obter uma classificação de microbacias pela dominância de um elemento da paisagem. Desta classificação, foram selecionadas treze microbacias em agroecossistemas e quatro dentro de fragmentos de floresta nativa, como segue: sete na Área 1, duas na Área 2, duas na Área 3 e duas na Área 4 (Tabela 1).

Nas áreas 1 e 3, a seleção das microbacias baseou-se por: (1) atividades desenvolvidas em suas vertentes, entre áreas com predomínio de agricultura de base familiar e pecuária de médio porte de base empresarial; (2) tipologia e qualidade da vegetação ripária e (3) existência de moradias na microbacia. As áreas 1 e 3 apresentam principalmente o cultivo da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), maracujá (*Passiflora edulis*), feijão-caupi (*Vigna unguiculata*), pimenta do reino (*Piper nigrum* L.) e algumas fazendas de produção de gado. Adicionalmente, foram escolhidas duas microbacias nas áreas 2 e 4, visando amostrar igarapés cuja captação apresentasse a maior cobertura de Floresta Ombrófila Densa antropizada.

Tabela 1: Igarapés amostrados na região nordeste do estado do Pará - Amazônia Oriental. Coordenadas em UTM, datum WGS84, fuso 23S; AR - Área da bacia; HS - Ordem do canal (Horton-Strahler); EL - elevação da bacia. Os códigos criados para os igarapés foram utilizados nas tabelas seguintes.

Área focal	Nome do Igarapé	Código	Município	Coordenada UTM		AR	HS	EL
				x	y			
1	Igarapé Tamatateua	TAMA	Marapanim	205.217	9.889.174	121,1	2	20
1	Alto Igarapé Timboteua	TIMB	Igarapé-Açu	209.683	9.883.338	138,7	1	37
1	Igarapé Buiuna	BUIU	Marapanim	206.194	9.886.658	220	2	31
1	Afluente da margem direita do Alto Igarapé Pirapema (Haras)	HARA	Marapanim	211.447	9.893.014	119	1	25
1	Afluente da margem direita do Alto Igarapé Timboteua (Tome)	TOME	Marapanim	210.773	9.886.056	419,5	2	34
1	Igarapé Braço Grande do Timboteua	BRA	Marapanim	208.127	9.884.920	267,5	2	36
1	Afluente da margem esquerda do Igarapé Timboteua (Pardal)	PAR	Marapanim	209.695	9.887.742	118,5	2	29
2	Igarapé Laranjal	LARA	São Francisco do Pará	189.448	9.880.418	255,8	2	37
2	Afluente da margem esquerda do Igarapé Laranjal (Uromã)	URO	São Francisco do Pará	187.829	9.879.133	99,97	2	22
3	Igarapé da Areia	ARE	Mãe do Rio	232.110	9.771.330	130,7	1	46
3	Igarapé da Divisa	DIV	Mãe do Rio	233.028	9.771.388	115,8	2	51
3	Afluente da margem direita do Igarapé Peripendeua (Malva)	MAL	Irituia	230.624	9.779.294	220,2	1	35
3	Afluente da margem direita do Igarapé Areia (Pastega)	PAST	Irituia	232.760	9.773.216	114,5	1	41
3	Igarapé da Bicheira	BIXE	Mãe do Rio	229.606	9.772.246	437,4	2	49
3	Afluente da margem direita do Igarapé Muquem	MUKE	Mãe do Rio	231.584	9.771.106	222,1	2	51
4	Igarapé Água Fria	FRIA	Capitão Poço	240.666	9.756.702	255,7	2	80
4	Igarapé do Golpe	GOL	Capitão Poço	244.776	9.755.526	319,4	2	75

3.3 DESCRIÇÃO DAS MICROBACIAS

Tendo sido selecionadas estas 17 microbacias, outras métricas relativas a cada uma delas foi obtida do SIG-Gestabacias: (1) métricas de forma e relevo (área, forma, elevação média, declividade média); (2) uso e cobertura do solo (Figura 2). Posteriormente, foi avaliada a cobertura da zona ripária por ambiente florestal, por meio da quantificação das classes de uso e cobertura do solo em uma área de 30 metros a partir de cada margem de todos os canais que compõem a rede de drenagem da microbacia. Este procedimento criou uma zona tampão (*Buffer*), coincidente com o previsto pelo Código Florestal Brasileiro para a categoria de tamanho de igarapés aqui estudados. Esta análise permitiu avaliar, ao longo de toda a rede de drenagem das microbacias, qualidade e quantidade de diversos elementos da paisagem (Tabela 2).

Figura 2: Principais unidades de paisagem encontradas nas áreas amostradas do Nordeste Paraense - Amazônia Oriental. A - Floresta Antropizada (ao fundo); B - Floresta Antropizada; C - Capoeira Alta; D - Capoeira Baixa; E e F - Cultivo Agrícola; G - Pasto Limpo; H - Pasto Sujo.

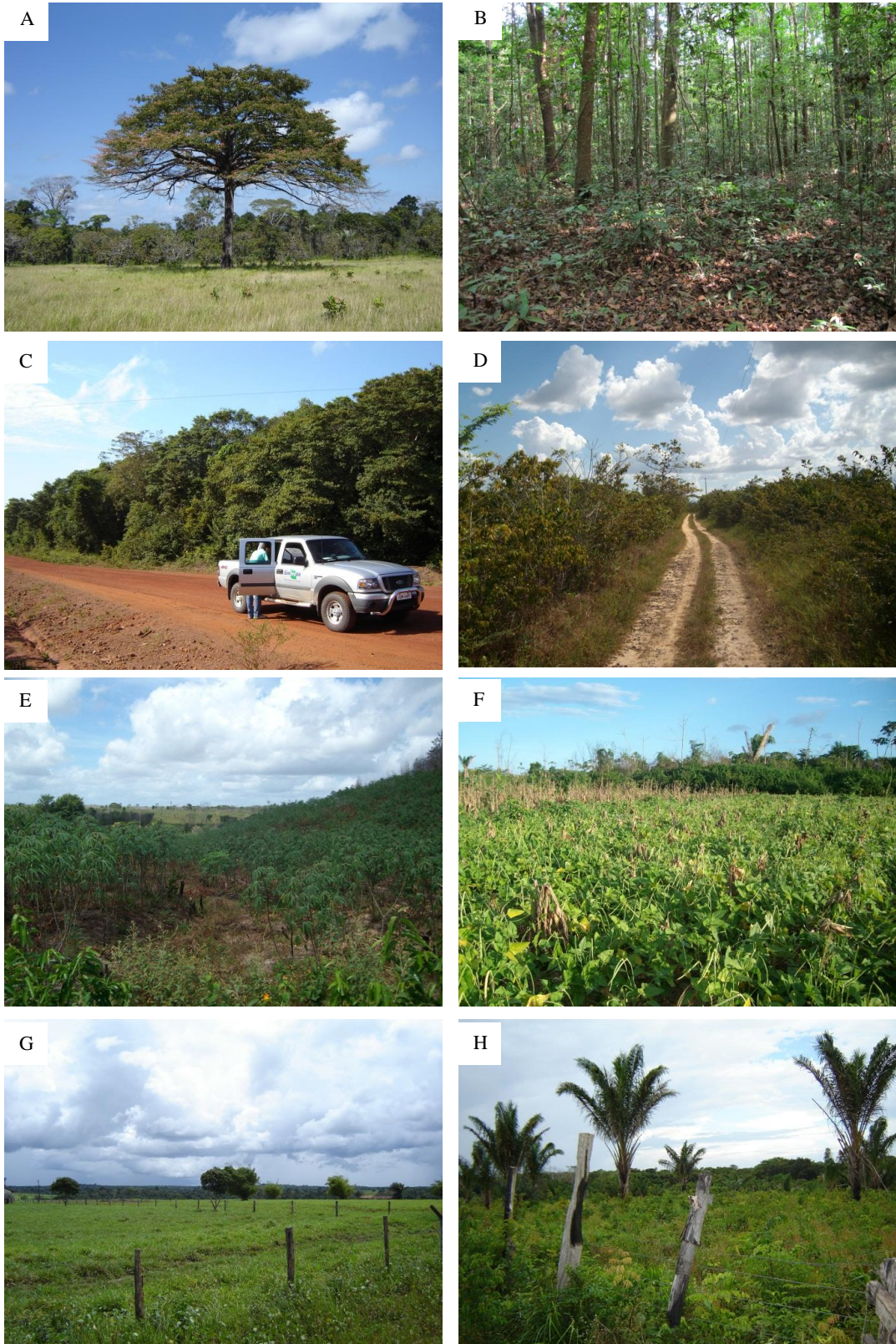


Tabela 2: Descrição da paisagem das microbacias nos igarapés amostrados no Nordeste Paraense – Amazônia Oriental a partir do sistema de informação geográfica.

Igarapés	Métricas de uso na microbacia									Métricas de uso no <i>buffer</i>		
	GUS	UP	SU	UFA	UCA	UCB	UPS	UPL	OU	DB	PFB	PUB
FRIA	Naturais	Floresta Antropizada	1,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Floresta Antropizada	100,0	0,0
GOL	Naturais	Floresta Antropizada	0,9	98,3	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0	Floresta Antropizada	100,0	0,0
LARA	Naturais	Floresta Antropizada	1,0	99,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	Capoeira Alta	100,0	0,0
URO	Naturais	Floresta Antropizada	0,7	85,2	10,0	4,7	0,1	0,0	0,0	Capoeira Alta	100,0	0,0
TAMA	Sucessionais	Capoeira Baixa	0,3	7,4	31,9	39,6	18,5	0,0	2,6	Capoeira Alta	94,0	0,0
TIMB	Sucessionais	Pasto Sujo	0,2	2,9	15,9	18,3	31,0	0,0	31,9	Floresta Antropizada	69,4	19,2
BUIU	Sucessionais	Capoeira Alta	0,2	7,5	39,7	26,2	20,2	0,0	6,5	Capoeira Baixa	98,7	0,7
BRA	Sucessionais	Capoeira Baixa	0,2	4,5	22,4	20,7	38,6	0,0	13,6	Pasto Sujo	87,0	9,8
MAL	Sucessionais	Capoeira Alta	0,2	14,6	29,7	23,2	28,0	3,8	0,7	Capoeira Alta	71,4	28,6
PAR	Pastagem	Pasto Sujo	0,5	3,3	11,4	13,7	71,2	0,0	0,3	Floresta Antropizada	30,7	10,5
HARA	Pastagem	Pasto Sujo	0,4	18,4	3,9	14,2	62,3	0,0	1,3	Capoeira Alta	49,4	26,3
DIV	Pastagem	Pasto Sujo	0,2	1,3	12,0	12,3	36,4	36,0	2,0	Floresta Antropizada	80,0	20,0
ARE	Pastagem	Pasto Sujo	0,2	0,0	18,9	27,8	36,7	11,3	5,3	Capoeira Alta	44,4	27,8
TOME	Pastagem	Pasto Sujo	0,3	4,6	14,8	27,4	45,5	0,0	7,7	Floresta Antropizada	90,1	4,4
PAST	Pastagem	Pasto Limpo	0,3	0,0	25,4	12,3	16,3	45,9	0,1	Capoeira Alta	0,0	53,3
BIXE	Pastagem	Pasto Limpo	0,3	1,6	4,1	17,0	22,8	53,0	1,5	Capoeira Alta	40,8	28,6
MUKE	Pastagem	Pasto Limpo	0,2	7,0	10,0	13,0	28,9	40,5	0,6	Capoeira Baixa	45,4	42,4

GUS - Grupo de uso simplificado dominante na microbacia; UP - Unidade de uso predominante na microbacia; SU - Simpson do uso; UFA - Floresta Antropizada (%); UCA - Capoeira Alta (%); UCB - Capoeira Baixa (%); UPS - Pasto Sujo (%); UPL - Pasto Limpo (%); OU - Outros usos (%); DB - Categoria de Unidade de Paisagem dentro do *Buffer* de 30m; PFB - Porcentagem de Ambiente Florestal dentro do *Buffer* (%); PUB - Porcentagem de Solo sob uso dentro do *Buffer* (%).

3.4 CARACTERIZAÇÃO DA PAISAGEM DE ENTORNO

A descrição do entorno do trecho amostrado, que abrangeu as margens e estruturas associadas diretamente aos ambientes estudados, teve como principal variável analisada a estrutura da vegetação ripária próxima ao trecho amostrado, entre outras observações relevantes (v. Planilha A, em anexo).

A caracterização da vegetação de entorno foi obtida visualmente levando em consideração uma área de 30 metros a partir de ambas as margens nos 200 m de trecho amostrado. O resultado foi uma classificação da vegetação ripária detalhada em relação aos elementos de paisagem definidos anteriormente pelo SIG-Gestabacias. Nesta classificação foram introduzidas algumas especificações como: Floresta de Igapó; açazal manejado; sucessão avançada, tardia; vegetação florestal com impacto de gado no sub-bosque (Quadro 1).

Quadro 1: Descrição da vegetação ripária dos igarapés do Nordeste Paraense- Amazônia Oriental a partir da observação em campo.

Igarapés	Vegetação ripária avaliada em campo	Classificação simplificada
FRIA	Floresta Antropizada tardia	Floresta
GOL	Floresta Antropizada tardia	Floresta
LARA	Floresta Antropizada tardia	Floresta
URO	Floresta Antropizada tardia	Floresta
TAMA	Floresta Antropizada de igapó	Capoeira
TIMB	Floresta Antropizada de igapó	Capoeira
BUIU	Floresta Antropizada de igapó	Capoeira
BRA	Capoeira Alta	Capoeira
MAL	Capoeira Alta açazal manejado	Capoeira
PAR	Floresta Antropizada com impacto de gado no sub-bosque	Capoeira
HARA	Capoeira Alta com impacto de gado no sub-bosque	Capoeira
DIV	Capoeira Alta açazal manejado	Capoeira
ARE	Capoeira Baixa	Pastagem
TOME	Pasto Sujo	Pastagem
PAST	Pasto Sujo	Pastagem
BIXE	Pasto Sujo	Pastagem
MUKE	Pasto Sujo	Pastagem

A partir destas características os igarapés foram classificados em três unidades de paisagens simplificadas (VER), a fim de formar grupos de igarapés com características de vegetação ripária semelhantes (Quadro 1).

3.5 CARACTERIZAÇÃO DOS LOCAIS DE AMOSTRAGEM

Cada um dos 17 igarapés foi amostrado uma única vez entre julho e outubro de 2010, estação do ano com menor precipitação, o que favoreceu o acesso aos locais de coleta. A amostragem ocorreu durante os meses de julho e agosto nas áreas 1 e 2 e setembro e outubro nas áreas 3 e 4.

Os métodos empregados na caracterização dos trechos dos canais amostrados foram derivados de métodos padronizados para análise de pequenos canais fluviais como descritos em Fitzpatrick et al. (1998); Gordon et al. (2004); Hauer e Lamberti, (2002). Os procedimentos adotados foram, na sequência:

Demarcação do trecho com guias

Em cada um dos dezessete igarapés amostrados foi demarcado um trecho de 200m, com o auxílio de guias feitas com corda de polipropileno de 2,5 mm de diâmetro, marcadas a cada metro com fitas. Ao longo desse trecho demarcado, e baseando-se na marcação presente nas guias, foram realizadas as amostragens de macroinvertebrados bentônicos e a avaliação das características físicas do riacho como: largura e profundidade do canal, tipos de substrato e velocidade da correnteza.

Tomada de medidas da estrutura física do canal

Dentro do trecho de igarapé escolhido para amostragem, os locais para mensuração de profundidade do canal, largura do canal e tipos de substrato foram definidos a partir de uma tabela de números randômicos que indicava a posição longitudinal de uma dada medida (de 0 a 200 metros) e a posição lateral (entre margem direita, centro ou margem esquerda do canal). Em cada trecho, foram sorteados 30 pontos para amostragem.

Largura e profundidade do canal

Para medir a largura e profundidade do canal foi utilizada uma trena de cinco metros. A largura do canal foi medida à superfície da água, sempre perpendicular ao desenvolvimento principal do canal. Nesta linha perpendicular ao canal, foi medida a profundidade do talvegue com uma estaca graduada (em centímetros).

Com base nos dados de largura e profundidade foram calculados os coeficientes de variação da largura e profundidade do canal, obtidos a partir da série de 30 transecções nos 200 metros de trecho amostrado.

A área do canal foi calculada pela multiplicação da largura média do canal nos 200 metros amostrados, enquanto o volume foi estimado pela multiplicação da largura média do canal, profundidade média do canal e os 200 metros amostrados. O desnível do canal foi obtido por meio de régua de nível e mangueira.

A variável sombreamento do canal foi efetuada pela estimativa visual de porcentagem de trecho sombreado por estrato arbóreo.

Classificação do substrato

Para a classificação do substrato predominante no leito dos igarapés foi utilizado um quadrado de lado igual a 50 cm, por sua vez subdividido em nove sub-quadrados. Em cada uma das 30 posições longitudinais e laterais sorteadas acima, o quadrado foi posicionado contra o leito do igarapé. Por inspeção visual e tátil, foi avaliado o tipo de substrato dominante em cada um dos sub-quadrados. As categorias de substratos consideradas foram: (1) seixo, (2) cascalho, (3) areia, (4) silte/argila, (5) tronco (material orgânico lenhoso com diâmetro acima de 10 cm), (6) liteira grossa (composta de folhas e pequenos galhos, maiores que 0,5 cm), (7) liteira fina (composta de particulado orgânico vegetal fino, menor que 0,5 cm), (8) MOFP (material orgânico particulado fino, menor que 0,1 cm) e (9) outros (especificado pelo pesquisador). Categorias frequentes de outros substratos foram: (A) raiz (emaranhado de raízes vivas, especialmente da vegetação marginal e, eventualmente de macrófitas emergentes), e (B) macrófitas (leito do igarapé recoberto por esta categoria de planta). A planilha C, em anexo, apresenta a maneira como esses dados foram anotados. As categorias de partículas de 1 a 4 seguem as distribuições de tamanho baseadas em uma simplificação da escala de Wentworth para classificação de partículas de substratos inorgânicos (ALLAN, 1995).

Velocidade média do canal

Para caracterizar a velocidade média da corrente no canal no trecho selecionado foram tomadas medidas em três segmentos de dez metros, em média (medidos com trena). Com um cronômetro, anotou-se o tempo que um flutuador padronizado levava para percorrer este segmento. Em cada trecho, foram tomadas três medidas de tempo. A média deste tempo, dividida pelo comprimento do segmento, e corrigida pela multiplicação por uma constante igual a 0,85 forneceram a velocidade média da corrente naquele segmento (GORDON et al., 2004). A velocidade média do trecho amostrado foi considerada como a média da velocidade

dos três segmentos. Igarapés cuja velocidade era negligível ou que não apresentavam trechos suficientemente longos (< 5 m) para obter uma estimativa de velocidade foram considerados como tendo predomínio de unidades de habitat estagnadas.

Medida de vazão

A vazão foi medida por meio de correntômetro (marca Global Water, modelo FP111) em uma seção transversal da extremidade à montante do trecho de amostragem selecionado. Para tanto, anotou-se a largura da seção e a partir deste valor foram tomadas dez medidas de velocidade média da coluna d'água, equidistantes ao longo da seção. Na tomada de medida de velocidade média, observou-se os detalhes de mensuração a profundidades corretas da coluna d'água, como descrito em Fitzpatrick et al. (1998) e Gordon et al. (2004). Por fim, a vazão do canal foi calculada integrando-se a área da seção transversal do canal pela velocidade média obtida de cada uma das dez medidas. Detalhes da forma de tomada de medidas podem ser observados na Planilha B, em Anexo. Os parâmetros analisados em escala imediata citados anteriormente estão apresentados na tabela 3.

Variáveis Físicas e Químicas

Em campo foram medidos com Analisador Multiparâmetros Horiba os variáveis condutividade, pH, temperatura em graus Celsius (T°) e turbidez (TUf). Além da temperatura média (TME) obtida a partir de termômetro de máxima e mínima $(T_{\min}+T_{\max})/2$.

Amostras de água também foram coletadas em cada um dos 17 igarapés e enviadas para análise laboratorial onde os seguintes parâmetros foram analisados: Na^+ , K^+ , Mg^+ , Ca^+ , Cl^- , nitrato (NO_3^-), fosfato (PO_4^{3-}), sulfato (SO_4^{2-}) e turbidez (TU) obtida pelo método nefelométrico (Tabela 4).

Tabela 3: Características dos trechos de igarapés amostrados na região nordeste do estado do Pará - Amazônia Oriental.

Igarapés	LMC	PRO	CVL	CVP	ACA	VOC	DES	SOM	COS	DSU	POA	POF	POG	LWD	DIU	VEM	VAZ
FRIA	2,07	0,19	27,46	30,73	414,33	78,45	0,23	1,00	6-7	0,35	0,15	0,25	0,51	0,04	0,76	0,05	0,01
GOL	2,84	0,19	27,82	37,69	567,33	106,28	0,14	0,95	6-7	0,37	0,09	0,19	0,56	0,04	0,36	0,06	0,00
LARA	1,72	0,20	21,48	29,65	344,48	67,63	0,20	0,80	6-7	0,39	0,11	0,16	0,59	0,05	0,49	0,11	0,01
URO	1,94	0,18	17,24	28,20	387,59	68,34	0,40	0,90	3-6	0,40	0,50	0,06	0,38	0,01	-	0,22	0,03
TAMA	3,03	0,25	33,24	31,58	606,67	152,48	0,16	1,00	7-6	0,31	0,11	0,44	0,31	0,01	0,50	0,16	0,03
TIMB	1,89	0,42	27,10	19,44	378,00	158,38	-	0,90	9-6	0,28	0,13	0,13	0,29	0,01	0,87	0,34	0,05
BUIU	2,85	0,39	25,53	34,58	570,67	219,71	0,35	1,00	6-3	0,28	0,29	0,03	0,41	0,07	0,93	0,25	0,05
BRA	3,11	0,30	36,54	26,35	622,67	186,38	0,25	0,95	6-3	0,33	0,22	0,19	0,49	0,01	0,51	-	0,04
MAL	1,51	0,13	32,69	47,90	302,33	38,90	0,16	0,60	6-3	0,64	0,12	0,06	0,79	0,00	0,50	0,05	0,00
PAR	1,80	0,21	17,53	36,03	360,33	76,75	0,39	0,80	3-6	0,70	0,83	0,01	0,10	0,01	0,59	0,22	0,03
HARA	2,19	0,22	63,51	32,59	438,67	96,21	0,57	0,70	3-6	0,40	0,59	0,00	0,18	0,00	0,80	0,29	0,03
DIV	2,32	0,26	67,60	30,86	464,00	118,63	0,38	0,70	6-9	0,30	0,07	0,07	0,46	0,03	0,65	0,15	0,02
ARE	3,05	0,22	49,35	27,45	609,31	131,53	0,30	0,10	3-8	0,24	0,40	0,07	0,06	0,00	0,52	0,29	0,03
TOME	2,85	0,39	29,35	25,54	569,00	220,58	0,45	0,50	3-6	0,51	0,69	0,03	0,16	0,03	0,67	-	0,13
PAST	1,37	0,24	43,61	37,09	274,67	65,00	0,31	0,00	9-10	0,35	0,01	0,03	0,01	0,02	0,76	-	0,00
BIXE	1,74	0,44	23,73	32,43	347,00	153,72	0,31	0,40	6-3	0,26	0,27	0,09	0,40	0,08	0,52	0,22	0,04
MUKE	3,09	0,64	86,04	35,09	617,33	396,74	0,37	0,00	9-3	0,22	0,30	0,05	0,04	0,04	0,40	-	0,08

LMC - Largura média do canal (m); PRO - Profundidade média do canal (m); CVL - Coeficiente de variação da largura do canal (%); CVP - Coeficiente de variação da profundidade do canal (%); ACA - área estimada do canal (m²); VOC - Volume estimado do canal (m³); DES - Desnível (%); SOM - Sombreamento (%); COS - Composição de substrato dominante descrita no texto (associação de duas modas); DSU - Diversidade de Simpson do substrato; POA - Porcentagem de areia (%); POF - Porcentagem de liteira fina (%); POG - Porcentagem de liteira grossa (%); LWD - Número de troncos; DIU - Diversidade de Simpson das unidades de habitat; VEM - Velocidade média do canal (m.s⁻¹); VAZ - Vazão do canal (L.m⁻².s⁻¹).

