

UNIVERSIDADE VILA VELHA - ES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA DE ECOSSISTEMAS

ESTRUTURA DAS ASSEMBLÉIAS DE INVERTEBRADOS
AQUÁTICOS ASSOCIADOS A ACÚMULOS DE FOLHAS EM
REMANSOS E CORREDEIRAS DE RIACHOS DE MATA ATLÂNTICA

FLÁVIO MENDES DA SILVA

VILA VELHA-ES
AGOSTO / 2013

UNIVERSIDADE VILA VELHA - ES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA DE ECOSISTEMAS

ESTRUTURA DAS ASSEMBLÉIAS DE INVERTEBRADOS
AQUÁTICOS ASSOCIADOS A ACÚMULOS DE FOLHAS EM
REMANSOS E CORREDEIRAS DE RIACHOS DE MATA ATLÂNTICA

Dissertação apresentada à Universidade Vila Velha, como pré-requisito do Programa de Pós-graduação em Ecologia de Ecossistemas, para a obtenção do grau de Mestre em Ecologia.

FLÁVIO MENDES DA SILVA

VILA VELHA-ES
AGOSTO / 2013

Catálogo na publicação elaborada pela Biblioteca Central / UVV-ES

S586e Silva, Flávio Mendes da.

Estrutura das assembleias de invertebrados aquáticos associados a acúmulos de folhas em remansos e corredeiras de riachos de Mata Atlântica / Flávio Mendes da Silva. – 2013.

39 f.: il.

Orientador: Marcelo da Silva Moretti.

Dissertação (mestrado em Ecologia de Ecossistemas) - Universidade Vila Velha, 2013.

Inclui bibliografias.

1. Invertebrado marinho. 2. Comunidades animais - estrutura. I. Moretti, Marcelo da Silva. II. Universidade Vila Velha. III. Título.

CDD 577.6

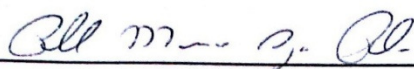
FLÁVIO MENDES DA SILVA

**ESTRUTURA DAS ASSEMBLÉIAS DE INVERTEBRADOS
AQUÁTICOS ASSOCIADOS A ÁCUMULOS DE FOLHAS EM
REMANSOS E CORREDEIRAS DE RIACHOS DE MATA ATLÂNTICA**

Dissertação apresentada à Universidade Vila Velha, como pré-requisito do Programa de Pós-graduação em Ecologia de Ecossistemas, para a obtenção do grau de Mestre em Ecologia.

Aprovada em 30 de Agosto de 2013,


Banca Examinadora:



Prof. Dr. Pablo Moreno Souza Paula – FASI



Prof. Dr. Charles Gladstone Duca Soares– UVV



Prof. Dr. Marcelo da Silva Moretti – UVV

Orientador

AGRADECIMENTOS

Aos colegas do Laboratório de Ecologia de Insetos Aquáticos (LEIA) pela ajuda no trabalho de campo e processamentos das amostras. Em especial gostaria de agradecer a Karoline por ajuda do início ao término do trabalho e a Wallace por ajudar com ideias na realização e escrita do trabalho.

Ao meu orientador, Prof. Marcelo Moretti, pela oportunidade de realizar meu trabalho e orientação durante todo o projeto. Eu também gostaria de agradecer a Fabrício Saleme de Sá por auxílio na confecção dos resultados. Agradeço também ao meu pai pela ajuda financeira durante o mestrado.

Agradeço também aos professores do programa de mestrado Ecologia de Ecossistemas pelo conhecimento e ajuda na realização do estudo. Gostaria também de agradecer a Fundação de Amparo a Pesquisa do Espírito Santo (FAPES) pela bolsa de mestrado. Agradeço a Universidade Vila Velha (UVV) pela infra-estrutura para realização do trabalho. Gostaria de agradecer ao Museu de Biologia Mello Leitão e a Associação de Amigos Museu de Biologia Mello Leitão (SAMBIO) pela licença de coleta na Estação Biológica Santa Lúcia.