Tabela 4: Dados físico e químicos dos trechos de igarapés amostrados no Nordeste Paraense – Amazônia Oriental.

Igarapés	Na	K	Mg	Ca	Cl	NO ₃	PO ₄	SO ₄	TU	CN	pH	T°	TUf	TSS	TME	VAT
FRIA	2,61	0,47	0,66	0,99	4,12	0,25	0,00	0,55	0,36	0,02	5,68	24,72	0,00	0,0	26,00	1,92
GOL	2,47	0,31	0,58	0,97	3,67	0,33	0,01	0,45	0,36	0,02	6,00	25,87	5,10	0,01	25,75	1,20
LARA	2,35	0,25	0,45	1,06	2,3	0,03	0,00	0,63	8,08	0,02	5,55	25,38	0,00	0,02	-	0,00
URO	2,21	0,28	0,42	0,89	3,54	0,51	0,00	0,67	0,29	0,03	5,55	25,8	0,00	0,02	25,25	2,22
TAMA	1,72	0,21	0,69	1,91	2,97	0,60	0,00	0,51	1,93	0,02	6,57	24,64	0,00	0,01	25,50	0,74
TIMB	1,73	0,27	0,51	0,92	2,63	0,74	0,00	0,91	1,38	0,02	5,38	26,41	0,00	0,02	-	-
BUIU	1,78	0,16	0,37	0,78	2,77	0,06	0,00	1,74	1,04	0,03	5,28	25,9	0,00	0,02	25,50	0,76
BRA	2,00	0,21	0,42	0,89	2,78	0,16	0,01	1,00	2,50	0,02	5,02	25,93	0,00	0,02	-	-
MAL	2,78	0,44	0,67	3,43	2,86	0,02	0,00	0,29	1,99	0,03	6,87	24,63	2,00	0,02	27,00	0,00
PAR	1,88	0,23	0,56	1,55	2,84	0,06	0,00	1,44	2,37	0,02	6,01	26,83	0,00	0,01	26,00	1,71
HARA	1,75	0,21	0,57	1,04	2,61	0,11	0,00	0,59	7,82	0,02	5,86	27	0,00	0,01	26,5	0,96
DIV	1,87	0,26	0,51	1,17	2,47	0,03	0,00	0,59	0,12	0,02	5,83	28,18	0,00	0,01	28,75	0,50
ARE	2,38	0,25	0,49	0,98	3,42	0,11	0,00	0,7	1,99	0,02	5,56	27,26	3,2	0,01	27,25	2,56
TOME	1,8	0,26	0,52	1,11	2,79	0,58	0,00	0,96	1,69	0,02	4,73	24,83	0,00	0,01	25,25	1,12
PAST	2,08	0,12	0,3	5,58	2,13	0,21	0,01	0,65	10,49	0,02	6,14	30,43	0,00	0,01	28,75	3,86
BIXE	1,71	0,5	0,47	1,14	3,95	0,1	0,00	0,57	1,83	0,02	5,95	27,05	0,60	0,01	30,25	1,43
MUKE	2,42	0,44	0,53	1,06	3,2	0,32	0,00	0,54	14,10	0,02	5,66	28,09	9,40	0,01	29,25	3,52

Na (mg L⁻¹); K (mg L⁻¹); Mg (mg L⁻¹); Ca (mg L⁻¹); Cl (mg L⁻¹); NO₃ (mg L⁻¹); PO₄ (mg L⁻¹); SO₄ (mg L⁻¹); TU - Turbidez (FTU); CN - Condutividade (mS cm⁻¹); T° - Temperatura (Celsius); TSS - Sólidos totais em suspensão; TME - Temperatura (termômetro de máxima e mínima); VAT - Variação da temperatura.

3.6 AMOSTRAGEM DAS COMUNIDADES DE MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS

De cada um dos trechos de igarapés selecionados, foram obtidas 10 subamostras com um coletor do tipo *Surber*, de área 900 cm² e malha coletora de 250 µm. A subamostragem tomadas realizada em substrato arenoso e/ou arenoso com folhiço em áreas de corredeiras. O *Surber* foi posicionado contra a correnteza e o sedimento na área da base à frente do coletor foi remexido com as mãos do pesquisador por um período de 2 minutos, a fim de que os organismos deslocados fossem transportados pela correnteza ao interior do coletor.

O material depositado na malha do *Surber* foi lavado no local com água do próprio igarapé sobre duas peneiras granulométricas (de 500 µm e 19 mm), com o objetivo de separar o material grosseiro (folhas grandes e galhos) do material mais fino. O material retido na peneira de 500 µm foi transferido para uma garrafa etiquetada com data, local, e número da subamostra e então fixado em solução de formaldeído a 4%.

Além das coletas quantitativas efetuadas com o *Surber* três amostras qualitativas foram realizadas com a rede de mão de malha 250 µm. Estas amostras foram tomadas de “pacotes” de folhiço (liteira grossa, fina, MOFP) retidos em estruturas como raízes e galhos. Assim como o *Surber*, a rede de mão foi posicionada contra a correnteza e sua base pressionada contra o leito do igarapé, movimentando a rede em direção ao pacote de folhiço.

O material retido na rede de mão (folhiço) foi recolhido manualmente e lavado sobre peneiras granulométricas e transferido para garrafas seguindo o processo anterior usado nas amostragens de *Surber*.

3.7 PROCESSAMENTO DAS AMOSTRAS E IDENTIFICAÇÃO DOS MACROINVERTEBRADOS

Em laboratório as amostras foram lavadas novamente em uma peneira granulométrica de 500 µm e fixadas em etanol a 70%.

A triagem do material foi feita sob lupa estereoscópica com auxílio de pinças de relojoeiro AA, estiletes e uma placa de Petri. Nesta etapa, os indivíduos encontrados foram colocados em frascos de vidro transparentes de 8 ml com álcool a 70% e etiquetados.

A identificação seguiu até o nível de família, com a utilização de chaves taxonômicas como as de Hamada e Adler (2001), Hamada e Couceiro (2003), Pes e Hamada (2004), Pes et al. (2005), Souza et al. (2007), Pereira et al. (2007), Mariano e Froehlich (2007), Leci e

Froehlich (2007), Calor (2007), Azevedo e Hamada (2008), Pinho (2008), Segura et al. (2011) e auxílio da Dr.^a Kathia Sonoda, atualmente pesquisadora da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF.

3.8 ANÁLISE DE DADOS

3.7.1 Comunidade de insetos aquáticos

As análises dos dados foram realizadas apenas com a classe Insecta onde todos os indivíduos foram identificados ao mesmo nível, o de família. As demais categorias de macroinvertebrados dos filos Annelida (classes Hirudinea e Oligochaeta), Nematoda, Mollusca (classe Pelecypoda) e Arthropoda (classes Arachnida e Crustacea) que representaram apenas 17% do total de indivíduos foram apenas adicionados à lista geral de táxons para fins de conhecimento da fauna.

Os dados obtidos apresentam-se como o total de indivíduos de cada táxon presente nas amostras (trechos de igarapés amostrados). Estes dados foram empregados nas análises subsequentes de duas formas:

- 1) dados brutos, na forma original (n_{ij}), onde a espécie i da amostra j apresenta n indivíduos; e
- 2) descritores ecológicos e abundância dos táxons identificados em cada amostra, visando descrever a estrutura de cada amostra, ou seja, representar a comunidade de insetos aquáticos de cada localidade.

Desta forma, os valores de n_{ij} e os índices descritos abaixo constituem-se nas variáveis-resposta avaliadas em função das variáveis ambientais (independentes).

Os descritores ecológicos utilizados para descrever as amostras de insetos aquáticos foram: riqueza taxonômica (S) obtida pela contagem direta do número de táxons presentes em cada amostra, abundância total de indivíduos de todos os táxons (N), diversidade de Simpson ($1-D$), dominância (D), equitabilidade de Pielou (J), índice Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera (EPT) resultante da contagem do número de taxa destas ordens e a porcentagem de Chironomidae. Os índices são descritos pelas fórmulas abaixo:

Índice de diversidade de Simpson (1-D)

É o índice ecológico que representa a diversidade de uma determinada comunidade pela análise da probabilidade de que dois indivíduos escolhidos aleatoriamente pertençam à mesma espécie (KREBS, 1998). Para uma população infinita é dado pela fórmula:

$$1 - D = 1 - \sum p_i^2$$

onde,

p_i = proporção de indivíduos da família i na amostra;

Dominância (D)

Utilizado para indicar a ocorrência de dominância de táxons na comunidade amostrada. Varia de 0 (todos os táxons são igualmente presente) a 1 (um táxon domina completamente a comunidade) e é calculado pela equação:

$$D = \sum_i \left(\frac{n_i}{n} \right)^2$$

onde,

n_i = número de indivíduos do taxa i ;

n = número total de indivíduos.

Equitabilidade de Pielou (J)

Derivado do índice de Shannon-Wiener é utilizado para descrever o quão uniforme é a distribuição das abundâncias relativas dos taxa presentes na amostra (PIELOU, 1975 *apud* KREBS, 1998). Varia de 0 (uniformidade mínima) a 1 (uniformidade máxima).

$$J = \frac{H'}{\log n}$$

onde,

H' = índice de Shannon-Wiener.

n = número total de taxa.

3.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Inicialmente foram realizadas análises univariadas como gráficos de dispersão (todas as variáveis contra todas, que resultaram na matriz de correlação), histogramas, gráficos de distribuição de abundância etc.

As análises multivariadas foram realizadas a partir do cruzamento das variáveis respostas abundâncias com as variáveis descritivas do ambiente nas diferentes escalas espaciais, a fim de se reconhecer padrões e tornar estas informações interpretáveis.

A análise de agrupamento WPGMA (Weighted Pair-group Method with Averaging) pelo método de ligação completa foi utilizada como análise exploratória objetivando descrever as relações de similaridade entre os igarapés amostrados quanto à composição da fauna. Os resultados desse agrupamento foram posteriormente confrontados quanto aos grupos de igarapés formados pelas variáveis usos do solo na microbacia (variável GUS, tabela 2) e vegetação ripária de entorno (variável VER, tabela 3).

Sobre os descritores ecológicos descritos em 3.7.1. e os grupos de igarapés divididos por GUS e VER, foram realizadas análises de variância (ANOVA) quando os pressupostos de normalidade e homocedasticidade foram atingidos. Quando necessário, foi aplicada a transformação logarítmica da variável x em estudo, de forma a obter a variável x' transformada, tal que $x' = \log(x+1)$. Ainda nos casos em que os pressupostos da análise não foram atendidos, recorreu-se ao teste de Kruskal-Wallis. Para as comparações de média entre os grupos, foi empregado o teste *post-hoc* de Tukey (no caso dos testes ANOVA) ou o *rank* de comparação de médias (Kruskal-Wallis).

A análise de similaridade (ANOSIM) (CLARK e GORLEY, 2006) foi aplicada à matriz de abundância para testar diferenças significativas entre os igarapés quando classificados sob o aspecto de uso do solo na microbacia (GUS) e vegetação ripária de entorno (VER). Nesta análise são obtidos valores de R que indicam aceitação da hipótese nula quando próximos a zero e valores de p que indicam menor probabilidade de ocorrência de um erro tipo I.

Baseado no resultado desta análise de similaridade foi empregada a rotina SIMPER (porcentagem de similaridade) (Clark e Gorley, 2006) para determinar quais famílias foram responsáveis pela similaridade dos grupos de uso do solo previamente definidos e quais contribuíram para dissimilaridade (famílias discriminantes) entre diferentes grupos.

Uma Análise de Correspondência Canônica (ACC) (HAMMER et al., 2001) foi usada para verificar a relação entre as variáveis abióticas, a abundância dos macroinvertebrados e os igarapés amostrados. O teste de Monte Carlo, com 999 permutações, foi aplicado para verificar a existência de qualquer correlação entre os taxa e as variáveis ambientais apresentadas nos eixos da ACC. Para reduzir o número de variáveis abióticas empregadas na ACC, foi utilizada a correlação de Spearman entre as variáveis das tabelas 2, 3 e 4. Avaliando os pares de correlação entre variáveis, foi definido um total de 14 variáveis (Na, K, NO₃, PO₄, TU, pH, T°, SST, VAT, CVL, LWD, DIU, POF) do conjunto. As variáveis foram eliminadas por critérios de redundância, quando aquelas altamente correlacionadas pertenciam a grupos descrevendo escalas e fenômenos similares.

Em todas as análises multivariadas os dados de abundância de macroinvertebrados bentônicos foram transformados para $\log(n_{ij}+1)$ a fim de reduzir a influência da dominância de poucas espécies em detrimento das outras. O coeficiente de associação empregado foi a distância de Bray-Curtis. As análises estatísticas foram obtidas utilizando os *softwares* Statistica 7.0 (StatSoft Inc., 2005), Primer 6.1.6. (CLARK; GORLEY, 2006) e PAST (PAleontological STatistics) 2.13 (HAMMER; HARPER; RYAN, 2001).

4 RESULTADOS

4.1 COMPOSIÇÃO DA COMUNIDADE DE MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS

4.1.1 Surber e Rede de Mão

Nos 17 igarapés estudados foram coletados 46.371 indivíduos distribuídos em 61 táxons de macroinvertebrados, pertencente aos filos Annelida (classes Hirudinea e Oligochaeta), Nematoda, Mollusca (classe Pelecypoda) e Arthropoda (classes Arachnida, Crustacea e Insecta). Na classe Insecta foram obtidos indivíduos das ordens: Diptera, Coleoptera, Trichoptera, Ephemeroptera, Odonata, Hemiptera, Plecoptera e Megaloptera, respondendo por 53 táxons do total encontrado. Destas, as ordens mais abundantes foram Diptera com 31.948, Ephemeroptera com 4.359 e Trichoptera com 2.482 indivíduos (Tabela 5).

As famílias mais abundantes foram Chironomidae (Diptera) com 30.370 indivíduos, Baetidae (Ephemeroptera) com 1.949 e Leptophlebiidae (Ephemeroptera) com 1.717 indivíduos. A maioria dos taxa amostrados teve baixo número de indivíduos e a sua ocorrência e o número de táxons por igarapé variou de acordo com o aparelho de amostragem (ANEXO E). Alguns táxons foram exclusivos da rede de mão como a Classe Pelecypoda, a infraordem Brachyura (Classe Crustacea), as famílias Dryopidae e Lampyridae (Ordem Coleoptra), Coryphoridae (Ordem Ephemeroptera) e a família Dixidae (Ordem Diptera).

Tabela 5: Filos, classes, ordens e famílias de macroinvertebrados bentônicos obtidos a partir de amostrador tipo Surber e rede de mão em 17 igarapés do Nordeste Paraense.

CLASSIFICAÇÃO	FRIA	GOL	LARA	URO	TAMA	TIMB	BUIU	BRA	MAL	PAR	HARA	DIV	ARE	TOME	PAST	BIXE	MUKE
Annelida																	
Hirudinea					+			+	+	+		+			+	+	
Oligochaeta	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Arthropoda																	
Arachnida																	
Acari	+																
Pelecypoda									+								
Insecta																	
Coleoptera																	
Curculionidae													+		+	+	
Dryopidae										+							
Dytiscidae									+				+		+	+	+
Elmidae	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Gyrinidae	+						+	+					+	+	+	+	+
Hydrophilidae						+			+	+					+		
Lampyridae										+							
Lutrochidae															+		
Noteridae	+	+	+	+	+				+	+		+	+		+	+	+
Ptilodactylidae	+			+		+				+		+					
Scirtidae	+	+	+	+	+	+		+		+	+	+		+	+		
Diptera																	
Canacidae													+				

Tabela 5: Filos, classes, ordens e famílias de macroinvertebrados bentônicos obtidos a partir de amostrador tipo Surber e rede de mão em 17 igarapés do Nordeste Paraense (Continuação).

CLASSIFICAÇÃO	FRIA	GOL	LARA	URO	TAMA	TIMB	BUIU	BRA	MAL	PAR	HARA	DIV	ARE	TOME	PAST	BIXE	MUKE
Ceratopogonidae	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+
Chironomidae	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Culicidae	+	+	+						+				+		+		+
Dixidae													+				
Empididae			+	+	+		+			+	+	+	+	+		+	
Ephydriidae			+		+			+									
Muscidae		+		+						+		+					
Simuliidae	+		+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+		+	+
Tabanidae		+											+		+	+	
Tipulidae	+	+	+	+		+	+			+	+	+	+	+	+		+
Ephemeroptera																	
Baetidae	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+
Caenidae	+	+	+	+	+			+		+	+	+	+		+	+	+
Coryphoridae																	+
Ephemeridae	+	+	+		+												
Euthyplociidae	+	+	+				+	+			+	+	+				
Leptohyphidae	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+		+
Leptophlebiidae	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+		+
Polymitarcyidae	+	+	+	+			+	+				+					

Tabela 5: Filos, classes, ordens e famílias de macroinvertebrados bentônicos obtidos a partir de amostrador tipo Surber e rede de mão em 17 igarapés do Nordeste Paraense (Continuação).

CLASSIFICAÇÃO	FRIA	GOL	LARA	URO	TAMA	TIMB	BUTU	BRA	MAL	PAR	HARA	DIV	ARE	TOME	PAST	BIXE	MUKE
Hemiptera																	
Belostomatidae												+	+			+	+
Corixidae	+	+															
Naucoridae	+	+	+			+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+
Megaloptera																	
Corydalidae	+	+					+										
Odonata																	
Calopterygidae	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+			+		+	+
Coenagrionidae	+	+	+	+		+		+		+	+	+	+			+	+
Corduliidae		+										+	+				
Gomphidae	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+		+	+		+	+
Libellulidae	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Megapodagrionidae	+	+	+	+	+	+	+	+		+							
Polythoridae	+	+		+			+			+				+			
Protoneuriidae													+				
Plecoptera																	
Perlidae	+	+	+	+	+		+	+		+				+			
Trichoptera																	
Calamoceratidae	+	+	+	+	+	+	+	+		+		+		+			

Tabela 5: Filos, classes, ordens e famílias de macroinvertebrados bentônicos obtidos a partir de amostrador tipo Surber e rede de mão em 17 igarapés do Nordeste Paraense (Continuação).

CLASSIFICAÇÃO	FRIA	GOL	LARA	URO	TAMA	TIMB	BUIU	BRA	MAL	PAR	HARA	DIV	ARE	TOME	PAST	BIXE	MUKE
Ecnomidae	+	+	+									+	+				+
Glossosomatidae	+	+	+	+			+					+		+	+	+	+
Helicopsychidae	+	+			+					+	+		+		+	+	+
Hydropsychidae	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Hydroptilidae	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Leptoceridae	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Philopotamidae	+	+	+	+	+		+	+		+				+		+	+
Polycentropodidae	+	+	+	+	+		+	+				+	+	+		+	+
Pupas																	
Pupas	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+
Malacostraca																	
Decapoda																	
Caridea	+	+	+	+	+		+	+		+	+	+	+	+	+	+	+
Brachyura								+								+	
Nematoda	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+
Total Geral	2639	2633	2224	5488	1769	675	835	1052	886	3580	927	1411	12855	1328	2063	2648	3358

FRIA - Água Fria; GOL - Golpe; ARE - Areia; DIV - Divisa; MAL - Malva; PAST - Pastega; BIXE - Bicheira; MUKE - Muquem; LARA - Laranjal; URO - Uromã; TAMA - Tamatateua; TIMB - Timboteua; BUIU - Buiuna; HARA - Haras; PIN - Pinga; BRA - Braço Grande; PAR - Pardal.

A tabela a seguir discrimina a contribuição de cada aparelho de amostragem para composição geral da comunidade e a porcentagem de contribuição da classe Insecta dentro da comunidade amostrada.

Tabela 6: Abundância e riqueza por aparelho de amostragem.

Aparelho	N	Nº de taxa	Insecta (%)
<i>Surber</i>	14.012	53	83
Rede de Mão	32.359	56	92
Total	46.371	61	89

4.1.2 Amostras obtidas com *Surber*

A amostragem com o aparelho *Surber* capturou 11.384 indivíduos de Insecta distribuídas entre as ordens Diptera, Coleoptera, Trichoptera, Ephemeroptera e Odonata, com maior riqueza de famílias, e ainda as ordens Hemiptera, Plecoptera e Megaloptera (ANEXO E).

A ordem com maior riqueza de famílias foi Diptera, com as famílias Chironomidae, Ceratopogonidae, Simuliidae, Tipulidae, Culicidae, Muscidae, Tabanidae, Canacidae, Empididae e Ephydriidae, seguida da ordem Coleoptera com as famílias Elmidae, Dytiscidae, Noteridae, Gyrinidae, Ptilodactylidae, Scirtidae, Curculionidae, Hydrophilidae, Lutrochidae e Dryopidae.

As famílias mais abundantes foram Chironomidae (Diptera) com 8.229 indivíduos, Baetidae (Ephemeroptera) com 614 indivíduos, Leptophlebiidae (Ephemeroptera) com 452 indivíduos, Elmidae (Coleoptera) com 372 indivíduos, Hydropsychidae (Trichoptera) com 314 indivíduos e Hydroptilidae (Trichoptera) com 147 indivíduos. As ordens Plecoptera e Megaloptera apresentaram uma única família cada, Perlidae e Corydalidae, respectivamente. As famílias de insetos variaram em sua distribuição para cada um dos 17 igarapés amostrados (Figuras 3 a 19).

Figura 3: Principais famílias encontradas no trecho amostrado do igarapé Água Fria no Nordeste Paraense-Amazônia Oriental.

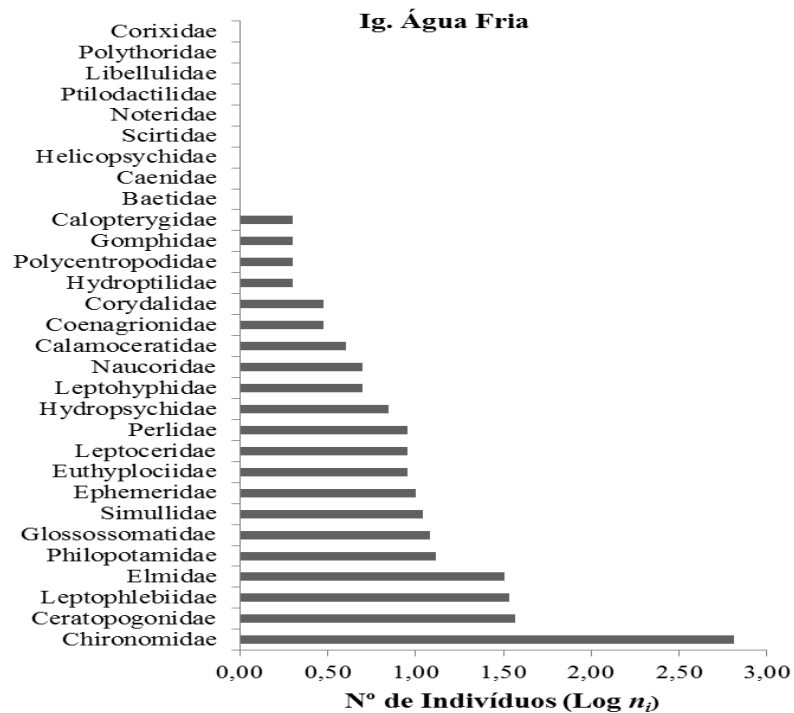


Figura 4: Principais famílias encontradas no trecho amostrado do igarapé Golpe no Nordeste Paraense-Amazônia Oriental.

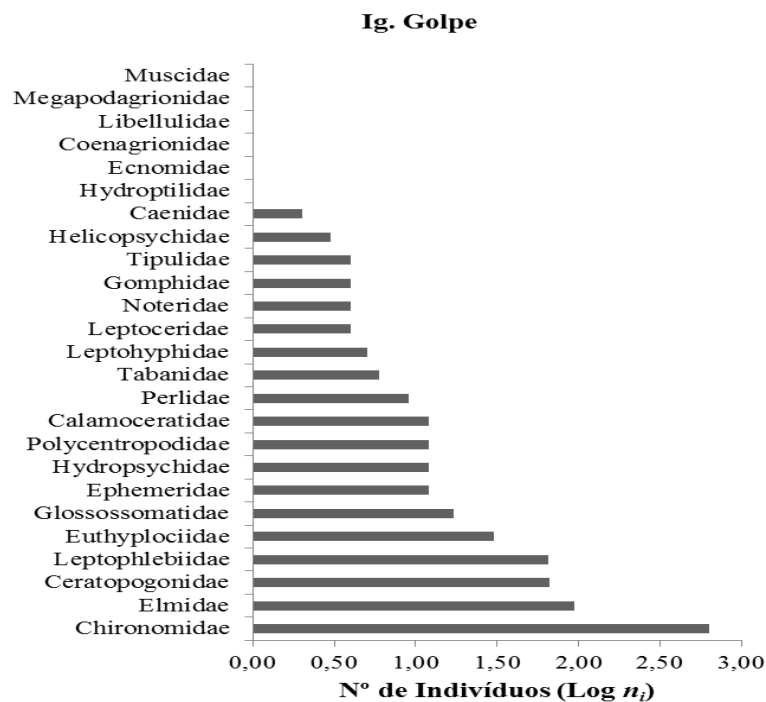


Figura 5: Principais famílias encontradas no trecho amostrado do igarapé Laranjal no Nordeste Paraense-Amazônia Oriental.

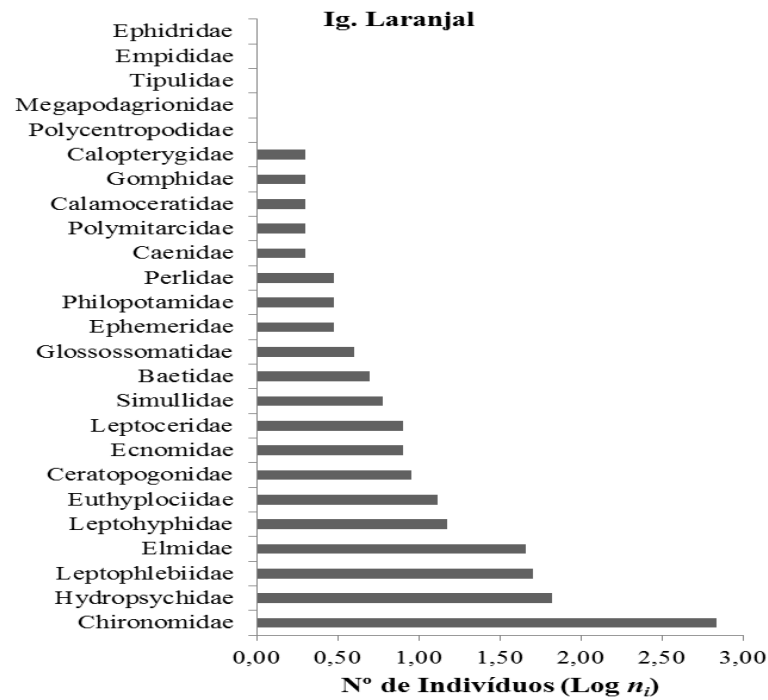


Figura 6: Principais famílias encontradas no trecho amostrado do igarapé Uromã no Nordeste Paraense-Amazônia Oriental.

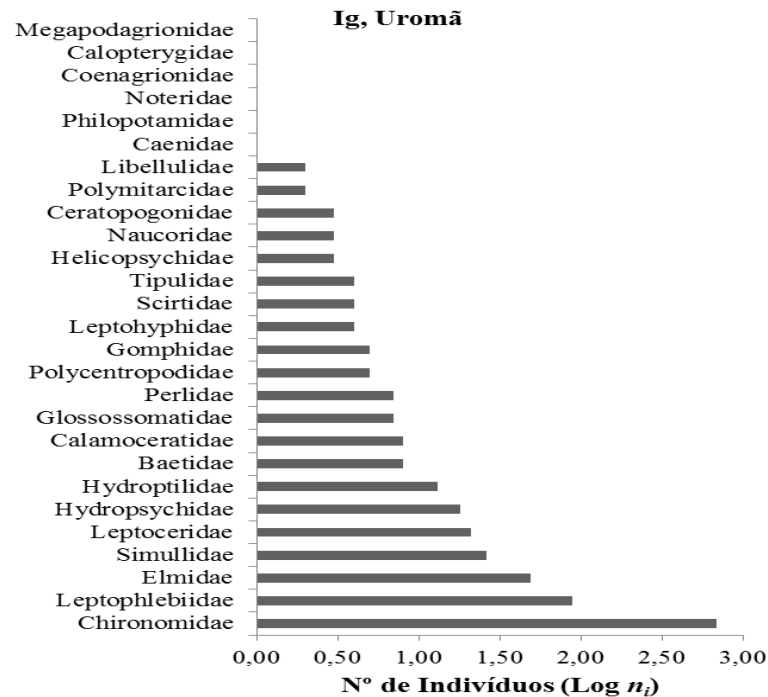


Figura 7: Principais famílias encontradas no trecho amostrado do igarapé Tamatateua no Nordeste Paraense-Amazônia Oriental.

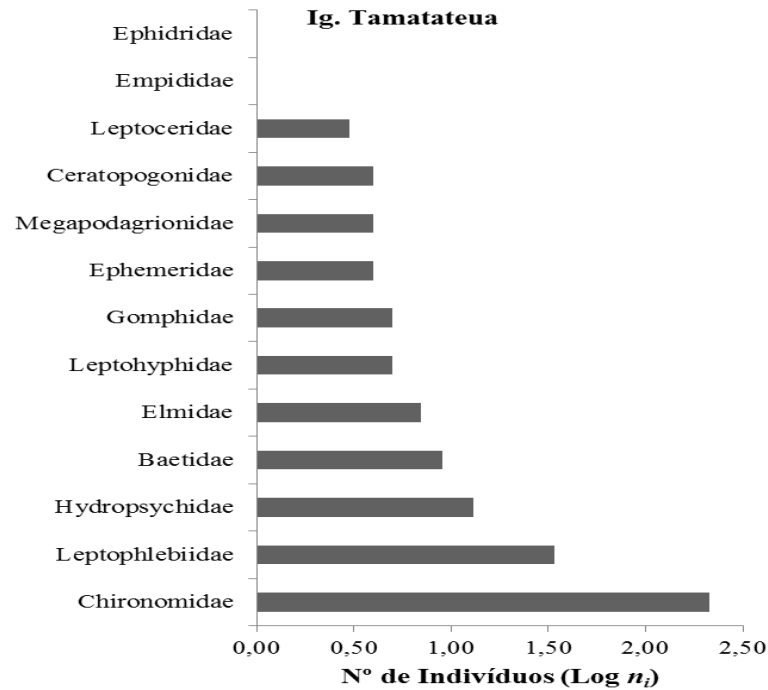


Figura 8: Principais famílias encontradas no trecho amostrado do igarapé Timboteua no Nordeste Paraense-Amazônia Oriental.

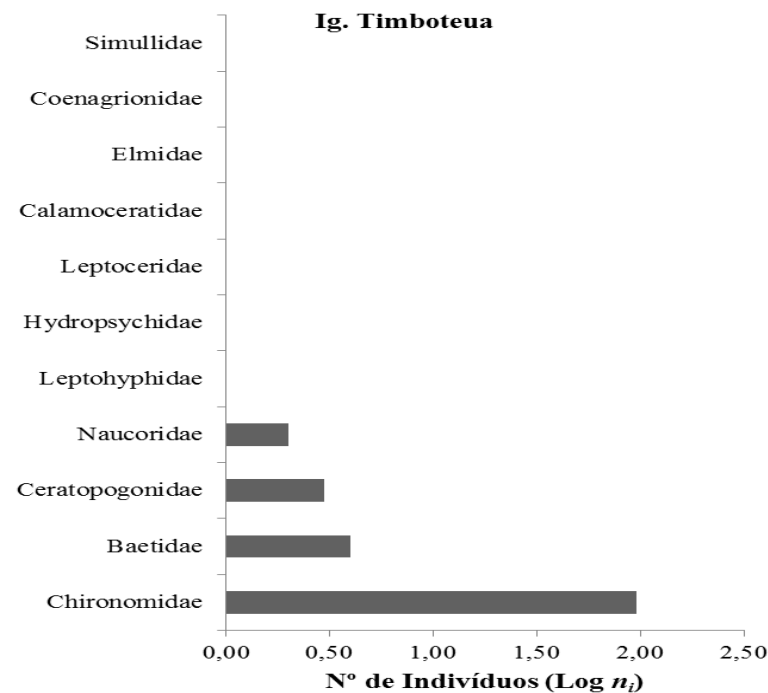


Figura 9: Principais famílias encontradas no trecho amostrado do igarapé Buiuna no Nordeste Paraense-Amazônia Oriental.

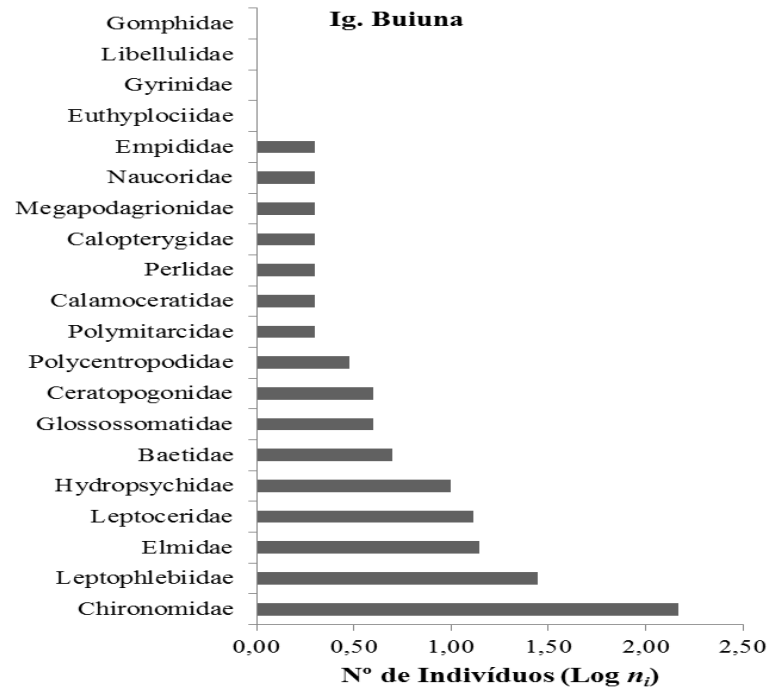


Figura 10: Principais famílias encontradas no trecho amostrado do igarapé Braço Grande no Nordeste Paraense-Amazônia Oriental.

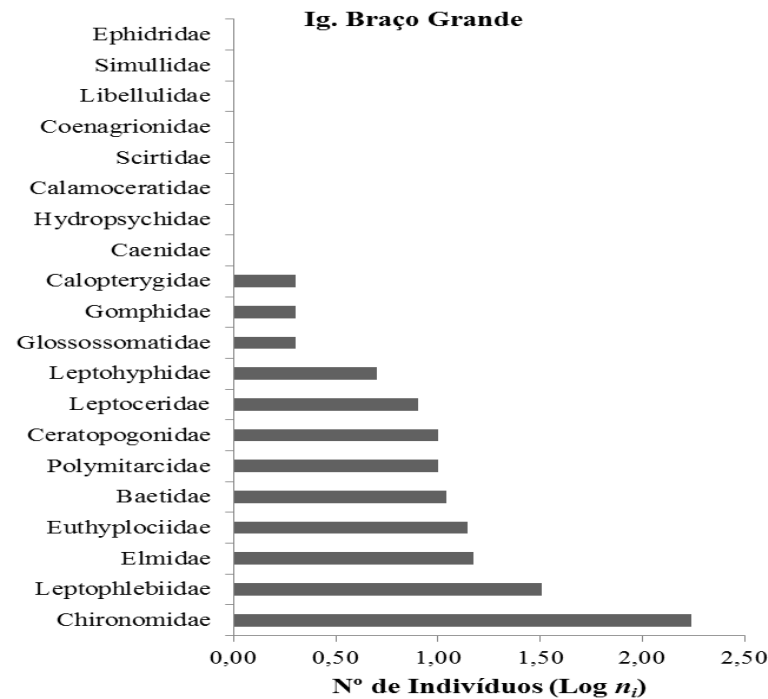


Figura 11: Principais famílias encontradas no trecho amostrado do igarapé Malva no Nordeste Paraense - Amazônia Oriental.

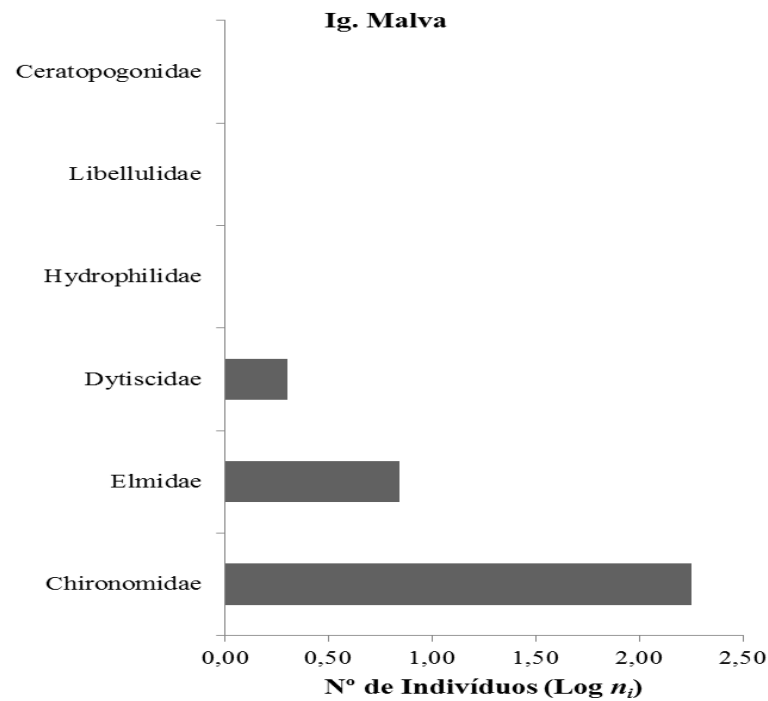


Figura 12: Principais famílias encontradas no trecho amostrado do igarapé Pardal no Nordeste paraense - Amazônia Oriental.

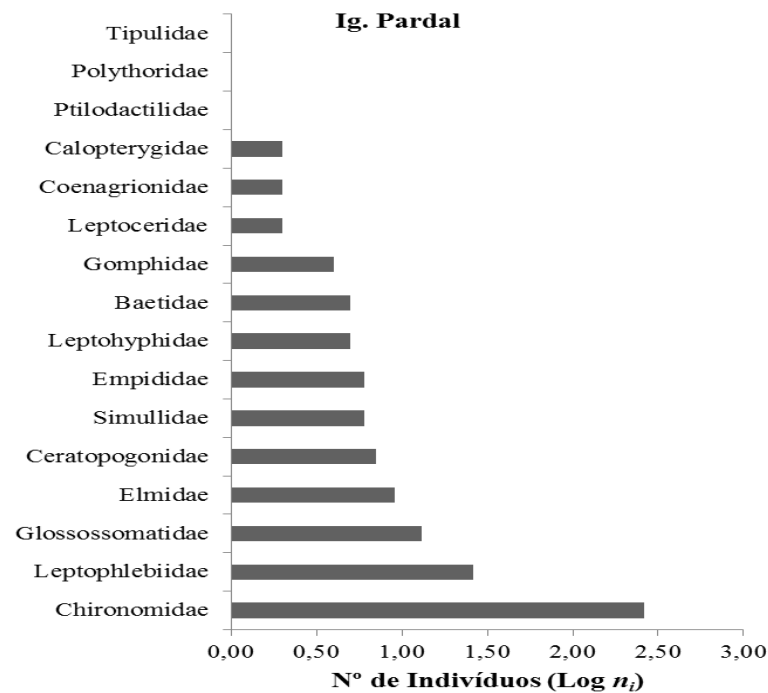


Figura 13: Principais famílias encontradas no trecho amostrado do igarapé Haras no Nordeste paraense - Amazônia Oriental.

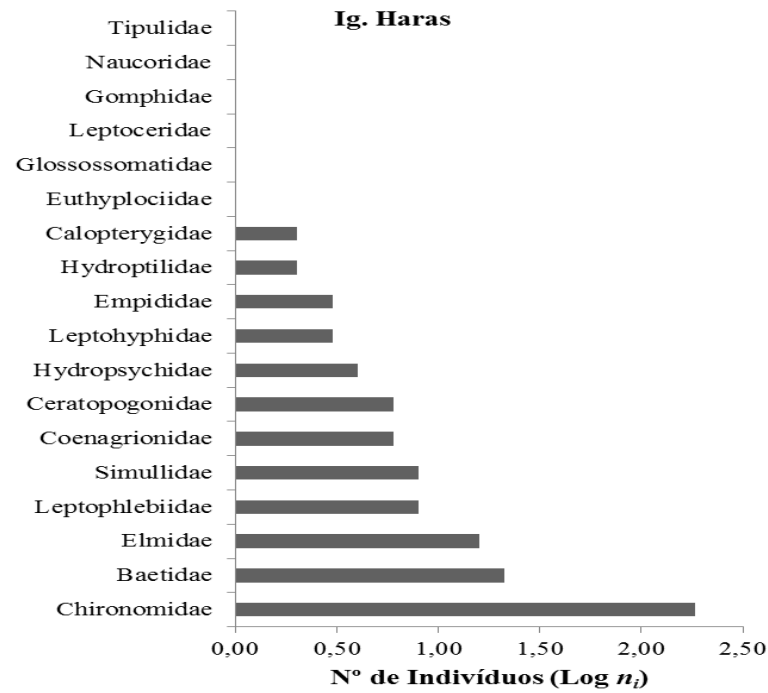


Figura 14: Principais famílias encontradas no trecho amostrado do igarapé Divisa no Nordeste Paraense-Amazônia Oriental.

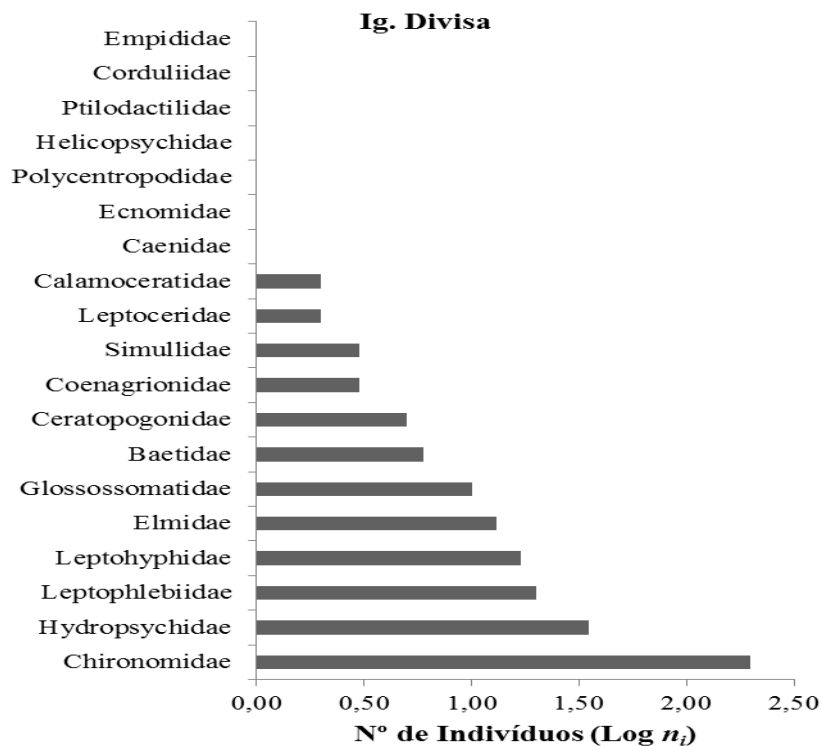


Figura 15: Principais famílias encontradas no trecho amostrado do igarapé Areia no Nordeste Paraense-Amazônia Oriental.

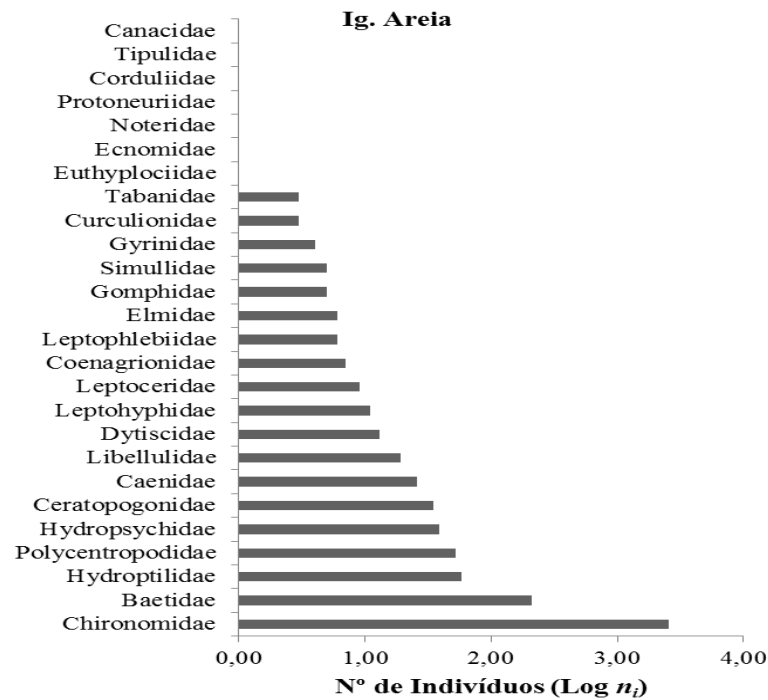


Figura 16: Principais famílias encontradas no trecho amostrado do igarapé Tomé no Nordeste Paraense-Amazônia Oriental.

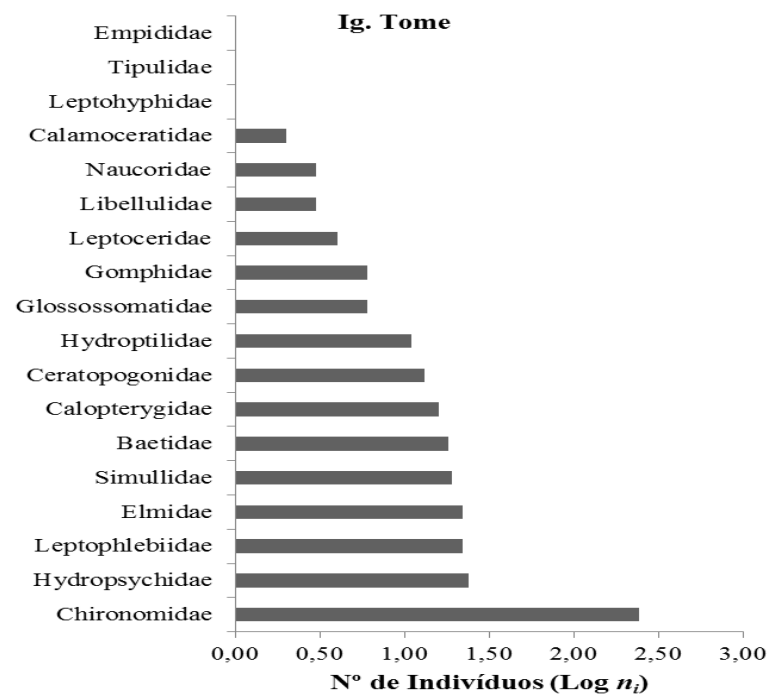


Figura 17: Principais famílias encontradas no trecho amostrado do igarapé Pastega no Nordeste Paraense-Amazônia Oriental.

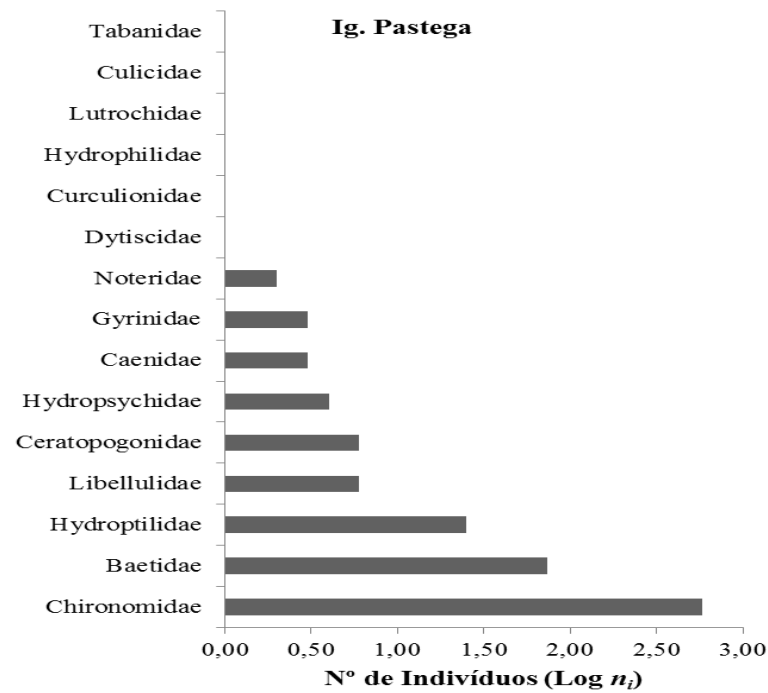


Figura 18: Principais famílias encontradas no trecho amostrado do igarapé Bicheira no Nordeste Paraense-Amazônia Oriental.