SUMÁRIO

RESUMO	1
ABSTRACT	2
1. Introdução	3
2. Justificativa	5
3. Objetivos e Hipóteses	7
3.1 <i>Hipótese</i>	7
3.2 <i>Objetivo Geral</i>	7
3.3 <i>Objetivos Específicos</i>	7
4. Material e Métodos	8
4.1 <i>Área de Estudo</i>	8
4.2 <i>Desenho Amostral</i>	10
4.3 <i>Análise de Dados</i>	11
5. Resultados	13
6. Discussão	20
7. Perspectivas Futuras	26
8. Referências Bibliográficas	27

RESUMO

MENDES, Flávio Silva, M.Sc., Universidade Vila Velha – ES, agosto de 2013.

Estrutura das assembléias de invertebrados aquáticos associados a acúmulos de folhas em remansos e corredeiras de riachos de Mata Atlântica. Orientador:

Marcelo da Silva Moretti.

O objetivo desta dissertação foi avaliar a estrutura das comunidades de invertebrados associados a acúmulos de folhas em trechos de remansos e corredeiras de riachos localizados em 3 microbacias diferentes. Foi hipotetizado que a distribuição das comunidades de invertebrados aquáticos associadas a acúmulos de folhas é mais influenciada por fatores locais, isto é, microhabitats, do que por fatores regionais (microbacias). Em agosto de 2012, foram coletados com um coletor do tipo Surber (0,09 m²) 90 acúmulos de folhas em 9 riachos pertencentes as microbacias dos rios Dr. Robson, Timbuí e da Prata (ES). No total foram encontrados 11.848 indivíduos pertencentes a 94 táxons. Não foram observadas diferenças nos valores de abundância total e riqueza taxonômica das comunidades amostradas entre os diferentes microhabitats e microbacias. Os valores de biomassa total de invertebrados nos remansos da microbacia do rio Dr. Robson foram maiores que nas corredeiras das 3 microbacias. As comunidades apresentaram uma similaridade mínima de 42%, sendo que aquelas amostradas em cada microhabitat foram mais similares entre si. Os fragmentadores representaram 43% da biomassa relativa de invertebrados nos remansos da microbacia do rio da Prata. Nos remansos das microbacias dos rios Dr. Robson e Timbuí os predadores representaram 67 e 80% da biomassa relativa. A biomassa dos predadores nos remansos da microbacia do rio Dr. Robson foi maior que nas corredeiras das 3 microbacias. Uma análise de ordenação realizada para cada grupo trófico funcional evidenciou uma separação entre remansos e corredeiras, sendo que este padrão foi independente do microhabitat. A análise de espécies indicadoras demonstrou que a maioria dos táxons foi indicador de apenas um tipo de microhabitat, podendo pertencer a mais de uma microbacia. Os resultados demonstraram a maior influencia dos microhabitats na estrutura das comunidades de invertebrados associadas a acúmulos de folhas em relação às microbacias e sugerem que a distância entre as microbacias não foi suficiente para criar barreiras geográficas para a maioria dos táxons encontrados.

Palavras-chave: Detritívoros, Fragmentador, Grupo Trófico Funcional, Predador, Tropical

ABSTRACT

MENDES, Flávio Silva, M.Sc., University Vila Velha – ES, august 2013. **Assemblage structure of aquatic invertebrates associated with accumulations of leaves in riffles and pools in streams of of the Atlantic Forest.** Leader: Marcelo da Silva Moretti.

The aim of this work was to evaluate the structure of invertebrate assemblages associated with accumulations of leaves stretches of rapids and backwaters of streams located in 3 different watersheds. We hypothesized that the distribution of aquatic invertebrate assemblages associated with accumulations of leaves is more influenced by local factors, this is, microhabitats, than by regional factors (micro). In August 2012, were collected with a Surber collector (0.09 m²) 90 accumulations of leaves in 9 streams belonging to the watersheds of the rivers Dr. Robson, Timbui and Prata (ES). In total 11,848 individuals were found belonging to 94 taxa. No differences were observed in the values of total abundance and taxonomic richness of the assemblages sampled between different microhabitats and watersheds. The values of total biomass of invertebrates in the backwaters of the Dr. Robson River watershed were higher than in the rapids of the three watersheds. Assemblies showed a minimum similarity of 42%, and those sampled in each microhabitat were more similar to each other. The shredders accounted for 43% of the relative biomass of invertebrates in the backwaters of the watershed of Prata river . In the backwaters of the watersheds of the rivers and Dr. Robson, Timbui predators accounted for 67 and 80% of the biomass relative. The biomass of predators in the backwaters of the river watershed Dr. Robson was higher than in the rapids of the three watersheds. Ordination analysis performed for each trophic group showed a functional separation between backwaters and rapids, but this pattern was independent of microhabitat. The indicator species analysis showed that most taxa was just one indicator of microhabitat, may belong to more than one watershed. The results showed the greatest influence of microhabitats on the structure of invertebrate assemblages associated with accumulations of leaves in relation to micro and suggest that the distance between the watersheds was not enough to create geographic barriers for most taxa found.