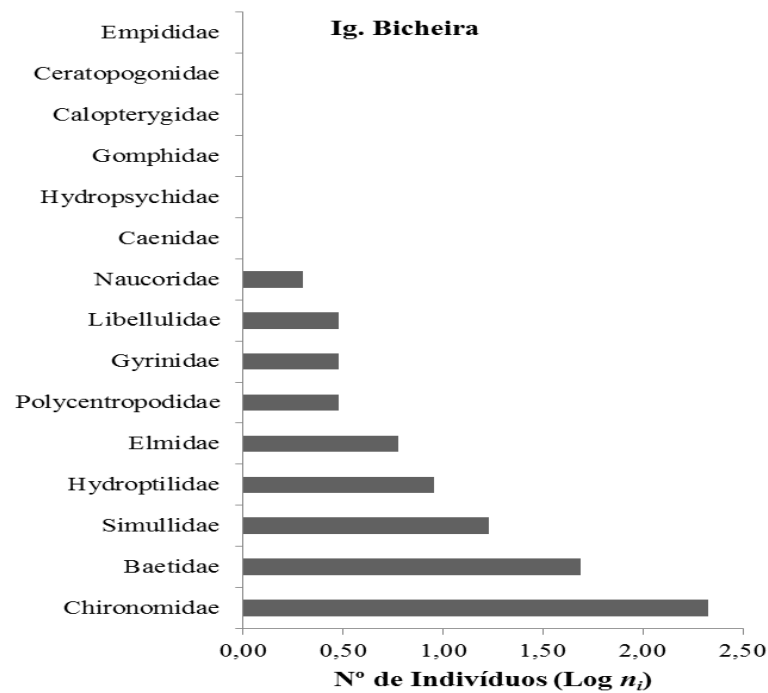
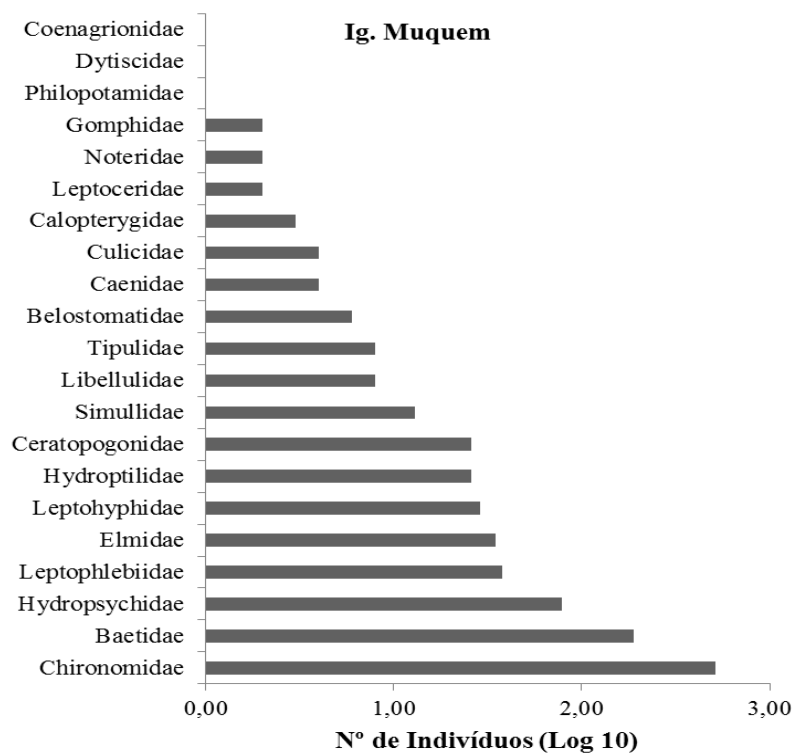


Figura 19: Principais famílias encontradas no trecho amostrado do igarapé Muquem no Nordeste Paraense-Amazônia Oriental.



4.2 ANÁLISE DAS RELAÇÕES ENTRE AS COMUNIDADES

4.2.1 Análise de agrupamento

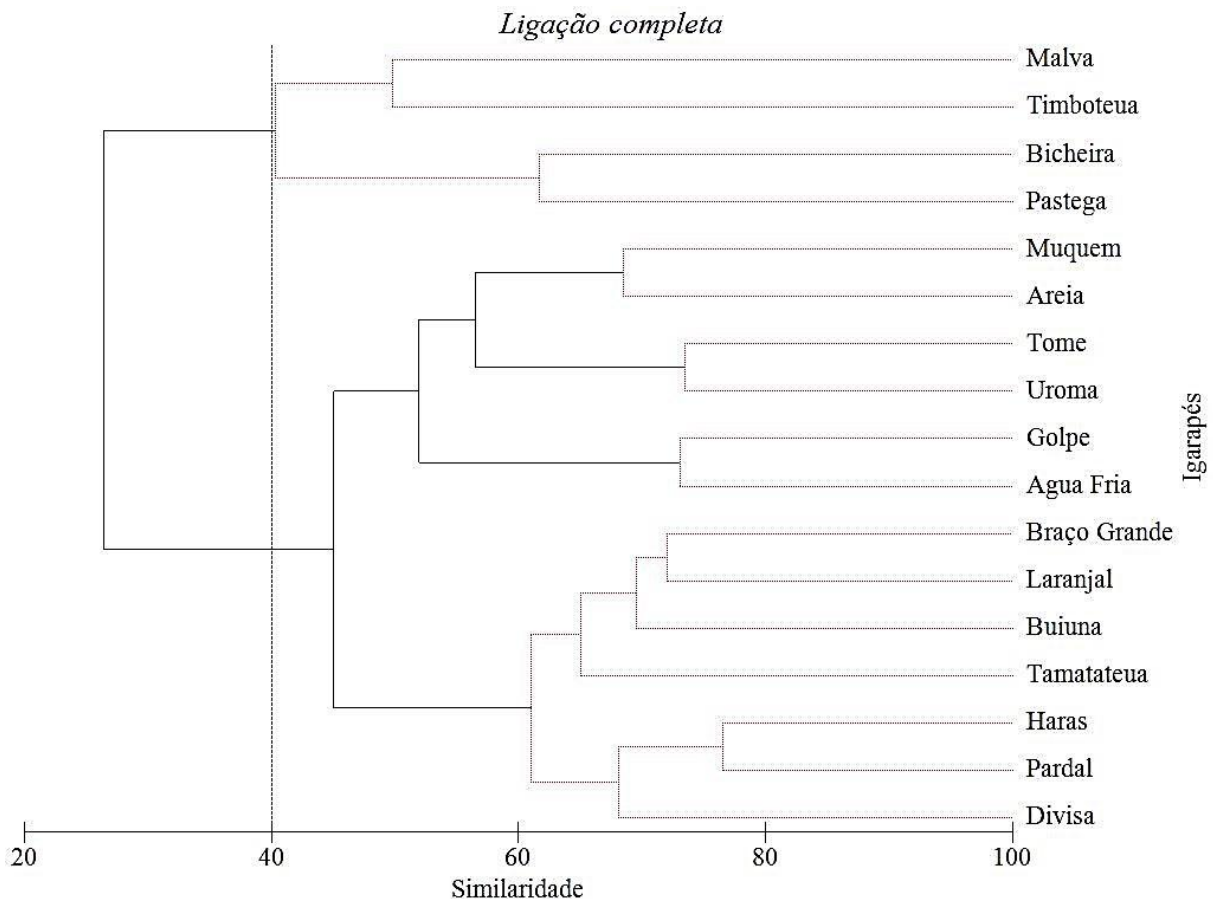
A análise de agrupamento realizada formou dois grupos de igarapés com diferença significativa (Figura 20), explicada basicamente quanto à abundância e ocorrência de alguns taxa.

Os grupos I e II diferem significativamente entre si quanto à composição da comunidade (linhas escuras), com ocorrência das famílias Hydrophilidae e Lutrochidae (Coleoptera) apenas nos igarapés Pastega, Bicheira, Timboteua e Malva e ausência da família Leptophlebiidae (Ephemeroptera) nestes.

O grupo I reuniu um grande número de igarapés, como: Igarapé da Divisa, Pardal, Haras, Tamatateua, Buiuna, Laranjal e Braço Grande, que não diferem entre si, mas diferem dos demais pela ausência de alguns taxa e baixa abundância de outros. Os táxons Noteridae, Dytiscidae, Curculionidae (Coleoptera), Protoneuriidae (Odonata), Corydalidae (Megaloptera), Belostomatidae, Dixidae (Hemiptera), Culicidae e Muscidae (Diptera) não foram encontrados; Hydroptilidae, Ecnomidae, Helicopsychidae, Philopotamidae

(Trichoptera), Perlidae (Plecoptera), Elmidae, Scirtidae (Coleoptera), Libellulidae (Odonata) ocorreram em baixa abundância.

Figura 20: Dendrograma mostrando a similaridade entre a comunidade de insetos aquáticos de 17 igarapés no Nordeste Paraense - Amazônia Oriental. Método de ligação completa e distância de Bray-Curtis.



A diferença dos igarapés Água Fria e Golpe para os igarapés Uromã, Tomé, Areia e Muquem deve-se ocorrência da família Ephemeridae (Ephemeroptera) nos dois primeiros. Enquanto Uromã e Tomé diferem de Areia e Muquem pela ocorrência da família Baetidae (Ephemeroptera) nestes dois últimos. Os igarapés Pastega, Bicheira, Timboteua e Malva não apresentam diferenças significativa entre eles.

4.2.2 Descritores ecológicos

O número de táxons coletados por igarapé com o amostrador tipo *Surber* variou entre seis e 30, com a maior riqueza taxonômica nos igarapés de floresta antropizada Água Fria com 30 e Uromã com 27 famílias de insetos (Tabela 7).

Tabela 7: Descritores ecológicos de amostras de insetos bentônicos coletados em 17 trechos de igarapés do Nordeste Paraense.

Igarapés	S	N	D	J	Do	Chiro	EPT
Água Fria	30	870	0,44	0,37	0,56	75	15
Golpe	25	1005	0,58	0,47	0,42	63	14
Laranjal	25	943	0,46	0,38	0,54	73	15
Uromã	27	970	0,49	0,40	0,51	71	14
Tamatateua	13	303	0,49	0,47	0,51	70	6
Timboteua	11	112	0,26	0,30	0,74	86	5
Buiuna	20	247	0,62	0,54	0,38	60	10
Braço Grande	20	294	0,62	0,54	0,38	60	10
Malva	6	190	0,12	0,18	0,88	94	0
Pardal	16	353	0,44	0,42	0,56	75	5
Haras	18	270	0,52	0,47	0,48	69	8
Divisa	19	320	0,60	0,52	0,40	62	11
Areia	26	3079	0,30	0,25	0,70	83	10
Tomé	18	415	0,64	0,59	0,36	59	8
Pastega	15	709	0,32	0,28	0,68	82	4
Bicheira	15	309	0,50	0,43	0,50	68	5
Muquem	21	995	0,68	0,55	0,32	52	8

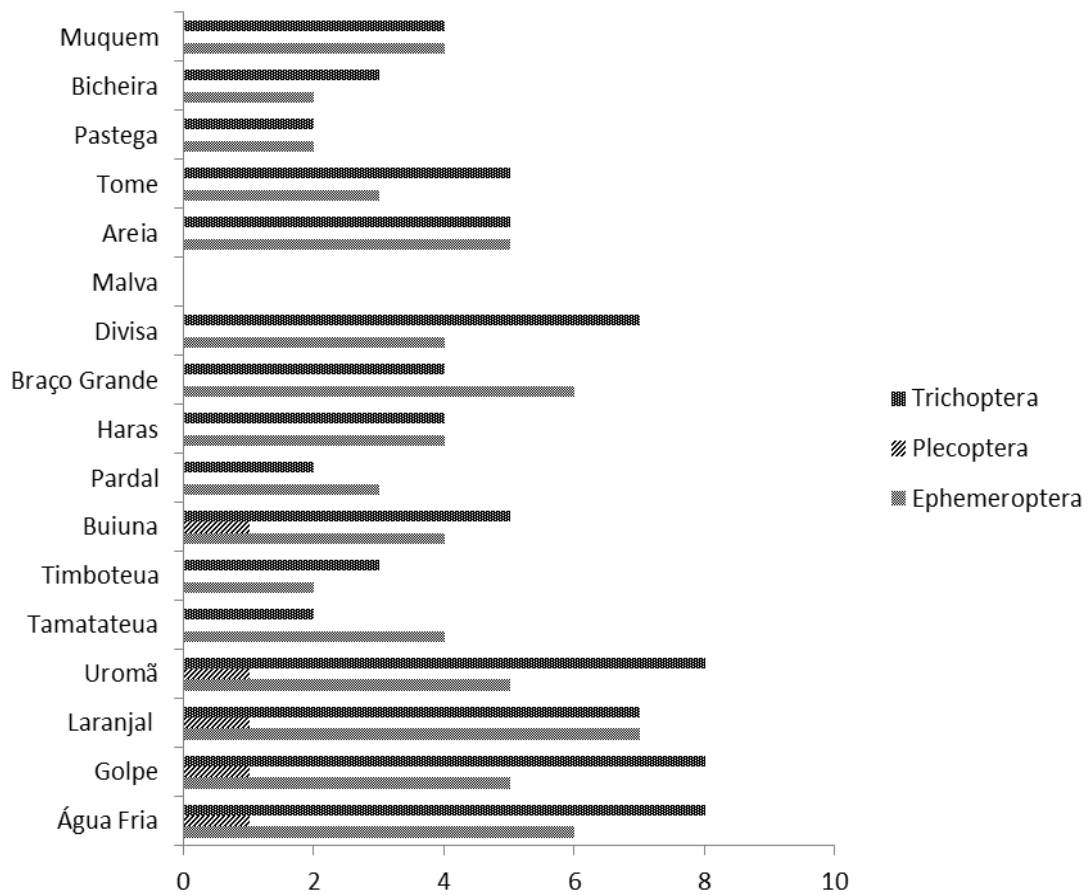
S - Riqueza; *N* - Número de indivíduos; *D* - Índice de Simpson; *J* - Equitatividade de Pielou; *Do* - Dominância; *Chiro* - Porcentagem de Chironomidae na amostragem; *EPT* - Número de indivíduos de Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera.

As maiores abundâncias foram verificadas no igarapé de pastagem, Areia com um total de 3.079 indivíduos, sendo 83% destes indivíduos de Chironomidae (Diptera) e no igarapé de floresta antropizada, Golpe com 1.005 indivíduos com 63% de Chironomidae. Os Igarapés da Malva e Timboteua, ambos de vegetação sucessional apresentaram ao mesmo tempo menor riqueza e abundância (Tabela 7).

A maior diversidade de Insecta ocorreu no igarapé Muquem (pastagem) enquanto a maior equitabilidade no Tomé (pastagem). Alta dominância de taxa é observada em todos os 17 igarapés, com a família Chironomidae (Diptera) sendo o principal táxon em todos eles (Tabela 7).

O índice Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (EPT) teve maior riqueza nos igarapés de floresta antropizada Água Fria, Golpe, Laranjal e Uromã. Enquanto nos igarapés de pastagem e capoeira houve uma ampla variação do número de taxa (Figura 21).

Figura 21: Riqueza EPT por trecho de igarapé amostrado no Nordeste Paraense - Amazônia Oriental.



Diferenças quanto aos táxons dominantes nos diferentes grupos de uso foram observadas. Houve predomínio da família Leptophlebiidae (Ephemeroptera) nos trechos de igarapés inseridos em microbacia de floresta antropizada e naqueles de vegetação sucessional. A família Baetidae (Ephemeroptera) foi comum e abundante em igarapés de pastagem enquanto Hydropsychidae e Hydroptilidae (Trichoptera) abundantes em igarapés com vegetação sucessional (capoeira) e pastagem. A ocorrência da família Perlidae (Plecoptera) se restringiu aos igarapés com maior percentual de floresta na microbacia e aos de vegetação sucessional cujo percentual de vegetação ripária foi acima de 90% (Figuras 22, 23, 24).

Figura 22: Ocorrência de taxa EPT por igarapé amostrado no Nordeste Paraense. Ephemeroptera (A a F).

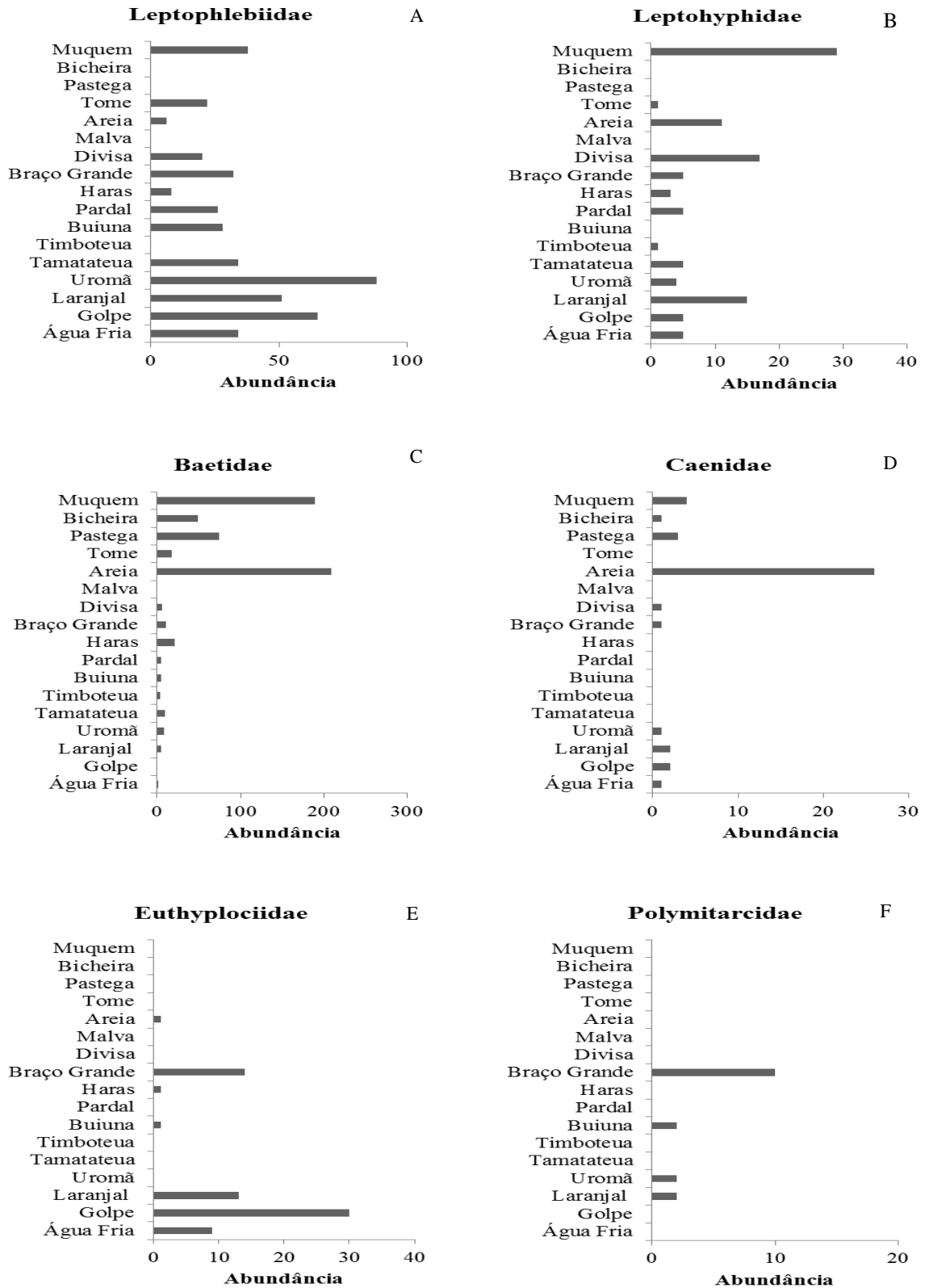


Figura 23: Ocorrência de taxa EPT por igarapé amostrado no Nordeste Paraense. Ephemeroptera (G); Trichoptera (H a M).