Keywords: Shredder, Trophic Functional Group, Benthic Macroinvertebrates, Predator, Tropical.

1 INTRODUÇÃO

Em riachos florestados, a matéria orgânica alóctone proveniente da vegetação ripária é a principal fonte de energia para os organismos heterotróficos (Vannote *et al.* 1980; Wallace *et al.* 1997). Desta forma, os acúmulos de folhas encontrados no leito destes ecossistemas constituem habitats atrativos para os invertebrados aquáticos, pois disponibilizam uma superfície adequada para fixação, proteção contra predadores e também podem ser utilizados como fonte direta e indireta de alimento (Cummins, Petersen & Howard 1973; Kobayashi & Kagaya 2005). Os organismos consumidores que colonizam os acúmulos de folhas também são fonte de alimento para invertebrados e vertebrados predadores, constituindo um importante elo na cadeia de detritos dos ecossistemas lóticos (Wallace & Webster 1996; Cheshire, Boyero & Pearson 2005).

Mesmo em pequenas escalas espaciais, as características geomorfológicas de um riacho podem ser bastante heterogêneas, permitindo a formação de acúmulos de folhas em trechos com variáveis abióticas distintas (Boyero & Bosch 2004). Os acúmulos formados em diferentes trechos de um mesmo riacho podem estar sob diferentes condições ambientais, como profundidade, velocidade da água e concentrações de oxigênio dissolvido (Hoover, Richardson & Yonemitsu 2006). Estas condições ambientais podem influenciar a composição e a abundância das folhas que se acumulam sobre o leito dos riachos (Hoover *et al.* 2010).

Sabendo que os invertebrados aquáticos possuem adaptações morfológicas, fisiológicas e comportamentais para colonizar habitats sob determinadas condições ambientais (Allan & Castillo 2007), os acúmulos de folhas encontrados em remansos e corredeiras normalmente apresentam comunidades de invertebrados bastante distintas (Kobayashi & Kagaya 2009; Oliveira & Nessimian 2010; Jinggut, Yule & Boyero 2012). Enquanto a maior velocidade da água pode dificultar a colonização de alguns organismos nos trechos de corredeira, a presença de organismos característicos de ambientes bem oxigenados pode ser limitada nos trechos de remanso (Kobayashi & Kagaya 2009). No entanto, para muitos táxons característicos de ecossistemas lóticos não se sabe ao certo quais variáveis

influenciam sua distribuição entre diferentes microhabitats (Sanseverino & Nessimian 2008).

A classificação dos invertebrados aquáticos em grupos tróficos funcionais (GTF) facilita o entendimento da dinâmica trófica em ecossistemas aquáticos, uma vez que a morfologia do aparelho bucal destes organismos reflete sua estratégia de alimentação (Cummins 1973). Dessa forma, as condições ambientais de um determinado trecho, por estarem relacionadas à disponibilidade de recursos alimentares, podem também influenciar a composição em GTF das comunidades de invertebrados aquáticos (Oliveira & Nessimian 2010). No entanto, táxons pertencentes a diferentes GTF que apresentam sua distribuição relacionada a outras variáveis, como estabilidade do substrato, concentrações de oxigênio dissolvido e disponibilidade de refúgio contra predadores, podem habitar um mesmo micro-habitat (Allan & Castillo 2007; Shimano *et al.* 2012). Em muitas situações, a utilização da biomassa dos GTF demonstra de forma mais clara a importância do seu papel funcional na teia alimentar. Dependendo do táxon, os invertebrados aquáticos podem apresentar grande variação em seu peso corporal (Smock 1980; Cressa 1999; Chown & Gaston 2010).