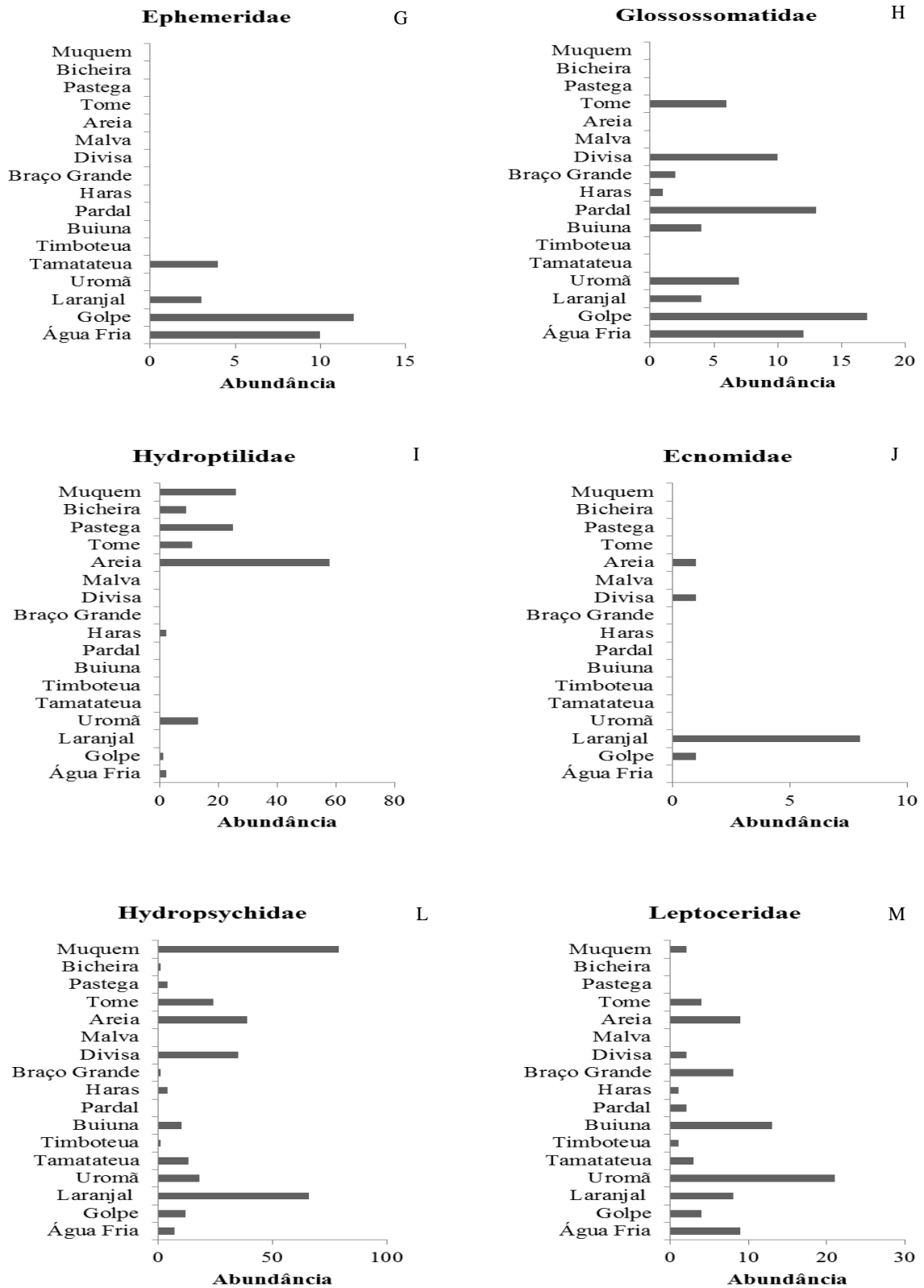
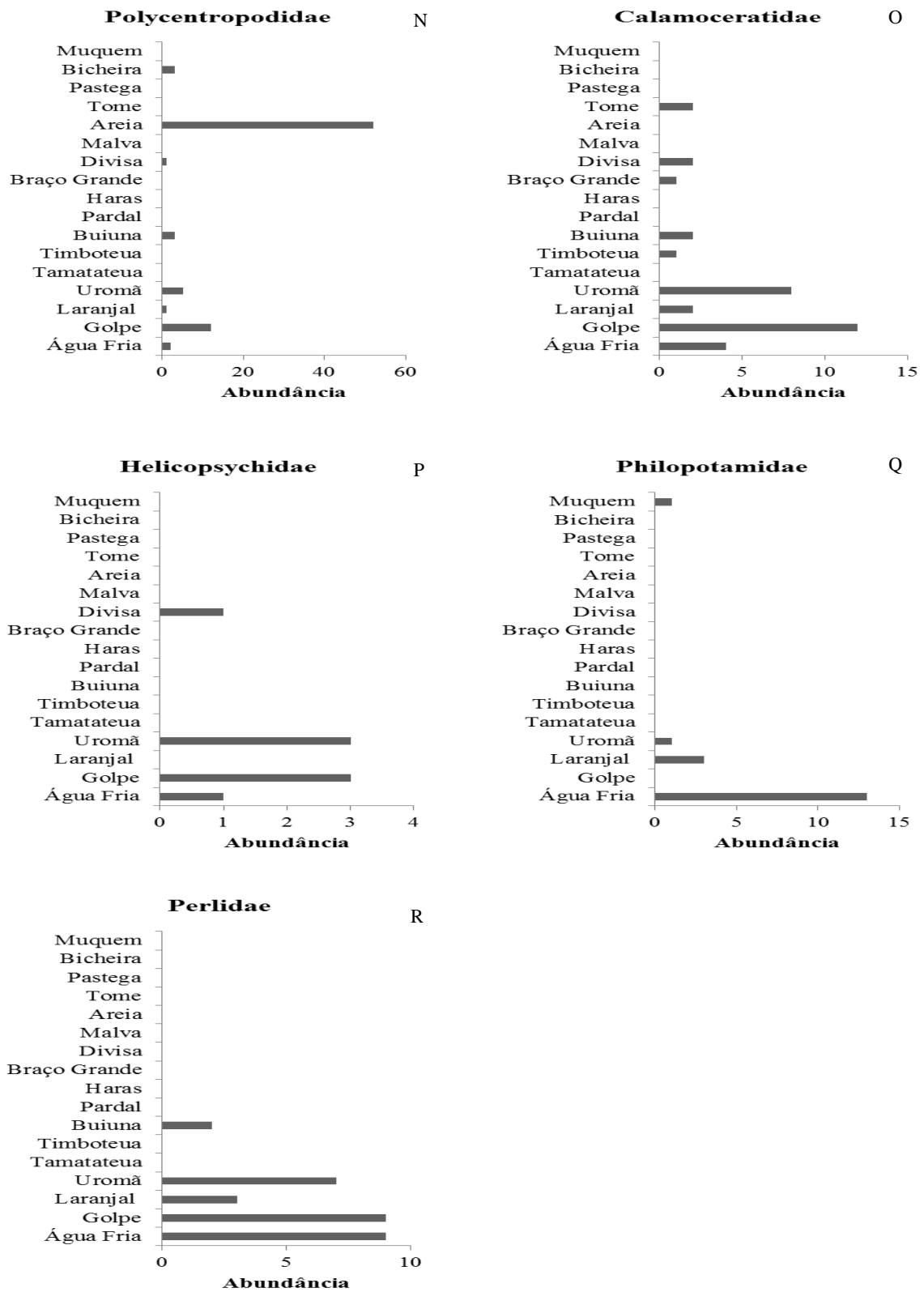


Figura 24: Ocorrência de taxa EPT por igarapé amostrado no Nordeste Paraense. Trichoptera (N a Q); Plecoptera (R).



4.3 RELAÇÕES ENTRE AS COMUNIDADES DE INSETOS E AS CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS

4.3.1 Análise de variância

Os resultados da ANOVA evidenciaram diferenças significativas para os descritores ecológicos de riqueza, abundância e EPT, entre os grupos de igarapés agrupados pela variável GUS e VER. O teste de Kruskal-Wallis revelou diferença significativa ($p < 0,05$) para a riqueza de macroinvertebrados entre igarapés em microbacias de floresta antropizada e vegetação sucessional (capoeira); e índice EPT com igarapés de floresta diferindo de capoeira e pastagem. Já o teste de Tukey ($p < 0,05$) encontrou igarapés de floresta antropizada e pastagem diferindo de capoeira quanto a abundância (Figura 25).

Para a vegetação ripária de entorno o teste de Kruskal-Wallis revelou diferença significativa ($p < 0,05$) entre floresta e capoeira para riqueza; e floresta diferindo de capoeira e pastagem quanto ao índice EPT. O teste de Tukey ($p < 0,05$) encontrou para a abundância os igarapés com vegetação ripária floresta e capoeira diferindo daqueles de pastagem (Figura 26). Os demais descritores não apresentaram diferenças quanto aos usos.

Figura 25: Box plots da riqueza, abundância e EPT para os grupos de uso na microbacia (GUS) em Igarapés do Nordeste Paraense - Amazônia Oriental. Letras diferentes demonstram diferença significativa entre os grupos de Igarapés amostrados.

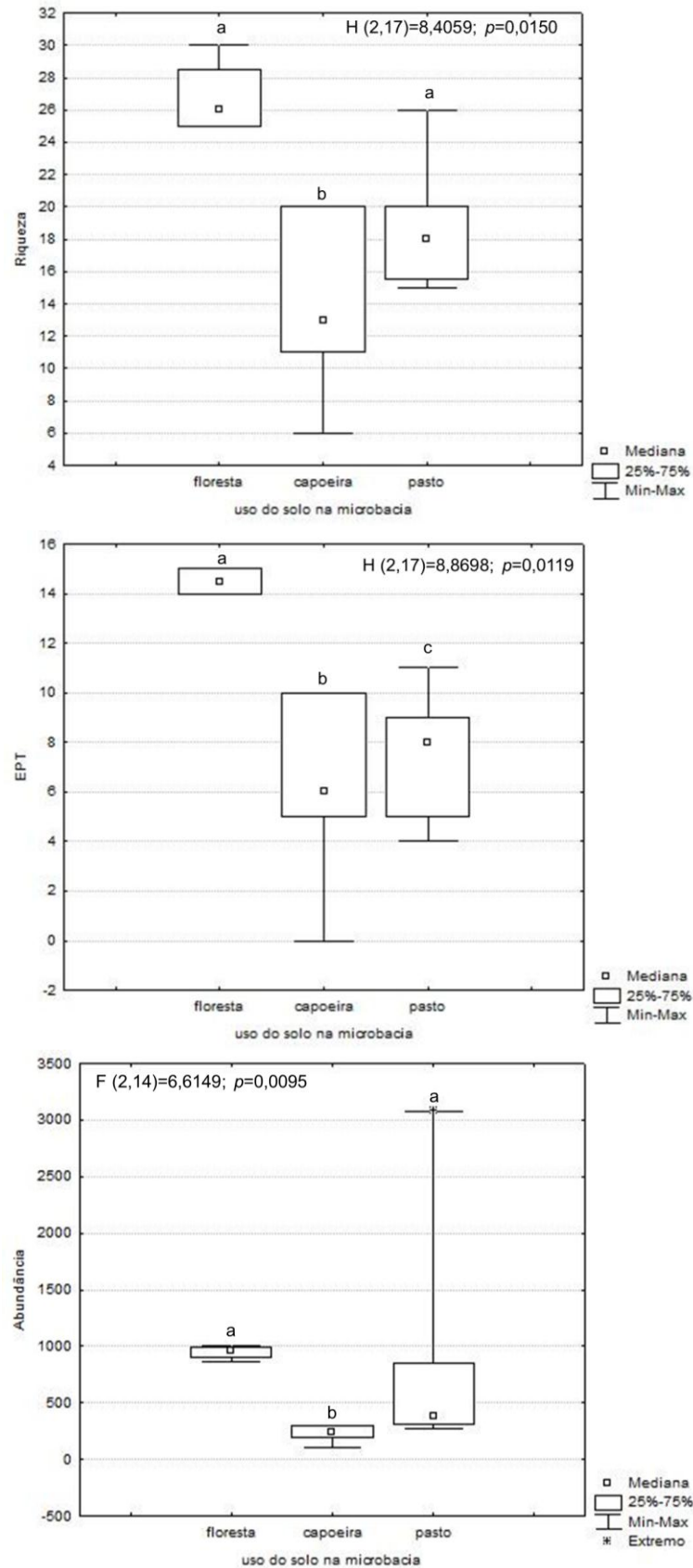
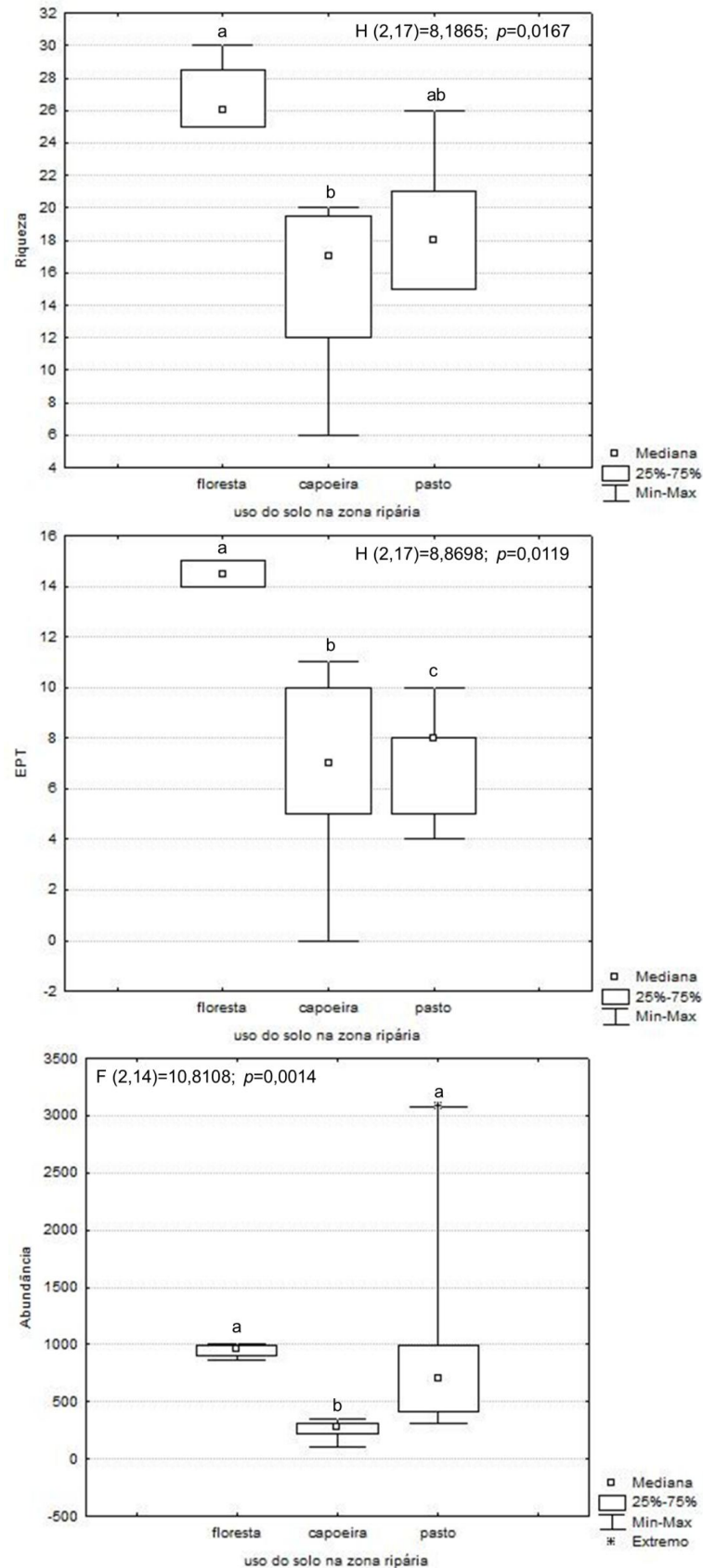


Figura 26: Box plots da riqueza, abundância e EPT para a vegetação ripária de entorno (VER) em igarapés do Nordeste Paraense - Amazônia Oriental. Letras diferentes demonstram diferença significativa entre os grupos de igarapés amostrados.



4.3.2 Análise de similaridade

A análise de similaridade realizada mostrou diferenças na composição da comunidade quando analisadas sob os diferentes usos do solo na microbacia (GUS) e quanto à vegetação de entorno (VER). Entretanto para a microbacia (GUS) a maior diferença observada foi entre floresta antropizada e vegetação Sucessional, enquanto para a vegetação ripária de entorno (VER) a maior diferença observada quanto à composição foi entre floresta e pastagem (tabelas 8 e 9).

Tabela 8: Resultados da análise de similaridade (ANOSIM) considerando a classificação grupos de uso simplificado na microbacia (GUS) para os 17 trechos de igarapés da região Nordeste Paraense-Amazônia Oriental. Em negrito estão os grupos de uso do solo na microbacia que diferem quanto à comunidade amostrada.

Categories	<i>R</i>	<i>p</i>
Floresta Antropizada/Sucessional	0,394	2,4
Floresta Antropizada /Pastagem	0,287	6,3
Pastagem/Sucessional	0,284	4,4

Tabela 9: Resultados da análise de similaridade (ANOSIM) considerando a classificação (VER) da vegetação de entorno para os 17 trechos de igarapés da região Nordeste Paraense-Amazônia Oriental. Em negrito estão os grupos com diferenças significativas.

Categories	<i>R</i>	<i>p</i>
Floresta/Capoeira	0,331	6,1
Floresta/Pastagem	0,544	1,6
Capoeira/Pastagem	0,411	1,2

4.3.3 Similaridade Percentual

A análise de similaridade percentual encontrou 71,33% de similaridade na composição da comunidade de igarapés em microbacia de floresta antropizada, 52,48% de similaridade na composição da comunidade de igarapés em microbacia com predomínio de vegetação sucessional e 57,97% de similaridade na composição da comunidade de igarapés em microbacia de pastagem. A partir da média de abundância e similaridade algumas famílias foram identificadas como as mais importantes para a similaridade entre igarapés, predominando àquelas pertencentes às ordens Diptera, Trichoptera, Ephemeroptera e Coleoptera (Tabela 10).

Houve maior dissimilaridade quanto à composição entre os igarapés em microbacias de floresta natural e aqueles de vegetação sucessional (50,61%), seguido de vegetação sucessional e pastagem (49,55%) e floresta natural e pastagem (45,49%). A tabela 11 a seguir,

apresenta as famílias que mais contribuíram pra dissimilaridade entre os grupos de igarapés a partir do uso da microbacia.

Tabela 10: Contribuição das famílias para a similaridade entre os diferentes grupos de uso da microbacia nos 17 igarapés do Nordeste Paraense.

GUS	Famílias	Média Abundância	Média de Similaridade	Sim/SD	Contribuição %	Cumulativo %
Floresta	Chironomidae	6,50	12,15	31,52	17,03	17,03
	Leptophlebiidae	4,05	7,11	12,43	9,97	27,01
	Elmidae	3,95	6,91	14,36	9,69	36,69
	Hydropsychidae	2,95	4,48	5,92	6,28	42,98
	Ceratopogonidae	2,88	3,87	2,39	5,42	48,40
	Leptoceridae	2,30	3,61	5,27	5,06	53,46
Sucessional	Chironomidae	5,06	22,17	3,27	42,25	42,25
	Elmidae	2,07	6,68	2,30	12,73	54,97
	Ceratopogonidae	1,54	4,97	3,94	9,48	64,45
	Baetidae	1,64	4,04	1,14	7,69	72,14
	Leptophlebiidae	2,08	3,26	0,62	6,21	78,36
	Leptoceridae	1,38	2,50	1,05	4,76	83,11
Pastagem	Chironomidae	5,93	15,05	5,37	25,96	25,96
	Baetidae	3,57	7,44	2,9	12,83	38,79
	Ceratopogonidae	2,25	4,54	2,91	7,83	46,62
	Elmidae	2,30	4,50	1,54	7,76	54,38
	Simuliidae	1,98	3,79	1,45	6,55	60,93
	Hydropsychidae	2,35	3,49	1,26	6,03	66,95

Tabela 11: Contribuição das famílias para a dissimilaridade entre os diferentes grupos de uso da microbacia nos 17 igarapés do Nordeste Paraense.

Famílias	Média	Média	Média	Diss/SD	Contribuição %	Cumulativo %
	Abundância	Abundância	Dissimilaridade			
	Floresta	Sucessional				
Leptophlebiidae	4,05	2,08	2,89	1,02	5,70	5,70
Elmidae	3,95	2,07	2,59	1,83	5,11	10,81
Hydropsychidae	2,95	1,28	2,47	1,29	4,88	15,69
Euthyplociidae	2,09	0,68	2,44	1,35	4,82	20,50
Perlidae	2,02	0,22	2,40	2,72	4,74	25,24
Glossosomatidae	2,29	0,54	2,38	1,83	4,70	29,94
Simuliidae	1,93	0,28	2,37	1,63	4,69	34,63
Ceratopogonidae	2,88	1,54	2,02	1,31	3,99	38,61
Chironomidae	6,50	5,06	1,92	3,47	3,80	42,41
Ephemeraidae	1,59	0,32	1,92	1,41	3,79	46,20
Calamoceratidae	1,87	0,50	1,83	1,78	3,61	49,81
Polycentropodidae	1,54	0,28	1,81	1,71	3,57	53,38
	Floresta	Pastagem				
Baetidae	1,17	3,57	2,62	1,76	5,77	5,77
Euthyplociidae	2,09	0,17	2,26	1,62	4,96	10,73
Perlidae	2,02	0,00	2,24	4,86	4,93	15,66
Leptophlebiidae	4,05	2,16	2,20	1,22	4,84	20,50
Elmidae	3,95	2,30	1,91	1,39	4,19	24,69
Hydroptilidae	1,11	2,06	1,77	1,49	3,90	28,59
Calamoceratidae	1,87	0,27	1,77	2,08	3,89	32,47
Ephemeraidae	1,59	0,00	1,77	1,52	3,89	36,36
Hydropsychidae	2,95	2,35	1,73	1,38	3,81	40,17
Glossosomatidae	2,29	0,96	1,67	1,59	3,67	43,84
Leptoceridae	2,30	0,99	1,59	1,51	3,50	47,34
Polycentropodidae	1,54	0,76	1,56	1,81	3,44	50,78
	Sucessional	Pastagem				
Baetidae	1,64	3,57	3,56	1,27	7,19	7,19
Hydroptilidae	0,00	2,06	3,36	1,40	6,79	13,98
Simuliidae	0,28	1,98	3,04	1,76	6,14	20,12
Leptophlebiidae	2,08	2,16	3,01	1,09	6,08	26,19
Hydropsychidae	1,28	2,35	2,90	1,45	5,85	32,04
Leptohiphidae	0,86	1,58	2,16	1,30	4,35	36,39
Libellulidae	0,42	1,24	1,82	1,50	3,68	40,07
Glossosomatidae	0,54	0,96	1,81	0,99	3,65	43,72
Elmidae	2,07	2,30	1,78	1,10	3,58	47,30
Leptoceridae	1,38	0,99	1,73	1,43	3,49	50,79
Ceratopogonidae	1,54	2,25	1,67	1,46	3,37	54,16
Caenidae	0,14	0,96	1,41	1,02	2,85	57,04

A similaridade percentual entre igarapés segundo a vegetação ripária de entorno revelou maior similaridade entre aqueles igarapés cujo entorno é de Floresta (71,33%), seguido de pastagem (58,74%) e menor similaridade entre igarapés cuja vegetação ripária é capoeira (57,51%). As famílias que mais contribuíram para similaridade dos igarapés, assim como no caso anterior são representadas pelas ordens Diptera, Trichoptera, Ephemeroptera e Coleoptera (Tabela 12).

Tabela 12: Contribuição das famílias para a similaridade entre os diferentes grupos de vegetação ripária de entorno nos 17 igarapés do Nordeste Paraense.

VER	Famílias	Média Abundância	Média de Similaridade	Sim/SD	Contribuição %	Cumulativo %
Floresta	Chironomidae	6,50	12,15	31,52	17,03	17,03
	Leptophlebiidae	4,05	7,11	12,43	9,97	27,01
	Elmidae	3,95	6,91	14,36	9,69	36,69
	Hydropsychidae	2,95	4,48	5,92	6,28	42,98
	Ceratopogonidae	2,88	3,87	2,39	5,42	48,4
	Leptoceridae	2,30	3,61	5,27	5,06	53,46
	Glossosomatidae	2,29	3,59	5,72	5,04	58,5
Capoeira	Chironomidae	5,17	19,84	3,92	34,55	34,55
	Elmidae	2,26	7,06	2,92	12,29	46,84
	Ceratopogonidae	1,69	5,19	4,69	9,02	55,86
	Leptophlebiidae	2,37	4,93	1,02	8,58	64,44
	Baetidae	1,88	4,86	1,64	8,45	72,89
	Leptoceridae	1,23	2,49	1,47	4,34	72,22
Pastagem	Chironomidae	6,26	14,25	4,93	24,26	24,26
	Baetidae	4,35	9,34	3,83	15,90	40,16
	Hydroptilidae	3,08	6,58	5,09	11,20	51,36
	Hydropsychidae	2,72	4,03	1,97	6,87	58,23
	Ceratopogonidae	2,43	3,98	2,26	6,78	65,01
	Libellulidae	1,98	3,91	4,86	6,66	71,68

Quanto à dissimilaridade, esta foi maior entre os igarapés com vegetação ripária de entorno capoeira e pastagem (50,79%), floresta antropizada e pastagem (48,34%), e menor entre os igarapés de floresta e capoeira (46,79%). As famílias que mais contribuíram pra dissimilaridade entre os grupos de igarapés a partir da vegetação ripária de entorno são apresentadas a seguir (Tabela 13).

Tabela 13: Contribuição das famílias para a dissimilaridade entre os diferentes grupos de vegetação ripária de entorno nos 17 igarapés do Nordeste Paraense.

Famílias	Média	Média	Média	Diss/SD	Contribuição %	Cumulativo %
	Abundância	Abundância	Dissimilaridade			
	Floresta	Capoeira				
Euthyplociidae	2,09	0,51	2,40	1,47	5,12	5,12
Perlidae	2,02	0,14	2,39	3,27	5,09	10,21
Leptophlebiidae	4,05	2,37	2,34	0,99	4,98	15,19
Hydropsychidae	2,95	1,45	2,33	1,34	4,96	20,15
Elmidae	3,95	2,26	2,22	1,78	4,73	24,88
Simuliidae	1,93	0,86	1,94	1,42	4,14	29,02
Ephemeridae	1,59	0,20	1,90	1,47	4,05	33,07
Glossosomatidae	2,29	1,05	1,86	1,42	3,97	37,04
Calamoceratidae	1,87	0,45	1,81	1,84	3,85	40,89
Ceratopogonidae	2,88	1,69	1,79	1,31	3,82	44,71
Chironomidae	6,50	5,17	1,71	3,20	3,64	48,35
Polycentropodidae	1,54	0,26	1,70	1,68	3,63	51,98
	Floresta	Pastagem				
Baetidae	1,17	4,35	3,34	2,79	6,91	6,91
Leptophlebiidae	4,05	1,75	2,67	1,28	5,52	12,43
Euthyplociidae	2,09	0,14	2,20	1,55	4,56	16,99
Perlidae	2,02	0,00	2,17	4,46	4,48	21,47
Hydroptilidae	1,11	3,08	2,14	1,89	4,42	25,90
Elmidae	3,95	2,12	2,09	1,25	4,32	30,22
Glossosomatidae	2,29	0,49	2,10	1,93	4,28	34,51
Calamoceratidae	1,87	0,22	1,77	2,15	3,65	38,16
Ephemeridae	1,59	0,00	1,71	1,49	3,53	41,69
Leptohiphidae	1,99	1,32	1,66	1,76	3,93	45,13
Leptoceridae	2,30	1,00	1,60	1,29	3,30	48,43
Polycentropodidae	1,54	1,07	1,58	1,90	3,27	51,70
	Capoeira	Pastagem				
Hydroptilidae	0,14	3,08	4,51	3,39	8,87	8,87
Baetidae	1,88	4,35	3,91	1,62	7,70	16,57
Hydropsychidae	1,45	2,72	2,74	1,49	5,39	21,96
Leptophlebiidae	2,37	1,75	2,72	1,10	5,36	27,32
Libellulidae	0,26	1,98	2,55	2,98	5,03	32,35
Simuliidae	0,86	2,06	2,52	1,35	4,96	37,30
Leptohiphidae	1,29	1,32	2,07	1,43	4,07	41,37
Elmidae	2,26	2,12	1,87	1,19	3,67	45,04
Caenidae	0,17	1,40	1,84	1,38	3,61	48,66
Ceratopogonidae	1,69	2,43	1,72	1,64	3,39	52,05
Chironomidae	5,17	6,26	1,58	1,31	3,11	55,16
Glossosomatidae	1,05	0,39	1,58	1,07	3,10	58,27

4.3.4 Análise de correspondência canônica

A análise de correspondência canônica mostrou que há relação entre a composição da comunidade de insetos aquáticos nos trechos de igarapés amostrados e as variáveis ambientais.