Em riachos tropicais, os macronsumidores, como os grandes crustáceos, podem afetar de forma significativa a comunidade de invertebrados aquáticos através da predação de determinados táxons (Rosemond, Pringle & Ramírez 1998). Além disso, esses organismos podem afetar o processamento da matéria orgânica particulada grossa através do consumo dos detritos foliares (Cogo & Santos 2013) ou do processo de bioturbação (Landeiro, Hamada & Melo 2008b). Apesar de serem considerados onívoros, alguns crustáceos podem ser mais importantes funcionalmente como grandes predadores de riachos (Parkyn, Collier & Hicks 2001).

Alguns estudos demonstraram que o micro-habitat é uma das principais variáveis que influenciam a estrutura das comunidades de invertebrados aquáticos (Mykrä, Heino & Muotka 2007; Costa & Melo 2008; Ligeiro, Melo & Callisto 2010a). Landeiro *et al.* (2012) sugeriram que uma maior similaridade entre as comunidades encontradas em diferentes trechos de uma mesma bacia pode resultar da maior conectividade e menor variação nas condições ambientais entre estes trechos. Dessa forma, em pequenas bacias, os micro-habitats apresentam maior influência na determinação da estrutura das comunidades de invertebrados aquáticos.

2 JUSTIFICATIVA

A Mata Atlântica é considerada um dos *hotspots* do planeta e deve ser uma das áreas prioritárias para a conservação, devido à sua biodiversidade e às elevadas taxas de perda de habitat (Myers *et al.* 2000). Este bioma abriga cerca de 1-8% de toda biodiversidade conhecida, incluindo diversas espécies endêmicas. No entanto, sua área de cobertura atual, que está estimada em apenas 11,6% da original, se encontra sobre forte pressão antrópica (Ribeiro *et al.* 2009).

Nos últimos anos, a influência da heterogeneidade espacial na distribuição dos organismos tem sido amplamente estudada, uma vez que o entendimento desta relação é fundamental para a conservação dos ecossistemas aquáticos (Costa & Melo 2008; Landeiro, Pepinelli & Hamada 2009). Os riachos, por apresentarem uma grande variabilidade ambiental mesmo em pequenas escalas espaciais, são considerados ecossistemas adequados para o estudo destas relações (Boyero 2005; Ligeiro *et al.* 2010b). No entanto, mesmo tendo sido encontradas várias evidências das influências da heterogeneidade espacial sobre os invertebrados aquáticos, os mecanismos responsáveis por esta distribuição ainda não são totalmente conhecidos (Vinson & Hawkins 1998; Kobayashi & Kagaya 2005).

O entendimento da distribuição das espécies e do grau de previsibilidade das comunidades possui grandes aplicações na para as estratégias de conservação (Ferrier 2002). Um dos principais requisitos para a formulação e aplicação correta dos programas de biomonitoramento utilizando invertebrados aquáticos é a previsibilidade com que as espécies são encontradas de acordo com as variáveis ambientais. Porém, para a região Neotropical existem poucos estudos abordando este tema (Roque *et al.* 2008). Além disso, o entendimento das comunidades de riachos “naturais” ou “bem preservados” é fundamental para a compreensão dos reais efeitos antrópicos nos riachos perturbados. Devido à alta variabilidade que essas comunidades possuem, o conhecimento da estrutura de várias comunidades em diferentes escalas espaciais se torna essencial (Bonada *et al.* 2006).

A análise funcional das comunidades de invertebrados através da classificação em GTF constitui uma ferramenta importante frente às dificuldades de

identificação de muitos táxons e à sua sensibilidade às variações ambientais, podendo indicar alterações em diferentes processos ecológicos (Cummins, Merrit & Andrade 2005). O conhecimento do tamanho corporal e, por consequência, da biomassa dos táxons, é fundamental para o entendimento das teias alimentares, uma vez que este fator está intimamente ligado à abundância populacional, taxa de crescimento, produtividade, distribuição espacial e relações intraespecíficas como competição e facilitação (Woodward *et al.* 2005; Chown & Gaston 2010).