O eixo 1 explicou 41,46% da variância total dos dados e esteve positivamente relacionado com as variáveis abióticas PFB, T°, TU, POG, POF, POA, pH, e VAZ e negativamente com CVL e UPS, enquanto a variância explicada pelo eixo dois foi 24,97%. A correlação obtida entre a composição da comunidade e as características ambientais foi significativa com $p=0,03$ (com 999 permutações ao longo do primeiro eixo canônico).

O resultado da análise formou dois grupos distintos ao longo do primeiro eixo da ACC. Onde o lado direito da ordenação (primeiro e quarto quadrantes) agrupa àqueles igarapés de menor porcentagem de ambiente florestal (PFB em 30 m), maiores variações da largura do canal, maiores vazões, menor porcentagem de liteira grossa e fina no canal, elevadas temperaturas, elevada turbidez e pH variando entre 5 e 7. Enquanto no lado esquerdo (segundo e terceiro quadrante) da análise ficaram os igarapés de melhores condições de cobertura florestal, opondo-se também quanto às demais variáveis (Figura 27).

Quando a análise de correspondência canônica foi realizada entre táxons e variáveis bióticas um padrão de distribuição das famílias de insetos também foi encontrado. Esta identificou as famílias Gyrinidae, Dytiscidae, Lutrochidae, Hydrophilidae e Curculionidae (Coleoptera), Culicidae e Canacidae (Diptera), Baetidae e Caenidae (Ephemeroptera), Belostomatidae (Hemiptera) e Protoneuriidae (Odonata) relacionadas com as variáveis bióticas menor porcentagem de ambiente florestal (PFB), maiores variações da largura do canal, maiores vazões, menor porcentagem de liteira grossa no canal, elevadas temperaturas, elevada turbidez e pH variando entre 5 e 7. Maior número de famílias foi associado ao segundo e terceiro quadrante, assim como os igarapés de maior porcentagem de ambiente florestal (Figura 28).

Figura 27: Análise de Correspondência Canônica entre variáveis ambientais e os 17 trechos de igarapés amostrados do Nordeste Paraense - Amazônia Oriental. Variáveis ambientais: PFB - Porcentagem de ambiente florestal (30 m); CVL - Coeficiente de variação da largura do canal; UPS - Pasto Sujo; T ° - Temperatura (Celsius); TU - Turbidez; POG - Porcentagem de liteira grossa no canal; POF - Porcentagem de liteira fina no canal; POA - Porcentagem de areia no canal; VAZ - Vazão e pH.

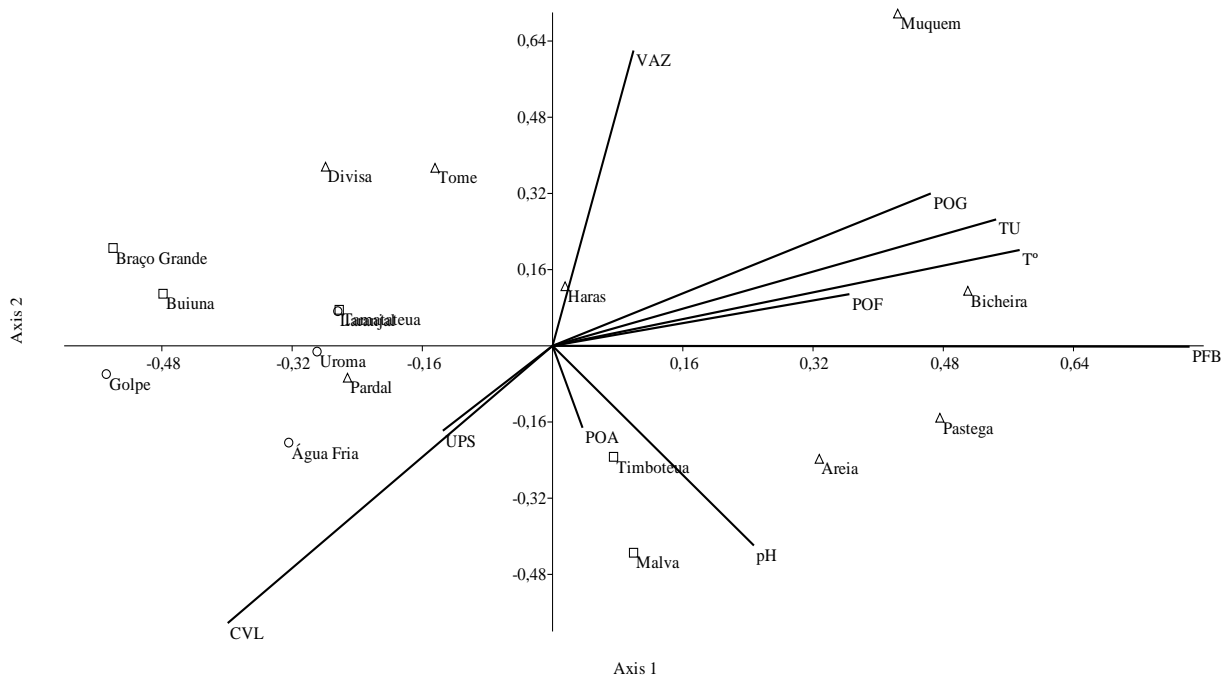
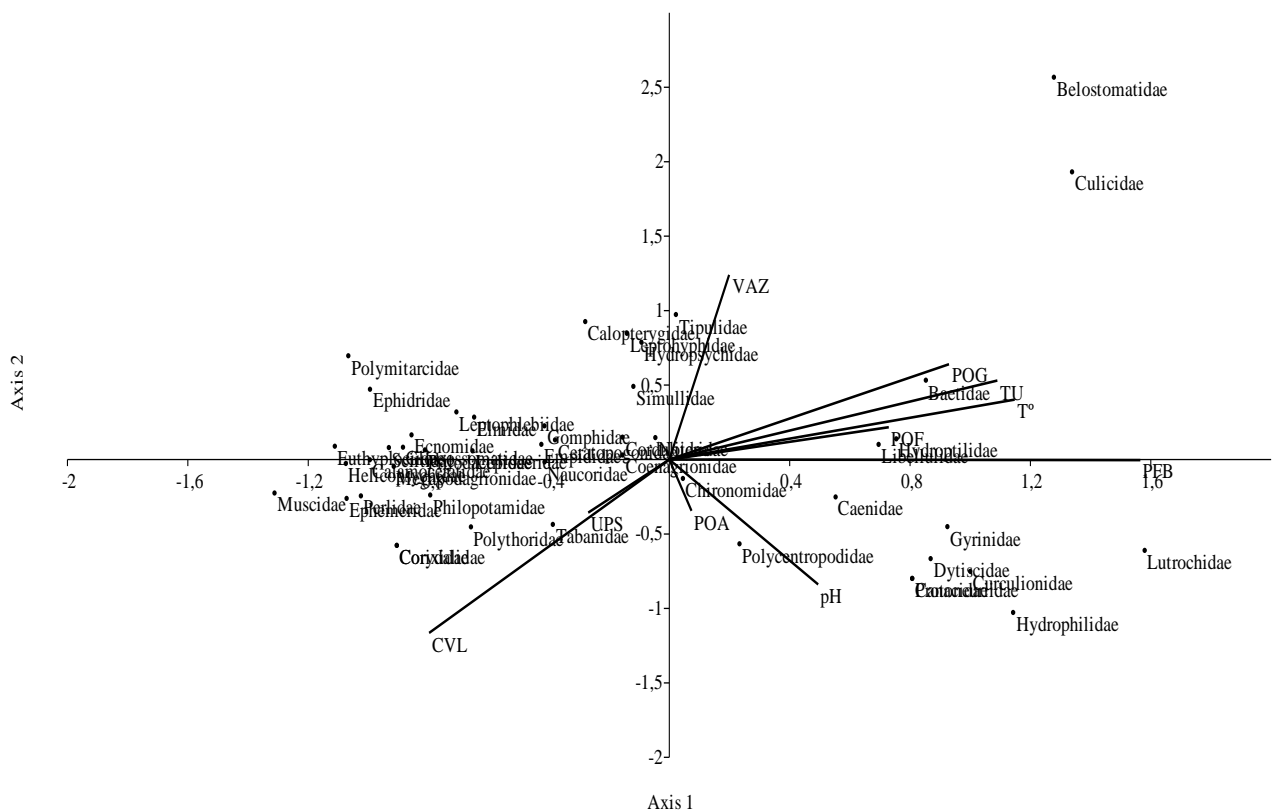


Figura 28: Análise de Correspondência Canônica entre variáveis abióticas e táxons presentes nos 17 trechos de igarapés amostrados do Nordeste Paraense - Amazônia Oriental. Variáveis ambientais: PFB - Porcentagem de ambiente florestal (30 m); CVL - Coeficiente de variação da largura do canal; UPS - Pasto Sujo; T ° - Temperatura (Celsius); TU - Turbidez; POG - Porcentagem de liteira grossa no canal; POF - Porcentagem de liteira fina no canal; POA - Porcentagem de areia no canal; VAZ - Vazão e pH.



5 DISCUSSÃO

Diversidade de insetos bentônicos em igarapés do Nordeste Paraense

Os insetos aquáticos compõem o grupo de maior importância dentro da fauna bentônica, tanto por sua elevada abundância como pela sua elevada diversidade (HIGUTI; TAKEDA; PAGGI, 1993). Nos igarapés estudados no Nordeste Paraense os insetos aquáticos foram responsáveis por mais de 80% da comunidade amostrada e condizem com a fauna de insetos descrita na literatura sobre a região Neotropical, inclusive aqueles para a Amazônia Central (AZEVEDO; HAMADA, 2008; BENETTI; HAMADA, 2003; CALLISTO; ESTEVES, 1996; COUCEIRO et al., 2007; FIDELIS; NESSIMIAN; HAMADA, 2008; HAMADA; COUCEIRO, 2003; PES; HAMADA; NESSIMIAN, 2005; PERREIRA; MELO; HAMADA, 2007; NESSIMIAN et al., 2008;). Das 53 famílias identificadas, apenas seis estiveram presentes em quase todos os igarapés. A elevada riqueza em alguns igarapés foi diretamente relacionada à ocorrência de famílias raras e taxa exclusivos a este local.

Chironomidae em igarapés do Nordeste Paraense

A família Chironomidae foi a mais abundante e dominante neste estudo, fato que pode estar associado a sua ampla adaptação ecológica e biológica. Seus representantes estão distribuídos em todos os grupos funcionais tendo desde coletor-catador, predador, raspador até fragmentador (MERRITT; CUMMINS, 2008).

Citados em diversos estudos como numericamente mais abundantes sobre os demais taxa (CALLISTO; ESTEVES 1998b; CALLISTO et al., 2002; CORBI; TRIVINHO-STRIXINO, 2006; TRIVINHO-STRIXINO; STRIXINO, 2005; RIBEIRO; UIEDA, 2005), os Chironomidae são importantes para a cadeia trófica de sistemas fluviais e indicadoras de qualidade ambiental. Têm representantes conhecidos como intolerantes a variações ambientais e outros relativamente resistentes a vários poluentes (TRIVINHO-STRIXINO; STRIXINO, 2005). Callisto e Esteves (1998b) e Simião-Ferreira et al. (2009) mostraram esta relação em seus trabalhos em que encontraram os gêneros *Chironomus*, *Polypedilum*, *Rheotanytarsus* e *Thienemanniella* predominando em ambientes alterados. Rosin; Mangarotti; Takeda (2010) encontraram a diminuição da riqueza desse taxa e o predomínio de gêneros de Chironomidae considerados generalistas e tolerantes no Rio Paraná, um subsistema degradado pertencente a várzea do Alto Rio Paraná.

A abundância de Chironomidae variou significativamente entre os diferentes grupos de igarapés, sendo menor nos igarapés cuja microbacia e vegetação ripária de entorno são

classificados como capoeira e maior nos de pastagem como foi encontrado por Cleto-Filho e Walker (2001) no igarapé parque Mindú.

Alta dominância da família Chironomidae foi observada nos igarapés estudados, contudo a baixa resolução taxonômica a que se chegou não foi suficiente para inferir sobre possíveis alterações na qualidade do ambiente. Uma identificação preliminar de quatro dos 17 igarapés estudados mostra que existem 58 gêneros de Chironomidae para a região.

Rabini e Wang (2001) afirmam que para se ter maior eficácia quanto a índices bióticos, total de taxa e índice de diversidade é necessário a identificação de Chironomidae a gênero ou menor. Já Monk et al. (2012) afirmam que para fins de monitoramento a comunidade de macroinvertebrados bentônicos identificada a nível de família seria suficiente, entretanto, se o objetivo é a documentação e quantificação de mudanças na biodiversidade das espécies, ocorrência e distribuição, a resolução a nível de espécies seria mais adequado.

Famílias de insetos, uso e cobertura do solo

Na análise de agrupamento realizada a partir da composição da fauna formaram-se dois grupos bem distintos de igarapés. Um deles, formado pelo grupo de igarapés Pastega, Bicheira, Timboteua e Malva, diferiu dos demais quanto à ausência da família Leptophlebiidae (Ephemeroptera) e pela baixa abundância das famílias Elmidae (Coleoptera) e Ceratopogonidae (Diptera). Estas famílias são conhecidas como intolerantes a modificações na qualidade do ambiente (p. ex., CARTER et al., 2006). Esta diferença quanto à composição é reflexo dos diferentes usos e coberturas que estes igarapés estão submetidos.

As modificações no uso do solo próximo aos corpos d'água trazem prejuízos às funções ecológicas do ambiente, sobretudo quando a vegetação ripária é totalmente removida. Entre as consequências desta remoção para o estabelecimento de áreas de pastagem e agriculturas estão: diminuição da entrada de matéria orgânica proveniente das folhas da floresta e invertebrados terrestres, aumento da temperatura pela incidência direta da radiação solar sobre o igarapé, aumento no aporte de nutrientes, alteração da morfologia do rio com perda do número de habitats, além da poluição da água pela entrada de fertilizantes vindos de sistemas de cultivo (ALLAN; CASTILLO, 2007; NAKAMURA; YAHADA, 2005).

Os igarapés Pastega e Bicheira são fortemente influenciados pela paisagem de pastagem e pelo baixo percentual ou ausência de cobertura florestal no seu entorno. O igarapé Timboteua tem 31% da sua zona ripária comprometida com outros usos, não sendo suficiente para suportar a forte pressão dos 60% de áreas de pastagem e culturas agrícolas na microbacia. Embora as culturas agrícolas desenvolvidas nessa microbacia sejam de pequenas

áreas, foi observada a utilização de herbicidas classificados como medianamente a pouco tóxicos, Atrazina e Agro Oil (ANVISA, 2003) nas margens do igarapé Timboteua. A influência dos fertilizantes carregados ao igarapé pode ser um dos motivos da modificação na assembleia de insetos aquáticos nesse igarapé.

Os fertilizantes e agrotóxicos são os principais contaminantes de origem agrícola que contaminam rios. Isto porque facilmente chegam à calha do rio pelo escoamento superficial quando há ausência da vegetação marginal, ou ainda pela dispersão aérea. Poucos estudos em relação à influência dos despejos químicos sobre a fauna aquática têm sido realizados. Contudo, sabe-se hoje, estes podem agir diretamente sobre a comunidade biótica por sua ação tóxica direta ou ainda por interferirem na tensão superficial da água o que dificulta ou inviabiliza a respiração de muitos insetos com respiração aérea. Entre as principais consequências da utilização de fertilizantes em sistemas de cultivo estão o aumento de compostos nitrogenados e fosfatados, que resultam em um aumento imediato na produtividade primária e, conseqüentemente, na eutrofização do corpo hídrico (QUEIROZ et al., 2008).

O igarapé Malva, além da ausência de famílias de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (EPT = 0 neste local) apresentou a menor riqueza, abundância, diversidade insetos em geral, além de alta abundância de Oligochaeta. Apesar da alta porcentagem de floresta na zona ripária da rede de canais desta microbacia, a composição de entomofauna diferenciada pode estar relacionada à grande quantidade do capim malva (*Urena lobata*, Malvaceae), depositado usualmente no igarapé na estação seca, inclusive no momento em que foi realizada a coleta dos macroinvertebrados. Pires (2011) evidenciou que o processo de lavagem da malva altera os padrões hidrobiogeoquímicos de pequenos igarapés do Nordeste Paraense, tanto pontualmente como em até 10 m à jusante do ponto de lavagem. Dentre as principais alterações encontradas por Pires (2011) estão os aumentos na concentração dos íons H^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , condutividade elétrica, carbono orgânico dissolvido (COD), diminuição da concentração de oxigênio dissolvido, nitrogênio total, amônio ($N-NH_4^+$), nitrato ($N-NO_3$), sulfato (SO_4^{2-}) e oscilações quanto à concentração de fosfato ($P-PO_4^{3-}$) um nutriente limitante ao desenvolvimento da biota aquática.

Diferenças quanto aos descritores ecológicos também foram observadas entre os grupos de igarapés floresta antropizada, vegetação sucessional e pastagem. Os resultados da ANOVA mostraram que os diferentes usos do solo na microbacia (GUS) e vegetação ripária de entorno (VER) refletem diretamente sobre os descritores ecológicos riqueza, abundância e riqueza de EPT, os quais foram elevados nos igarapés Água Fria, Golpe, Laranjal e Uromã

com maiores porcentagens de floresta na microbacia, e no igarapé Areia classificado como de pastagem, porém com alta porcentagem de floresta na zona ripária. O que leva a inferir, que os elevados valores observados destes descritores estão ligados diretamente a contribuição da floresta.

Influências da cobertura florestal sobre a riqueza e abundância foram observadas por Oliveira e Callisto (2010) na Mata Samuel de Paula, Minas Gerais e por Benstead et al. (2003) em Madagascar. Já Couceiro et al., (2007) estudando riachos urbanos de Manaus observou relação da cobertura vegetal apenas com a riqueza de taxa. Para Henderson e Walker (1986), um dos fatores que favorece a abundância de macroinvertebrados em igarapés amazônicos é grande disponibilidade de substratos como folhas, troncos e frutos fornecidos pela floresta.

O índice Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (EPT) conhecido pela sua alta sensibilidade a perturbações no meio aquático, foi o que melhor representou a diferença entre os grupos de igarapés. Sua importância em estudos ecológicos deve-se principalmente por sua ampla distribuição, alta abundância e alta riqueza de espécies (BUSS et al., 2004). No presente estudo, os maiores valores de EPT foram referentes aos igarapés em área de floresta, como encontrado por Corbi e Trivinho-strixino (2006), e os menores em microbacias drenando pastagens.

A maior riqueza de EPT em áreas florestadas deve-se principalmente ao papel que estas exercem no fornecimento de matéria orgânica com a queda de folhas das árvores e outras plantas, além de invertebrados terrestres que vivem nas margens dos cursos d'água. Baptista et al. (2001) e Bagatini et al. (2012), encontraram estas ordens associadas ao substrato liteira grossa (folhiço), que fornece maior heterogeneidade de habitat, estabilidade, melhor condição de abrigo e a alta disponibilidade de alimento. Enquanto Queiroz et al. (2008), em estudo realizado em duas microbacias no rio Mogi-Guaçu, associaram elevados valores de EPT a ambientes de águas lólicas e ricas em oxigênio.

Os Ephemeroptera, que foram os mais abundantes em relação aos outros taxa de EPT apresentaram como principais representantes as famílias Leptophlebiidae, presentes e abundantes nos igarapés de floresta antropizada e vegetação sucessional, e a família Baetidae, abundante e comum em todos os igarapés cujo predomínio da paisagem era pastagem. Estas famílias são consideradas as mais importantes por que juntas compreendem cerca de 50% dos registros desta ordem (SALLES et al., 2004). Junqueira e Campos (1998) atribuíram a ocorrência das famílias Leptophlebiidae e Leptohyphidae a igarapés em bom estado, enquanto a família Baetidae àqueles degradados pela entrada de matéria orgânica. No entanto, para os

igarapés do Nordeste Paraense, Leptohiphidae não seguiu esse padrão, sendo observada elevada abundância de outras famílias como Euthyplociidae e Ephemeridae em áreas florestadas. Nos igarapés drenando pastagens o outro taxa mais abundante foi Caenidae.

Quanto aos Trichoptera, as famílias Hydroptilidae e Hydropsychidae são encontradas em locais com certo grau de degradação, enquanto Helicopsychidae são comuns em áreas mais preservadas (JUNQUEIRA; CAMPOS, 1998; OLIVEIRA; CALLISTO, 2010). Neste estudo, as famílias de Trichoptera Glossosomatidae, Leptoceridae, Calamoceratidae, Helicopsychidae e Philopotamidae tiveram maior ocorrência nos igarapés de maior percentual de cobertura florestal, tanto na microbacia (GUS) quanto em relação à vegetação ripária de entorno (VER). Enquanto Hydropsychidae, Hydroptilidae e Polycentropodidae comuns foram comuns em pastagem.

A família Perlidae (Plecoptera), também conhecida por sua baixa tolerância a mudanças no ambiente (CARTER et al., 2006), foi encontrada exclusivamente em igarapés cujo percentual de cobertura vegetal foi alto tanto para a microbacia quanto para a vegetação ripária de entorno. Camara et al. (2012) encontraram esta família somente nos trechos à montante do rio Banco (Costa do Marfim, África) e atribuíram este fato a alta heterogeneidade de habitat disponível nestas áreas.

Muitos estudos sobre a comunidade de macroinvertebrados bentônicos em rios neotropicais têm mostrado que os diferentes usos e ocupação do solo interferem na composição da comunidade tanto para riqueza taxonômica quanto para abundância. Porém, estes têm encontrado maior diferença quando as comparações se dão entre igarapés de pastagem e floresta primária e igarapés de pastagem e de floresta secundária (maior contraste) do que entre os igarapés inseridos em fragmentos de floresta e àqueles em áreas de floresta (COUCEIRO et al., 2007; LORION; KENNEDY, 2009; NESSIMIAN et al., 2008).

Os resultados da ANOSIM para o uso e ocupação do solo na microbacia e para vegetação ripária de entorno mostrou que a composição da comunidade de insetos aquáticos diferiu em relação aos usos floresta antropizada, vegetação sucessional e pastagem tanto para microbacia quanto para vegetação ripária de entorno. Contudo enfatiza a importância da vegetação ripária para a composição da comunidade.

Segundo England e Rosemond (2004), essa importância se dá justamente pela ligação entre os ambientes terrestre e aquático, essencial à manutenção da rede trófica. Porém, Nakamura e Yamada (2005) sustentam a ideia de que uma floresta ripária bem preservada, mesmo em uma bacia desmatada, contribui (para o sistema fluvial) com uma quantidade de serapilheira próxima a de uma bacia natural intacta (NAKAMURA; YAMADA, 2005). Isto

favoreceria maior diversidade de habitats, alimento, abrigo e conseqüentemente comportaria uma comunidade com diferentes grupos funcionais, mesmo em uma microbacia degradada.

Dos igarapés amostrados o Timboteua foi o que melhor representou a importância da manutenção da mata ciliar, deixando evidente que os 30% de outros usos dentro da zona ripária comprometeram a sua função de amortecimento em relação aos usos adjacentes pasto e cultura agrícola sobre a biota local.