A influência da heterogeneidade de habitats na estrutura espacial das comunidades vem sendo amplamente estudada (Kearney & Porter 2009; Winemiller, Flecker & Hoeninghaus 2010). O entendimento desta relação é uma das principais metas em estudos ecológicos com foco na compreensão da organização das comunidades (McGill *et al.* 2006). Os riachos são ambientes adequados para o estudo da influencia da heterogeneidade de habitats por apresentarem uma grande variabilidade ambiental mesmo em pequenas escalas espaciais (Boyero 2003; Boyero & Bosch 2004).

3. OBJETIVOS E HIPÓTESES

3.1 Hipótese

Partindo do pressuposto que as condições ambientais, como velocidade da água, profundidade e concentrações de oxigênio dissolvido, influenciam a colonização dos acúmulos de folhas por invertebrados aquáticos, foi hipotetizado que:

- A distribuição dos invertebrados aquáticos associados a acúmulos de folhas é mais influenciada por fatores locais, isto é, microhabitats, do que por fatores regionais (microbacias).

3.2 Objetivo Geral

Avaliar a estrutura das comunidades de invertebrados associados a acúmulos de folhas em trechos de remanso e corredeira em riachos localizados em 3 diferentes microbacias.

3.3 Objetivos Específicos

- Avaliar a riqueza, a abundância e a biomassa das comunidades de invertebrados aquáticos associados a acúmulos de folhas encontrados em 9 riachos de Mata Atlântica.
- Verificar se a biomassa e riqueza dos GTF de invertebrados aquáticos diferem entre os microhabitats e as microbacias estudadas.
- Determinar a similaridade das comunidades de invertebrados aquáticos estudadas utilizando dados de composição taxonômica e GTF.
- Determinar os táxons de invertebrados aquáticos indicadores para os diferentes microhabitats e microbacias estudadas.

4. MÉTODOS

4.1 Área de estudo

Os riachos estudados nesta dissertação pertencem a três microbacias da região central do estado do Espírito Santo (Timbuí, Prata e Dr. Robson), e estão localizados nos municípios de Santa Teresa (19° 56' 08" S 40° 36' 01" W), Santa Leopoldina (20° 06' 02" S 40° 31' 47" W) e Serra (20° 07' 43" S 40° 18' 28" W) Figura 1). Em cada uma destas microbacias, foram escolhidos 03 riachos situados em fragmentos de Mata Atlântica, que apresentavam vegetação ripária bem desenvolvida e pequena influência antrópica. Estes riachos foram escolhidos de forma a abranger a maior heterogeneidade espacial possível, de forma a garantir uma boa caracterização das comunidades de invertebrados aquáticos de cada microbacia (Figura 2).