Famílias indicadoras

A rotina SIMPER mostrou que as principais diferenças entre os grupos de igarapés se dão principalmente quanto à média de abundância e a média de similaridade entre as famílias encontradas. As famílias que contribuíram de forma significativa para a dissimilaridade foram principalmente aquelas referentes ao índice EPT, as famílias Chironomidae, Simuliidae, Ceratopogonidae (Diptera), Elmidae (Coleoptera).

Os igarapés cuja vegetação ripária e microbacias foram classificados como floresta antropizada e vegetação sucessional caracterizaram-se pelo predomínio dos taxa Leptophlebiidae, Elmidae, Hydropsychidae, Ceratopogonidae, e Leptoceridae. Nos igarapés de pastagem, houve maior ocorrência de taxa considerados tolerantes pela literatura, como: Baetidae, Hydroptilidae, Polycentropodidae, Gyrinidae, Dytiscidae, Libellulidae, Calopterygidae, Corduliidae, Coenagrionidae e Belostomatidae (CARTER et al., 2006; CLETO-FILHO; WALKER, 2001). Além de Lutrochidae, Hydrophilidae, Curculionidae, Culicidae, Canacidae e Protoneuriidae, como mostrou o resultado da ACC. Couceiro et al., (2011) encontraram os mesmos taxa tolerantes associados aos igarapés impactados da Província Petrolífera de Urucu (Coari, Amazonas). Segundo estes autores, o aumento da entrada de sedimento no igarapé beneficia altas proporções de coletores filtradores e predadores, grupos tróficos a que pertencem as famílias associadas aos igarapés de pastagem.

Variáveis de canal e entomofauna aquática

As variáveis ambientais do canal determinantes à composição da entomofauna nos igarapés estudados foram: temperatura, turbidez, porcentagem de liteira grossa e fina no canal, pH, vazão, coeficiente de variação na largura do canal e a porcentagem de floresta na zona ripária como a principal delas.

Os igarapés de pastagem Muquem, Haras, Bicheira, Pastega, Areia e os igarapés de vegetação sucessional Timboteua e Malva, influenciados por atividades antrópicas, apresentaram: menor porcentagem de ambiente florestal na rede de canais da microbacia,

maiores variações da largura do canal, maiores vazões, menor porcentagem de liteira grossa e fina no canal, elevadas temperaturas, elevada turbidez e pH variando entre 5 e 7.

A importância da cobertura florestal na zona ripária para as comunidades de insetos deve-se principalmente ao fato de que ela é responsável por definir o tipo de substrato, a granulometria do sedimento e ser a principal fonte de alimentos, detritos orgânicos alóctones e autóctones (ESTEVEZ; LEAL; CALLISTO, 2011). Quando há floresta na zona ripária, o aporte de troncos desta formação aumenta a heterogeneidade de habitats no sistema lótico a partir da entrada de material no canal, formando áreas de correnteza e poços que se alternam ao longo do igarapé (NESSIMIAN et al., 2008). Além de regular a temperatura e consequentemente a disponibilidade de oxigênio dissolvido (ESTEVEZ, 1998). Nas áreas onde há remoção da mata ciliar, o processo se inverte, com o agravante do aumento da entrada de sedimentos levando a uma redução do número de habitats (DAVIES et al., 2011; NAKAMURA; YAMADA, 2005; NESSIMIAN et al., 2008; VANNOTE et al., 1980).

Trabalhos como o de Couceiro et al. (2011) encontraram uma redução significativa da riqueza e densidade da comunidade de insetos pelo aumento de sedimento inorgânico suspenso. Cleto-Filho e Walker (2001) encontraram estes mesmos resultados em trechos urbanos sem vegetação, além de maior largura do canal, elevadas temperaturas, maior pH, condutividade elétrica e sedimento em suspensão.

Os igarapés inseridos em áreas de floresta, por possuírem alta heterogeneidade de habitats e substrato composto por liteira, comportam maior riqueza taxonômica de macroinvertebrados bentônicos (BUSS et al., 2004; FIDELIS; NESSIMIAN; HAMADA, 2008). Nos substratos arenosos, há tendência de diminuição da riqueza, em função da instabilidade do substrato, que é facilmente deslocado pela velocidade da correnteza (BAPTISTA et al., 2001).

Em outro estudo, Couceiro et al. (2007) observaram uma redução da riqueza de taxa em relação a altos valores de pH, condutividade elétrica e temperatura, já a elevada riqueza foi associada a água bem oxigenada e grandes profundidades do canal. Os valores de pH encontrados nos igarapés do Nordeste Paraense variou de 4,7 a 6,8 apresentando o menor valor de pH o igarapé de pastagem Tomé. Os únicos igarapés a manterem valores de pH próximos foram os igarapés de referência Água Fria, Golpe, Laranjal e Uromã, cujos valores variaram entre 5,5 e 6.

Couceiro et al. (2007) encontraram elevado pH em igarapés estudados na Amazônia Central ligado ao enriquecimento orgânico proveniente de áreas urbanas. Contudo nos igarapés estudados não foi possível perceber relação deste com qualquer outra variável

ambiental, de modo que os valores de pH encontrado condizem com o esperado para a região estudada, que tende a ter águas ácidas devido a solos ácidos e pela decomposição do material proveniente da zona ripária, que é fonte de ácidos orgânicos (FIGUEIREDO et al., 2010).

A outra variável ambiental encontrada pela ACC como importante na composição da comunidade foi a vazão. Esta variável é considerada uma das mais importantes devido a sua capacidade de modificar as margens de um curso d'água, além de influenciar na distribuição tanto da fauna quanto flora em ecossistemas aquáticos (ALLAN; CASTILLO, 2007). Vannote et al. (1980) afirmam que a principal contribuição da vazão para a biota aquática está na distribuição do sedimento em suspensão, material presente no leito, matéria orgânica particulada e outros nutrientes que alteram as condições físicas do habitat essenciais ao estabelecimento de comunidades bióticas, especialmente insetos aquáticos.

6 CONCLUSÃO

Em relação aos objetivos específicos deste estudo foi verificado que:

- O estudo realizado em igarapés do Nordeste Paraense encontrou uma fauna de macroinvertebrados bentônicos dominada por representantes da classe Insecta. Nenhum taxa inédito em relação aos trabalhos publicados para a Amazônia Central foi identificado no presente trabalho.

- Foram detectadas variações na abundância, riqueza total e riqueza de EPT em função dos diferentes usos do solo nas escalas de paisagem (microbacia), entorno (vegetação ripária) e imediata (variáveis internas do canal).

- Dentre os descritores ecológicos utilizados, o que melhor expressou as alterações na composição da comunidade de insetos pelos diferentes usos do solo foi a riqueza de EPT.
- Entre as escalas de paisagem e entorno os resultados apontaram esta última como a mais relevante para a estrutura da comunidade de insetos nos igarapés do Nordeste Paraense.
- Já para a escala imediata (variáveis internas do canal), as variáveis mais significativas na estruturação da comunidade foram: porcentagens de substrato do tipo liteira grossa e fina, vazão, turbidez, temperatura, coeficiente de variação da largura do canal e o pH.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

• Algumas orientações para análises e estudos futuros são importantes para melhor analisar a influência dos usos e coberturas do solo sobre a comunidade de insetos aquáticos no Nordeste Paraense. Dentre elas estão:

- Identificar os indivíduos em menor resolução taxonômica como gênero e espécie;
- Investir no conhecimento da estrutura da comunidade de Chironomidae e utilizá-la como um indicador de influência das alterações no uso e cobertura do solo e não apenas a sua abundância;
- Analisar a estrutura trófica da comunidade de insetos e suas relações com os diferentes usos na microbacia e vegetação ripária de entorno.

Tais proposições são importantes por gerar informações que futuramente podem ser utilizadas na criação de um índice de integridade biótica para os igarapés do Nordeste Paraense quanto como registro da diversidade regional.

REFERÊNCIAS

- ALLAN, J. D. *Structure and function of running waters*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1995. 400 p.
- ALLAN, J. D.; CASTILLO, M. M. *Stream ecology: structure and function of running waters*. 2 ed., Netherlands: Springer, 2007. 436 p.
- AZÊVEDO, C. A. S. *Taxonomia e bionomia de imaturos de Megaloptera (insecta) na Amazônia Central, Brasil*. 2003. 183 f. Dissertação (mestrado em ciências biológicas), Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Universidade Federal do Amazonas, Manaus. 2003.
- AZEVEDO, C. A. S.; HAMADA, N. Megaloptera. In: GUIA on-line de Identificação de larvas de Insetos Aquáticos do Estado de São Paulo. 2008. Disponível em: <<http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/guiaonline>. Acesso em: 25 fev. 2011.
- BAPTISTA, D. F.; DORVILLÉ, L. F. M.; BUSS, D. F.; NESSIAMIAN, J. L. Spacial and temporal organization of aquatic insects assemblages in the longitudinal gradient of a tropical river. *Revista Brasileira de Biologia*, v.61, n.2, p. 295-304. 2001.
- BAPTISTA, D. F.; BUSS, D. F.; DORVILLÉ, L. F. M.; NESSIMIAN, J. L. Diversity and habitat preference of aquatic insects along the longitudinal gradient of the Macaé river basin, Rio de Janeiro, Brazil. *Revista Brasileira de Biologia*, v.61, n.2, p. 249-258. 2001.
- BAPTISTA, D. F. Uso de macroinvertebrados em procedimentos de biomonitoramento em ecossistemas aquáticos. *Oecologia Brasiliensis*, v.12, n.3, p. 425-441. 2008.
- BAGATINI, Y. M., DELARIVA, R.L. & HIGUTI J. Benthic macroinvertebrate community structure in a stream of the north-west region of Paraná State, Brazil. *Biota Neotropica*. V.12, n. 1, p. 1-11. 2012. Disponível em: <<http://www.biotaneotropica.org.br/v12n1/en/abstract?short-communication+bn00912012012>. Acesso em: 01 jun. 2012.
- BENSTEAD, J. P.; DOUGLAS, M. M.; PRINGLE, C. M. Relationships of stream invertebrate communities to deforestation in eastern Madagascar. *Ecological Applications*, v. 13, p. 1473–1490. 2003.
- BENETTI, C. J.; HAMADA, N. Fauna de coleópteros aquáticos (Insecta: Coleoptera) na Amazônia Central, Brasil. *Acta Amazonica*, v. 33, n. 4, p. 701 – 710. 2003.
- BOBOT, T. E.; HAMADA, N. Plecoptera genera of two streams in Central Amazonia, Brazil. *Entomotopica*, v.17, n.3, p. 299–301. 2002.
- BRASIL. Agência nacional de vigilância sanitária (ANVISA). Consulta pública nº50, de 09 de junho de 2003. Disponível em: [http://www4.anvisa.gov.br/base/visadoc/CP/CP\[4882-2-0\].PDF](http://www4.anvisa.gov.br/base/visadoc/CP/CP[4882-2-0].PDF).

BUSS, D.F.; BAPTISTA, D.F.; NESSIMIAN, J.L.; EGLER, M. Substrate specificity, environmental degradation and disturbance structuring macroinvertebrate assemblages in neotropical streams. *Hydrobiologia*, v. 518, p.179-188. 2004.

CALLISTO, M.; ESTEVES, F.A. Macroinvertebrados Bentônicos em dois lagos amazônicos: Lago Batata (um ecossistema impactado por rejeito de bauxita) e Lago Mussurá (Brasil). *Acta Limnológica Brasiliensis*, v.8, p. 137-147. 1996.

CALLISTO, M.; ESTEVES, F.; GONÇALVES, J.; FONSECA, J. Benthic macroinvertebrates as indicators of ecological fragility of small rivers (igarapes) in a bauxite mining region of Brazilian Amazonia. *Amazoniana*, v.15, n.1, p. 1–9. 1998a.

CALLISTO, M.; ESTEVES, F.; GONÇALVES, J.; FONSECA, J. Impacts of bauxite tailings on sediment granulometry and distribution of benthic macrofauna in an igarape in central Amazonia, Brazil. *Journal of the Kansas Entomology Society*, v.71, n.4, p. 443–451. 1998b.

CALLISTO, M.; FONSECA, J.; GONÇALVES, J. Benthic macroinvertebrate community structure in an Amazonian lake impacted by bauxite tailing (Pará, Brazil). *Verhandlungen Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie*, v.26, p. 2053–2055. 1998c.

CALLISTO, M.; ESTEVES, F. A. Categorização funcional dos macroinvertebrados bentônicos em quatro ecossistemas lóticos sob influência das atividades de uma mineração de bauxitana Amazônia Central (Brasil). *Oecologia Brasiliensis*, v.5, p. 223-234. 1998.

CALLISTO, M.; MORETTI, M.; GOULART, M. Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta para avaliar a saúde de riachos. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.6, n.1, p. 71-82. 2001.

CALLISTO, M.; MORENO, P.; BARBOSA, F. A. R. Habitat diversity and benthic functional trophic groups at Serra do Cipó, Southeast Brazil. *Revista Brasileira de Biologia*, v. 61, n. 2, p. 259-266. 2001.

CALLISTO, M.; VONO, V.; BARBOSA, A. F.; SANTEIRO, S. M. Chironomidae as a food resource for *Leporinus amblyrhynchus* (Teleostei: Characiformes) and *Pimelodus maculatus* (Teleostei: Siluriformes) in a Brazilian reservoir. *Ludiana*, v.3, n.1, p. 67–73. 2002.

CALLISTO, M. Leaf litter as a possible food source for chironomids (Diptera) in Brazilian and Portuguese headwater streams. *Revista Brasileira de Zoologia*, v.24, n.2, p. 442–448. 2007.

CALLISTO, M.; GOULART, M.; MEDEIROS, A. O.; MORENO, P.; ROSA, C. A. Diversity assessment of benthic macroinvertebrates, yeasts, and microbiological indicators along a longitudinal gradient in Serra do Cipó, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, v. 64, n.4, p. 743-755. 2004.

CALOR, A. R. Trichoptera. In: GUIA on-line de Identificação de larvas de Insetos Aquáticos do Estado de São Paulo. 2007. Disponível em: <http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/index_trico>. Acesso em: 25 fev. 2011.

CAMARA, I. A.; DIOMANDE, D.; BONY, Y. K.; OUATTARA, A.; FRANQUET, E.; GOURENE, G. Diversity assessment of benthic macroinvertebrate communities in Banco National Park (Banco Stream, Côte d'Ivoire). *African Journal of Ecology*, v.50, n.2, p. 1-13. 2012.

CARTER, J. L.; RESH, V. H.; HANNAFORD, M. J.; MYERS, M. J. Macroinvertebrates as biotic indicators of environmental quality. In: HAUER, F. R.; LAMBERTI, G. A. *Methods in stream ecology*. 2 ed. San Diego: Academic Press. 2006. p. 805-833.

CARVALHO, E. M; UIEDA V. S. Colonização por macroinvertebrados bentônicos em substrato artificial e natural em um riacho de Serra em Itatinga, São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, v. 22, n.2, p. 287-293. 2004.

CLARKE, K. R.; GORLEY, R. N. PRIMER Plymouth routines in multivariate ecological research. Ver. 6:User Manual/Tutorial. PRIMER-E, Plymouth. 190p. 2006.

CLETO-FILHO, S.E.N.; WALKER, I. Efeitos da ocupação urbana sobre a macrofauna de invertebrados aquáticos de um igarapé da cidade de Manaus/AM -Amazônia Central. *Acta Amazônica*, v. 31, n.1, p. 69-89. 2001.

CORBI, J. J.; TRIVINHO-STRIXINO, S . Influence of taxonomic resolution of stream macroinvertebrate communities on the evaluation of different land uses. *Acta Limnologica Brasiliensis*, v.18, n.4, p. 469-475. 2006.

CORREIA, F.W.S.; MANZI, A.O.; CÂNDIDO, L.A.; DOS SANTOS, R.M.N.; PAULIQUEVIS, T. Balanço de umidade na Amazônia e sua sensibilidade às mudanças na cobertura vegetal. *Ciência e Cultura*, v.59, n.3, p. 39-42. 2007. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252007000300016&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 12 mar. 2011.

COUCEIRO, S. R. M.; HAMADA, N.; LUZ, S. L. B.; FORSBERG, B. R; PIMENTEL, T. P. Deforestation and sewage effects on aquatic macroinvertebrates in urban stream in Manaus, Amazonas, Brasil. *Hydrobiologia*, v. 575, n.1, p. 271-284. 2007.

COUCEIRO, S. R. M.; HAMADA, N.; FORSBERG, B. R.; PADOVESI-FONSECA, C. Trophic structure of macroinvertebrates in Amazonian streams impacted by anthropogenic siltation. *Austral Ecology*, n. 36, v.1, p.628-637. 2011.

DAVIES, P. J.; WRIGHT, I. A.; FINDLAY, S. J.; JONASSON, O. J; BURGIN, S. Impact of urban development on aquatic macroinvertebrates in south eastern Australia: degradation of in-stream habitats and comparison with non-urban streams. *Aquatic Ecology*, v.44, n.1, p. 685-700. 2010.

DAVIDSON, E. A.; NEILL, C.; KRUSCHE, A.V.; BALLESTER, V.V.R.; MARKEWITZ, D.; FIGUEIREDO, R.O.; Loss of nutrients from terrestrial ecosystems to streams and the atmosphere following land use change in Amazonia. In *Ecosystem Land Use Change. Geophysical Monograph Series 153*, p. 147-158. 2004.

ESPOSITO, M. C.; SOUSA, J. R. P. de.; CARVALHO-FILHO, F. S. da. Diversidade de Calliphoridae (Insecta: Diptera) na base de extração petrolífera da bacia do rio Urucu, na Amazônia brasileira. *Acta Amazônica*, v.40, n.3, p. 579-584. 2010.

ESTEVEVES, F. A. *Fundamentos de Limnologia*. 2 ed., Rio de Janeiro: Interciência. 1998. 602 p.

ENGLAND L. E.; ROSEMOND A. D. Small reductions in forest cover weaken terrestrial-aquatic linkages in headwater streams. *Freshwater Biology*, v.49, n.1, p. 721-734. 2004.

ESTEVEVES, F. A. de; LEAL, J. J. F; CALLISTO M. Comunidade Bentônica. In: ESTEVEVES, F. DE A. *Fundamentos de Limnologia* - 3 ed. Rio de Janeiro: Interciência. 2011. p. 581-607.

FERNANDES, A. C. M. Macroinvertebrados bentônicos como Indicadores Biológicos de qualidade de água: Proposta para elaboração de um Índice de Integridade Biológica. 2007. 217p. Tese (doutorado em ecologia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

FIDELIS, L. S. da; NESSIMIAN, J.L.; HAMADA, N. Distribuição espacial de insetos aquáticos em igarapés de pequena ordem na Amazônia Central. *Acta Amazônica*, v.38, n.1, p. 127-134. 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S00449672008000100014&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 14 mar. 2011.

FIDELIS L. S. da. Estrutura da comunidade de insetos aquáticos em igarapés na Amazônia Central, com diferentes graus de preservação da cobertura vegetal e apresentação de chave de identificação para gêneros de larvas da ordem Odonata. 2006. 77 f. Dissertação (mestrado em biologia tropical e recursos naturais) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Universidade Federal do Amazonas, Manaus. 2006.

FIGUEIREDO, R.O.; MARKEWITZ, D.; DAVIDSON, E. A.; SCHULER, A. E.; WATRIN, O. S. dos.; SILVA, P. S. de. Land-use effects on the chemical attributes of low-order streams in the eastern Amazon. *Journal of Geophysical Research*, v.115, p.01-14. 2010.

FITZPATRICK, F.A.; WAITE, I.R.; D'ARCONTE, P.J.; MEADOR, M.R.; MAUPIN, M.A.; GURTZ, M.E. Revised methods for characterization of stream habitat in the national-quality assessment program. *Raleigh: U.S. Geological Survey, Water-resources Investigations Report*, v.98, p. 77. 1998.

GORDON, N.D.; MCMAHON, T.A.; FINDLAYSON, B.L.; GIPPEL, C.J.; NATHAN R.J. *Stream hydrology: An introduction for ecologists*. Chichester: John Wiley & Sons. p. 429. 2004.

GOULART, M.D.; CALLISTO, M. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. *Revista FAPAM*, v.2, n.1, p. 78-85. 2003.

GULLAN, P.J.; CRANSTON, P.S. *Os Insetos: um resumo da entomologia*. 3ªed. São Paulo: Roca, 2008. 440 p.

HAMADA, N.; ADLER, P. H. Bionomia e chave para imaturos e adultos de *Simulium* (Diptera: Simuliidae) na Amazônia Central, Brasil. *Acta Amazônica*, v.31, n.1, p.109-132. 2001.

HAMADA, N.; MCCREADIE, J. W.; ADLER, P. H. Species richness and spatial distribution of blackflies (Diptera: Simuliidae) in streams of Central Amazonia, Brazil. *Freshwater Biology*, v.47, n.1, p. 31-40. 2002.

HAMADA, N.; COUCEIRO S.R.M. Na illustrated key to nymphs of Perlidae (Insecta: Plecoptera) genera in Central Amazonia, Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia*, v.47, n.3, p. 477-480. 2003.

HAUER, R.; LAMBERTI, G.A. *Methods in stream ecology*. 2 ed. San Diego: Academic Press. 2006. 877 p.

HAUER, F. R.; RESH, V. H. Macroinvertebrates. In: HAUER, F. R.; LAMBERTI, G. A. *Methods in stream ecology*. 2 ed. San Diego: Academic Press. 2006. 877 p.

HAMMER.; HARPER, D. A. T. & RYAN, P. D. 2001. Past Palaentological Statistics, ver. 1.12. Disponível em: <<http://folk.uio.no/ohammer/past>>. Acesso em: 31 de jul. 2011.

HENDERSON, P.A.; WALKER, I. On the leaf litter community of the Amazonian blackwater stream Tarumazinho. *Journal of Tropical Ecology*, v.2, n.1, p.1-17. 1986.

HEPP, L. U.; SANTOS, S. Benthic communities of streams related to different land uses in a hydrographic basin in southern Brazil. *Environmental monitoring and Assessment*. v. 157, p. 305-318. 2009.

HIGUTI, J.; TAKEDA, A. M.; PAGGI, A.C. 1993. Distribuição especial das larvas de Chironomidae (Insecta, Diptera) do rio Baía (MS-Brasil). *UNIMAR*, v.15, n. 1, p. 65-81. 1993.

HYNES, H.B.N. The ecology of stream insects. *Annuals Reviews Entomological*, v.15, n.1, p. 25-42. 1970.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Mapa de Vegetação do Brasil*. 3 ed., Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/21052004biomas.shtm>>. Acesso em: 15 jul. 2012.

JUNQUEIRA, M.V.; CAMPOS, S. C. M. Adaptation of the “BMWP” method for water quality evaluation to Rio das Velhas watershed (Minas Gerais, Brazil). *Acta Limnologica Brasiliensia*, v. 10, n. 2, p. 125-135. 1998.

JUNQUEIRA, V. M.; AMARANTE, M. C.; DIAS, C. F. S; FRANÇA, E. S. Biomonitoramento da qualidade das águas da Bacia do Alto Rio das Velhas (MG/Brasil) através de macroinvertebrados. *Acta Limnologica Brasiliensia*, v.12, n.1, p.73-87. 2000.

KARR, J.R.; CHU, E.W. *Restoring life in running waters: better biological monitoring*. 1 ed., Washington DC: Island Press, 1999. 206p.

KREBS, C. J. *Ecological methodology*. 2 ed., United States of America: Addison Wesley Longman. 1998. 620p.

LIMA, M. G. DE; GASCON, C. The conservation value of linear forest remnants in central Amazonia. *Biological Conservation*, v. 91, n.1, p. 241-247. 1999.

LECCI, L. S.; FROEHLICH, C. G. Plecoptera. In: GUIA on-line: Identificação de larvas de Insetos Aquáticos do Estado de São Paulo. Froehlich, C. G. (org.). 2007. Disponível em: <<http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/guiaonline>. Acesso em: 25 fev. 2011.

LORION, C. M; KENNEDY, B. P. Relationships between deforestation, riparian forest *Buffers* and benthic macroinvertebrates in neotropical headwater streams. *Freshwater Biology*, v.54, n.1, p. 165–180. 2009.