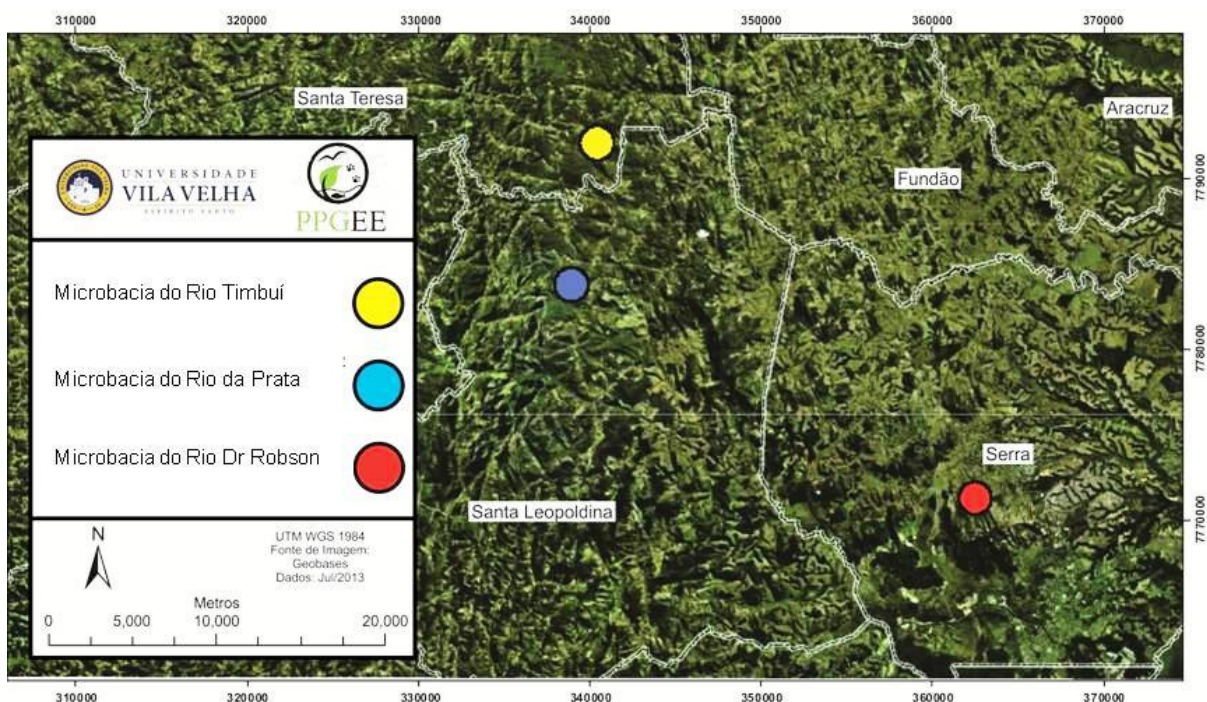


Figura 1: Mapa com as diferentes microbacias e seus respectivos municípios no Espírito Santo.

Os riachos localizados na microbacia do rio Timbuí estão situados na Estação Biológica de Santa Lúcia, que abrange uma área de cerca de 440 ha e apresenta altitudes que variam de 550 a 950 metros. Esta região abriga remanescentes de floresta ombrófila densa que, em sua maior parte, são compostas por mata primária bem preservada (Mendes & Padovan 2000). Os três riachos escolhidos nesta região possuem trechos de remanso, onde o substrato é arenoso e

se formam grandes acúmulos de folhas. Estes remansos são intercalados por declives rochosos onde, com maior velocidade da água e pequena profundidade.

Na microbacia do rio da Prata, os riachos escolhidos se encontram em fragmentos florestais formados por matas secundárias de floresta ombrófila densa e circundados por áreas de cultivo agrícola. A região apresenta altitudes variando de 500 a 750 m. Estes riachos apresentam leves declives e canais contínuos, onde o leito é normalmente coberto por areia nos remansos e por seixos nas corredeiras, onde se formam acúmulos de folhas submersos bem delimitados.

Os riachos localizados na microbacia do rio Dr. Robson estão localizados na Área de Proteção Ambiental (APA) do Mestre Álvaro, que é considerada uma das maiores elevações litorâneas da costa brasileira com remanescentes da Mata Atlântica e apresenta altitudes variando de 47 a 350 m. Os riachos escolhidos apresentam grandes remansos com o leito coberto por areia e acúmulos de folhas bem delimitados, intercalados por longos declives onde as águas percorrem sobre rocha contínua a uma pequena profundidade.

Os riachos estudados apresentaram águas bem oxigenadas e pH levemente ácido (Tabela I). Os valores de temperatura apresentaram maior variação, sendo que as microbacias (Timbuí e Prata) localizadas em maiores altitudes apresentaram as menores temperaturas. Já os valores de condutividade elétrica foram maiores na microbacia do rio Dr. Robson. Os riachos apresentaram valores de largura e profundidade semelhantes em todas as microbacias.

Tabela 1: Os valores médios e variação (valores mínimos e máximos) dos parâmetros abióticos mensurados nos riachos de 03 microbacias da região central do Estado do Espírito Santo.