MALTCHIK, L.; FLORIN, M. Perspectives of hydrological disturbance as the driving force of Brazilian semiarid stream ecosystems. *Acta Limnologica Brasiliensia*, v.14, n.1, p. 35-41. 2002.

MARIANO, R. L. S; FROEHLICH, C. G. Ephemeroptera. In: GUIA on-line: Identificação de larvas de Insetos Aquáticos do Estado de São Paulo. Froehlich, C. G. (org.). 2007. Disponível em: <<http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/guiaonline>. Acesso em: 25 fev. 2011.

MELO, E.G.F.; SILVA, M.S.R.; MIRANDA, S.A.F. Influência antrópica sobre águas de igarapés na cidade de Manaus – Amazonas. *Caminhos de Geografia*, v.5, p.40-47. 2005.

MERRITT, R.W.; CUMMINS, K.W. *An introduction to the aquatic insects of North America*. 3 ed., Dubuque: Kendall/Hunt. 1996. 722p.

MERRIT, R. W.; CUMMINS, K. W. Trophic Relationships of Macroinvertebrates. In: HAUER, F. R.; LAMBERTI, G. A. *Methods in stream ecology*. 2 ed., San Diego: Academic Press. 2006. 585-609 p.

MONK, W. A.; WOOD, P.J.; HANNAH, D. M.; EXTENCE, C. A.; CHADD, R. P.; DUNBAR, M. J. How does macroinvertebrates taxonomic resolution influence ecohydrological relationships in riverine ecosystems. *Ecohydrology*, v. 5, p. 36-45. 2012.

MORMUL R. P.; VIEIRA, L. A.; JUNIOR, S. P.; MONKOLSKI, A.; SANTOS, A. M. Sucessão de invertebrados durante o processo de decomposição de duas plantas aquáticas (*Eichhornia azurea* e *Polygonum ferrugineum*). *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, Maringá, v. 28, n. 2, p. 109-115. 2006.

NAKAMURA, F.; YAMADA, H. Effects of pasture development on the ecological functions of riparian forests in Hokkaido in northern Japan. *Ecological Engineering*, v.24, n.1, p. 539–550. 2005.

NESSIMIAN, J. L.; DORVILLE, L. F. M.; SANSEVERINO, A. M; BAPTISTA, D. F. Relation between flood pulse and functional composition of the macroinvertebrate benthic fauna in the lower Rio Negro, Amazonas, Brazil. *Amazoniana*, v.15, n.1, p. 35–50. 1998.

NESSIMIAN, J. L.; AMORIM, R. M.; HENRIQUES-OLIVEIRA, A. L.; SANSEVERINO, A. M. Chironomidae (Diptera) do Estado do Rio de Janeiro: Levantamento dos gêneros e habitat de ocorrência. *Publicações Avulsas do Museu Nacional*, v.98, n.1, p. 1–16. 2003.

NESSIMIAN, J. L.; VENTICINQUE, E. M.; ZUANON, J.; DE MARCO-JR, P.; GORDO, M.; FIDELIS, L. Land use, habitat integrity and aquatic insect assemblages in Central Amazonian stream. *Hydrobiologia*, v.614, n.1, p.117-131. 2008.

ODUM, E. P. *Ecologia*. 1 ed., Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 1985. 434 p.

ODUM, E. P.; BARRET, G. W. *Fundamentos de Ecologia*. 5 ed., São Paulo: Cengage Learning. 2008. 577p.

OLIVEIRA, A.; CALLISTO, M. Benthic macroinvertebrates as bioindicators of water quality in an Atlantic forest fragment. *Iheringia, Série Zoologia*, Porto Alegre, v. 100, n. 4, p. 291-300. 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0073-47212010000400003&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 29 Jun 2012.

PARÁ. Governo do Estado - SEPOF-PA, Secretaria de Estado de Planejamento, Orçamento e Finanças, *Estatísticas Municipais: Marapanim*. 2011. Disponível em: http://www.idesp.pa.gov.br/paginas/ produtos/Estatistica_Municipal/pdf/Marapanim.pdf >. Acesso em: 15 maio 2010.

PARÁ. Governo do Estado - SEPOF-PA, Secretaria de Estado de Planejamento, Orçamento e Finanças, *Estatísticas Municipais: São Francisco do Pará*. 2011. Disponível em http://www.idesp.pa.gov.br/paginas/produtos/Estatistica_Municipal/pdf/SaoFranciscodoPara.pdf>. Acesso em 15 maio 2010.

PARÁ, Governo do Estado - SEPOF-PA, Secretaria de Estado de Planejamento, Orçamento e Finanças, *Estatísticas Municipais: Mãe do Rio*. 2011. Disponível em: http://www.idesp.pa.gov.br/ paginas/ produtos / Estatistica_Municipal/pdf/MaedoRio.pdf>. Acesso em 15 maio 2010.

PARÁ. Governo do Estado - SEPOF-PA, Secretaria de Estado de Planejamento, Orçamento e Finanças. *Estatísticas municipais: Iritua*. 2011. Disponível em: <http://www.idesp.pa.gov.br/paginas/ produtos / Estatistica_Municipal/pdf/MaedoRio.pdf>. Acesso: em 15 maio 2010.

PARÁ. Governo do Estado - SEPOF-PA, Secretaria de Estado de Planejamento, Orçamento e Finanças, *Estatísticas Municipais: Capitão-Poço*. 2011. Disponível em: <http://www.idesp.pa.gov.br/ paginas/ produtos / Estatistica_Municipal/pdf/MaedoRio.pdf>. Acesso em: 15 maio 2010.

PEIRO, D.F.; ALVES, R.G. Insetos aquáticos associados a macrófitas da região litoral da represa do Ribeirão das Anhumas (município de Américo Brasiliense, São Paulo, Brasil). *Biota Neotropica*, v.6, n.2, p. 1-9. 2006. Disponível em:<<http://www.biotaneotropica.org.br/v6n2/pt/abstract?article+bn02906022006>>. Acesso em: 12 abr. 2011.

PES, A. M. O. Taxonomia e estrutura de comunidade de Trichoptera (Insecta) no município de Presidente Figueiredo, Amazonas, Brasil. 2001. 166 f. Dissertação (mestrado em ciências

biológicas). Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, Universidade Federal do Amazonas, Manaus. 2001.

PES, A. M. O.; HAMADA, N. The occurrence of *Taraxitrichia* Flint & Harris, 1992 (Trichoptera: Hydroptilidae) in Brazil, with description of the final larval stage. *Zootaxa*, v.328, n.1, p. 1–7. 2003. Disponível em: <www.mapress.com/zootaxa/>. Acesso em: 15 dez. 2003.

PES, A. M. O.; HAMADA, N. *Ceratotrichia* Flint, 1992 (Trichoptera: Hydroptilidae) larval and pupal description and new genus records for Brazil. *Boletín de Entomología Venezolana*, v.19, n.1, p.31-37. 2004.

PES, A. M. O. Taxonomia, estrutura e riqueza das assembleias de larvas e pupas de Trichoptera (Insecta), em igarapés da Amazônia Central. 2005. 154 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas). Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, Universidade Federal do Amazonas, Manaus. 2005.

PES, A. M. O.; HAMADA, N.; NESSIMIAN, J. L. Chaves de identificação de larvas para famílias e gêneros de Trichoptera (Insecta) da Amazônia Central, Brasil. *Revista Brasileira de entomologia*, v.49, n.2, p. 181-204. 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S00856262005000200002&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 14 dez. 2010.

PEREIRA, D. L. V.; MELO, A. L. de; HAMADA, N. Chaves de identificação para famílias e gêneros de Gerromorpha e Nepomorpha (Insecta: Heteroptera) na Amazônia central. *Neotropical Entomology*, v.36, n.2, p. 210-228. 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519566X2007000200007&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 25 fev. 2011.

PIELOU, E. C. *Ecological Diversity*, 1975. In: KREBS, C. J. *Ecological Methodology*. 2 ed., United States of America: Addison Wesley Longman. 1998. 620p.

PINHO, L. C. Diptera. In: GUIA on-line: Identificação de larvas de Insetos Aquáticos do Estado de São Paulo. Froehlich, C. G. (org.). 2008. Disponível em: <<http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/guiaonline>>. Acesso em: 25 fev. 2011.

PIRES, C. S. da. Efeitos do processamento artesanal de raízes de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) e plantas de malva (*Urena lobata* L.) sobre a hidrobiogeotécnica de microbacias do Nordeste do Pará. 2011. 147f. Dissertação (mestrado em ciências ambientais) – Instituto Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém. 2011.

QUEIROZ, J. F.; SILVA, M. S. G. M.; TRIVINHO-STRIXINI, S. *Organismos bentônicos: biomonitoramento de qualidade de água*. Jaguariuna: Embrapa Meio Ambiente. 2008. 91 p.

QUEIROZ, J. F.; FERRAZ, J. M. C.; SILVEIRA, M. P.; SITTON, M.; MARIGO, A. L. S.; CARVALHO, M. P. & RIBACINKO, D. B. *Avaliação preliminar da qualidade da água em duas microbacias do rio Mogi (SP)*. Circular Técnica – Embrapa Meio Ambiente, n.17. 11p. 2008.

RABENI, C. F.; WANG, N. Bioassessment of stream using macroinvertebrates: are the Chironomidae necessary?. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 71, p. 177-185. 2001.

RIBEIRO, J. M. F. Plecoptera (Insecta) adultos da Reserva Florestal Adolpho Ducke, Manaus, Amazonas. 2004. 93p. Dissertação (mestrado em ciências biológicas), Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Universidade Federal do Amazonas, Manaus. 2004.

RIBEIRO, L. O.; UIEDA, V.S. Estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos de um riacho de serra em Itatinga, São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, v.22, n.3, p. 613-618. 2005.

ROSIN, G. C.; MANGAROTTI, D. P. O; TAKEDA, A. M. Chironomidae (Diptera) community structure in two subsystems with different states of conservation in a floodplain of southern Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia*, v. 22, n. 3, p. 276-286. 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2179-975X2010000300004&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 28 jun. 2012.

SALLES, F. F.; DA SILVA, E. R.; HUBBARD, M. D.; SERRÃO, J.E. As espécies de Ephemeroptera (insecta) registradas para o Brasil. *Biota Neotropica*, v. 4, n.2, p. 1-34. 2004.

SANTOS, G. M.; FERREIRA, E. J. G. *Peixes da Bacia Amazônica*. In: LOWE-MCCONNELL, R. H. Estudos Ecológicos de comunidades de peixes tropicais. São Paulo: Universidade de São Paulo (EDUSP). 1999. 345-373p.

SEGURA, M. O.; VALENTE-NETO, F.; FONSECA-GESSNER, A. A. Family level key to aquatic Coleoptera (Insecta) of Sao Paulo State, Brazil. *Biota Neotropica*, v. 11, n.1, p. 393-412. 2011. Disponível em: <<http://www.biotaneotropica.org.br/v11n1/en/abstract?article+bn02711012011>>. Acesso em 23: mar. 2011.

SILVEIRA, M. P.; QUEIROZ, J. F.; BOEIRA, R. C. *Protocolo de coleta e preparação de amostras de macroinvertebrados bentônicos em riachos*. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente. 2004. 7 p.

SILVEIRA, M. P. *Aplicação do biomonitoramento para avaliação da qualidade da água em rios*. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, Documentos. 2004. 68p.

SIMIAO-FERREIRA, J.; DEMARCO JR, P.; MAZÃO, G. R.; CARVALHO, A. R. Chironomidae assemblage structure in relation to organic enrichment of an aquatic environment. *Neotropical Entomology*, v.38, n.4, p. 464-471. 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-566X2009000400004&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 28 jun. 2012.

STATSOFT, INC. STATISTICA (data analysis software system). v. 7. Disponível em: <<http://www.statsoft.com>>. 2004.

SOUZA, L. O. I.; COSTA, J. M.; OLDRINI, B. B. Odonata. In: GUIA on-line: Identificação de larvas de Insetos Aquáticos do Estado de São Paulo. Froehlich, C.G. (org.). 2007. Disponível em: http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/Guia_online. Acesso em: 25 fev. 2011.

TRIVINHO-STRIXINO, S.; STRIXINO, G. Chironomidae (Diptera) do Rio Ribeira (divisa dos Estados de São Paulo e Paraná) numa avaliação ambiental faunística. *Entomologia y vectores*, v.12, n.2, p. 243-253. 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S032803812005000200008&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 13 Jul 2012.

TOWNSEND, C. R.; BEGON, M.; HARPER, J. L. *Fundamentos em ecologia*. São Paulo: Artmed. 2006. 592 p.

VANNOTE, R. L.; MINSHALL, G. W.; CUMMINS, K. W.; SEDELL, J. R.; USHING, C. E. The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, v.37, n. 1, p. 130-137. 1980.

VIEIRA, I. C.; ALMEIDA, A. S.; DAVIDSON, E. A.; STONE, T. A.; REIS DE CARVALHO, C. J.; GUERRERO, J. B. Classifying successional forests using Landsat spectral properties and ecological characteristics in eastern Amazonia. *Remote Sensing of Environment*, n. 87, n.1, p. 470-481. 2003.

WALKER, I. The benthic litter-dwelling macrofauna of the Amazonian forest stream Tarumã-Mirim: patterns of colonization and their implications for community stability. *Hydrobiologia*, v.294, n.1, p. 75-92. 1994.

WALKER, I. Population dynamics of Chironomidae (Diptera) in the Central Amazonian blackwater river Tarumã-Mirirm (Amazonas, Brasil). In: NESSIMIAN, J. L.; CARVALHO, A.L. (eds.). Ecologia de insetos aquáticos. *Series Oecologia Brasiliensis*, v.5, p. 235-252. 1998.

WALSH, C.J.; SHARPE, A.K.; BREEN, P.F.; SONNEMAN, J.A. Effects of urbanization on streams of the Melbourne region, Victoria, Australia. I. Benthic macroinvertebrate communities. *Freshwater Biology*, v.46, p. 535-551. 2001.

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, n. 3, p. 455-479. 2009.

ANEXOS

ANEXO A: Localidade

Código: _____ Nome da Localidade: _____ Data: _____

Nome do Rio: _____

Nome da Bacia: _____

Município: _____

Coordenadas (inicial/final): _____

Fotos: _____

Cobertura do solo predominante: _____

Condição da vegetação ripária: _____

Largura planície de inundação (aprox.) - 3 valores: _____

Tipo de canal: _____

Canal: reto sinuoso Sequência de habitats: alternada complexa ausente Gradiente: grande médio pequeno

Vegetação Ripária (transecção de 30 metros perpendicular ao canal)

Categorias: 1 - pasto limpo, 2 - pasto sujo, 3 - capoeira baixa, 4 - capoeira alta, 5 - floresta antropizada, 6 - Mata de igapó, 7 - Vegetação de várzea.

metro n ^o	margem esquerda	margem direita	observações
0			
20			
40			
60			
80			
100			
120			
140			
160			
180			
200			

Observações: _____

ANEXO B: Parâmetros Físico-Químicos

Código: _____ Nome da Localidade: _____ Data: _____

Temperatura máxima / mínima da água (período de __:__:__ a __:__:__) = _____ / _____

Medidas de Temperatura, Oxigênio Dissolvido (à "meia-água") e Condutividade (superfície).

Habitat: poço, 'run' ou corredeira. Profundidade e fluxo estimados.

Medida número	OD	Habitat	Velocidade	Prof.
1				
2				
3				
4				
5				

Medida de vazão do Igarapé

Largura do trecho amostrado: _____

Medida	Profundidade	Medido a profundidade:	Velocidade 1	Velocidade 2
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

* 40% do fundo se profundidade < 75 cm, e a 20 e 80% do fundo se > 75 cm.

Medida de velocidade média do canal

Distância	Tempo	Unidades de habitat

(multiplicar valor da velocidade da superfície por 0,85 para velocidade média da coluna.)

ANEXO C: Tipo de Substrato: lançamentos de quadrado

Código: _____ Local: _____ Data: _____

1 - seixo, 2 - cascalho, 3 - areia, 4 - silte/argila, 5 - tronco, 6 - liteira grossa, 7 - liteira fina, 8 - mofp, 9 - outros

lança- mento	metro nº / lateral nº	substrato dominante no sub-quadrado									Largura / Profundidade
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	/										/
2	/										/
3	/										/
4	/										/
5	/										/
6	/										/
7	/										/
8	/										/
9	/										/
10	/										/
11	/										/
12	/										/
13	/										/
14	/										/
15	/										/
16	/										/
17	/										/
18	/										/
19	/										/
20	/										/
21	/										/
22	/										/
23	/										/
24	/										/
25	/										/
26	/										/
27	/										/
28	/										/
29	/										/
30	/										/

Outros: () = _____ () = _____

ANEXO E: Filos, classes, ordens e famílias de macroinvertebrados bentônicos por amostrador (*Surber* e rede de mão) em 17 igarapés do Nordeste Paraense.

CLASSIFICAÇÃO	FRIA (S)	FRIA (RM)	GOL (S)	GOL (RM)	ARE (S)	ARE (RM)	DIV (S)	DIV (RM)	MAL (S)	MAL (RM)	PAST (S)	PAST (RM)	BIXE (S)	BIXE (RM)	MUKE (S)	MUKE (RM)	LARA (S)	LARA (RM)	URO (S)	URO (RM)	TAMA (S)	TAMA (RM)	TIMB (S)	TIMB (RM)	BUIU (S)	BUIU (RM)	HARA (S)	HARA (RM)	TOME (S)	TOME (RM)	BRA (S)	BRA (RM)	PAR (S)	PAR (RM)		
Annelida																																				
Hirudinea								+	+		+		+									+	+										+	+	+	
Oligochaeta	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Arthropoda																																				
Arachnida																																				
Acari	+	+																																		
Pelecypoda										+																										
Insecta																																				
Coleoptera																																				
Curculionidae					+	+					+			+																						
Dryopidae																																				+
Dytiscidae					+	+			+	+	+	+		+	+																					
Elmidae	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Gyrinidae		+			+						+	+	+	+		+										+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Hydrophilidae										+		+													+											+
Lampyridae																																				+
Lutrochidae											+	+																								
Noteridae	+		+	+	+	+		+		+	+	+		+	+	+		+	+				+													+
Ptilodactylidae	+						+	+													+				+									+		
Scirtidae	+	+		+				+				+						+	+	+			+	+					+	+	+	+	+	+	+	+

ANEXO E: Filos, classes, ordens e famílias de macroinvertebrados bentônicos por amostrador (*Surber* e rede de mão) em 17 igarapés do Nordeste Paraense (Continuação).

CLASSIFICAÇÃO	FRIA (S)	FRIA (RM)	GOL (S)	GOL (RM)	ARE (S)	ARE (RM)	DIV (S)	DIV (RM)	MAL (S)	MAL (RM)	PAST (S)	PAST (RM)	BI+E (S)	BI+E (RM)	MUKE (S)	MUKE (RM)	LARA (S)	LARA (RM)	URO (S)	URO (RM)	TAMA (S)	TAMA (RM)	TIMB (S)	TIMB (RM)	BUIU (S)	BUIU (RM)	HARA (S)	HARA (RM)	TOME (S)	TOME (RM)	BRA (S)	BRA (RM)	PAR (S)	PAR (RM)			
Diptera																																					
Canacidae					+																																
Ceratopogonidae	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
Chironomidae	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
Culicidae			+	+		+				+	+				+	+		+																			
Dixidae							+																														
Empididae						+	+	+					+					+	+		+	+	+			+	+	+	+	+	+				+	+	
Ephydriidae																		+				+												+			
Muscidae			+	+				+													+																+
Simuliidae	+	+			+	+	+	+					+	+	+	+	+			+	+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Tabanidae			+		+	+						+			+																						
Tipulidae			+	+	+			+				+			+	+	+			+	+				+		+	+		+					+	+	
Ephemeroptera																																					
Baetidae	+	+		+	+	+	+	+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Caenidae	+	+	+	+	+	+	+	+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			+							+				+			+
Coryphoridae																	+																				
Ephemeridae	+	+	+	+														+	+			+	+														
Euthyplociidae	+	+	+	+	+			+										+	+							+		+						+	+		
Leptohiphidae	+	+	+	+	+	+	+	+				+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

ANEXO E: Filos, classes, ordens e famílias de macroinvertebrados bentônicos por amostrador (*Surber* e rede de mão) em 17 igarapés do Nordeste Paraense (Continuação).

CLASSIFICAÇÃO	FRIA (S)	FRIA (RM)	GOL (S)	GOL (RM)	ARE (S)	ARE (RM)	DIV (S)	DIV (RM)	MAL (S)	MAL (RM)	PAST (S)	PAST (RM)	BI+E (S)	BI+E (RM)	MUKE (S)	MUKE (RM)	LARA (S)	LARA (RM)	URO (S)	URO (RM)	TAMA (S)	TAMA (RM)	TIMB (S)	TIMB (RM)	BUIU (S)	BUIU (RM)	HARA (S)	HARA (RM)	TOME (S)	TOME (RM)	BRA (S)	BRA (RM)	PAR (S)	PAR (RM)		
Leptophlebiidae	+	+	+	+	+	+	+	+		+		+			+	+	+	+	+	+	+	+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Polymitarcyidae			+					+									+		+						+							+				
Hemiptera																																				
Belostomatidae						+		+						+	+																					
Corixidae	+			+																																
Naucoridae	+	+		+		+						+	+	+		+		+	+	+				+	+		+	+	+	+		+			+	
Megaloptera																																				
Corydalidae	+			+																							+									
Corydalidae	+			+																							+									
Odonata																																				
Calopterygidae	+	+		+									+	+	+	+	+	+	+	+	+		+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Coenagrionidae	+	+	+	+	+	+	+	+						+	+	+		+	+	+				+	+		+	+				+	+	+	+	+
Corduliidae				+	+	+	+	+																												
Gomphidae	+	+	+	+	+					+			+		+		+	+	+			+	+			+		+	+	+	+	+		+		
Libellulidae	+	+	+	+	+	+		+	+		+	+	+	+	+	+			+				+		+	+		+	+	+	+	+				+
Megapodagrionidae		+	+	+													+	+	+	+	+	+		+	+								+			+
Polythoridae	+			+																+						+								+		+
Protoneuriidae					+																															
Plecoptera																																				
Perlidae	+	+	+	+													+	+	+	+			+		+	+						+		+		+

ANEXO E: Filos, classes, ordens e famílias de macroinvertebrados bentônicos por amostrador (*Surber* e rede de mão) em 17 igarapés do Nordeste Paraense (Continuação).

CLASSIFICAÇÃO	FRIA (S)	FRIA (RM)	GOL (S)	GOL (RM)	ARE (S)	ARE (RM)	DIV (S)	DIV (RM)	MAL (S)	MAL (RM)	PAST (S)	PAST (RM)	BI+E (S)	BI+E (RM)	MUKE (S)	MUKE (RM)	LARA (S)	LARA (RM)	URO (S)	URO (RM)	TAMA (S)	TAMA (RM)	TIMB (S)	TIMB (RM)	BUIU (S)	BUIU (RM)	HARA (S)	HARA (RM)	TOME (S)	TOME (RM)	BRA (S)	BRA (RM)	PAR (S)	PAR (RM)	
Trichoptera																																			
Calamoceratidae	+	+	+	+			+										+	+	+	+			+	+				+		+	+		+		
Ecnomidae			+	+	+	+	+	+								+	+																		
Glossosomatidae	+	+	+	+			+	+									+	+	+	+			+		+	+	+		+	+	+	+	+	+	
Helicopsychidae	+	+	+	+			+											+	+	+				+				+		+		+			
Hydropsychidae	+	+	+	+	+	+	+	+				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Hydroptilidae	+	+	+	+	+	+		+				+	+	+	+	+		+	+	+	+		+		+	+	+		+	+		+		+	
Leptoceridae	+	+	+		+	+	+	+					+		+	+	+	+	+	+	+		+		+	+	+		+	+	+	+	+	+	
Philopotamidae	+	+		+										+	+		+		+	+			+			+			+		+	+	+	+	
Polycentropodidae	+	+	+	+	+	+	+	+					+			+	+	+	+	+			+		+	+			+		+		+		
Pupas																																			
Pupas	+	+	+	+				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Malacostraca																																			
Decapoda																																			
Caridea	+	+	+	+		+	+	+				+		+	+	+	+	+	+	+	+				+		+	+		+		+	+	+	
Brachyura														+																			+		
Nematoda																																			
Nematoda	+		+	+	+	+	+	+				+	+		+		+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	

(S) - *Surber*; (RM) - Rede de mão.