	Microbacias		
	Timbuí	Prata	Dr. Robson
Temperatura (° C)	16,23 (16 - 16,5)	17,9 (17,4 - 18,7)	20,46 (19,8 - 21,1)
Condutividade ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	17,5 (14,1 - 20,6)	23,76 (20,2 - 26,4)	49,5 (42,2 - 62,7)
Oxigênio dissolvido (mg.L^{-1})	7,63 (6,96 - 8,29)	8,03 (7,63 - 8,25)	8,32 (8,16 - 8,52)
Oxigênio saturado (%)	77,93 (78,7 - 84,4)	84,93 (82,5 - 86,5)	93,83 (91,4 - 97,2)
pH	4,72 (4,57 - 4,98)	5,8 (5,63 - 5,89)	5,94 (5,44 - 6,25)
Profundidade (cm)	16,91 (12 - 22,7)	17,16 (13,5 - 19)	24,41 (17 - 29,25)
Largura (m)	3,07 (1,76 - 5,35)	3,05 (2,4 - 3,45)	3,96 (2,5 - 4,9)
Altitude (m)	713 (650 - 777)	654,66 (630 - 680)	209,66 (97 - 231)

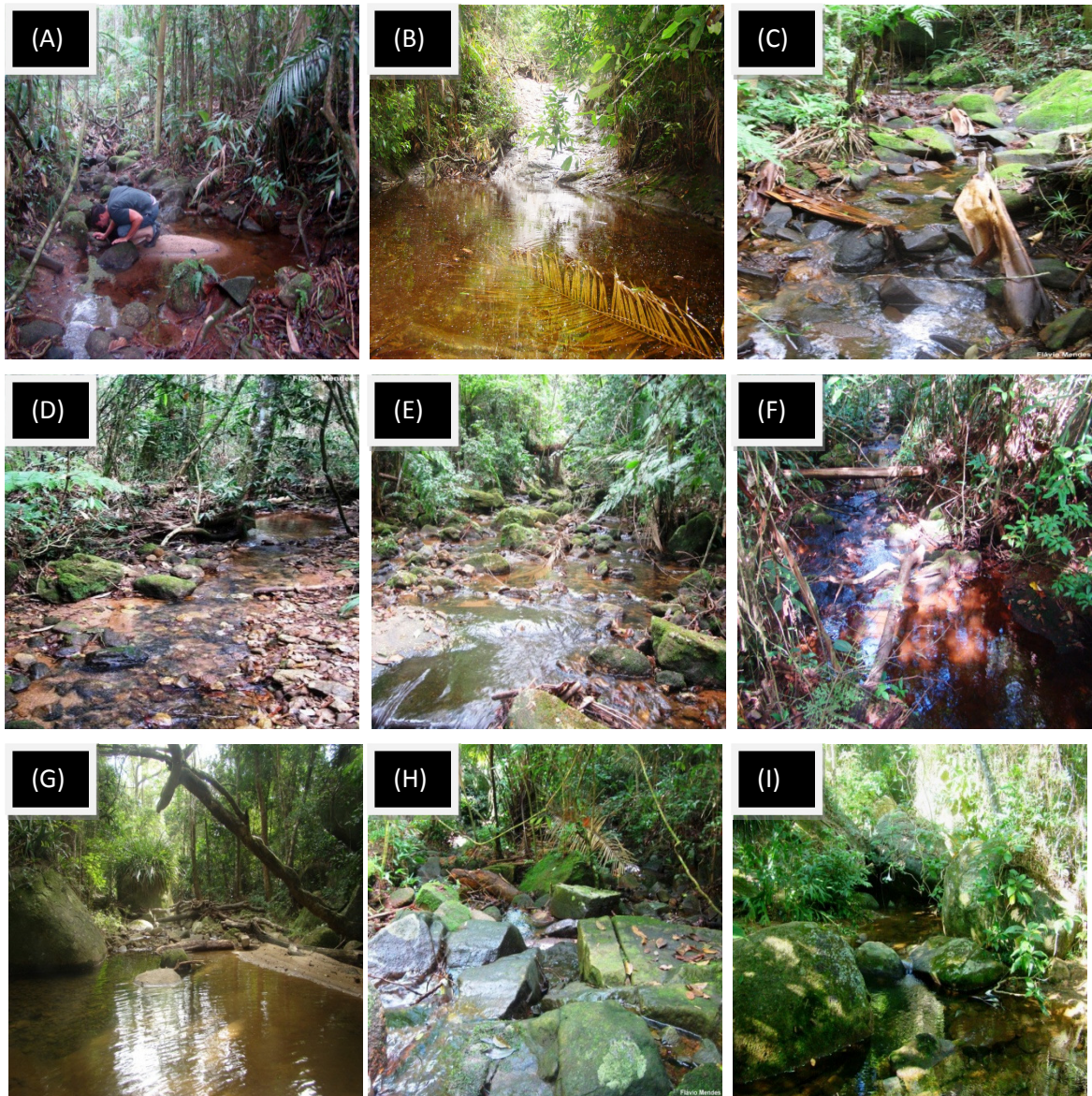


Figura 2: Visão geral dos trechos estudados de 03 microbacias da região central do Estado do Espírito Santo. A, B, C: microbacia do rio Timbuí; D, E, F: microbacia do rio da Prata; G, H, I: microbacia do rio Dr. Robson.

4.2 Desenho amostral

As coletas foram realizadas durante o período de seca (agosto) de 2012, época em que os acúmulos de folhas se encontram bem delimitados no leito dos riachos e com tempo de exposição suficiente para permitir sua colonização por invertebrados. Em cada um dos 3 riachos das 3 microbacias foram amostrados 10 acúmulos de folhas, sendo 5 em remansos e 5 em corredeiras, totalizando 90 amostras. As amostras foram coletadas utilizando um coletor do tipo Surber (0,09 m²) com malha de 0,250 mm. Devido à presença da espécie *Trichodactylus fluviatilis* (Decapoda, Trichodactylidae) nos acúmulos de folhas estudados, a coleta das

amostras foi realizada de forma rápida para evitar a fuga dos mesmos, seguindo a metodologia proposta por Magana et al. (2012).

As amostras foram acondicionadas individualmente em sacos plásticos e levadas no mesmo dia para o Laboratório de Ecologia de Insetos Aquáticos da Universidade Vila Velha. No laboratório, as amostras foram lavadas sobre peneira de 0,250 mm de malha e o material retido foi acondicionado em álcool 70% para posterior análise. O material foi triado em um microscópio estereoscópio (25x) e os invertebrados encontrados foram identificados até o menor nível taxonômico possível, por meio de chaves especializadas de Olifiers *et al.* (2004), Mugnai, Nessimian & Baptista (2009) e Segura, Valente-Neto & Fonseca-Gessner (2011). Os organismos de cada táxon foram secos a 60° C por 72 horas para a determinação da sua biomassa seca. Após a lavagem, as folhas de cada amostra também foram secas a 60° C por 72 horas e, posteriormente pesadas.

Os táxons de invertebrados encontrados foram agrupados em grupos tróficos funcionais (Raspador, Fragmentador, Coletor-Filtrador, Coletor-Catador e Predador) seguindo as classificações de Cummins *et al.* (2005), Baptista *et al.* (2006), Valente-Neto & Fonseca-Gessner (2011), Shimano *et al.* (2012). Os táxons que poderiam pertencer a mais de um grupo funcional foram divididos igualmente entre as possíveis categorias tróficas.

4.3 Análise de dados

Os dados de abundância, riqueza de invertebrados e biomassa das comunidades totais foram comparados por análises de variância, utilizando como fatores os micro-habitats e as microbacias, seguido pelo teste de Tukey (Zar 2010). A mesma análise foi utilizada para comparar a biomassa e riqueza dos GTF. A similaridade entre os habitats e as microbacias estudadas foi avaliada por classificação hierárquica utilizando o método de agrupamento médio entre grupos (UPGMA) e a distância de Bray-Curtis com os dados de abundância logaritmizados ($\log x+1$). A biomassa relativa dos grupos tróficos funcionais (excluindo o caranguejo) foi comparada entre os diferentes microhabitats e microbacias e posteriormente a mesma análise foi realizada com a inclusão do caranguejo. As análises de Escalonamento multidimensional não-paramétrica (NMDS) utilizando a distância de Bray-curtis foram realizadas para verificar a variação da composição dos diferentes GTF nos diferentes riachos, micro-habitats e microbacias com os

dados de biomassa logaritmizados. A biomassa dos acúmulos de folhas não foi utilizada como um variável devido a análises prévias terem demonstrado que os valores não variaram entre microhabitats e microbacias ($p > 0,05$). Para verificar se algum táxon apresentou associação com algum tipo de habitat e micro-bacia, foi utilizada uma análise de espécies indicadoras (Indicator Value Method – IndVal, Dufrene & Legendre 1997), com nível de significância de 5%. As análises de variância e de espécies indicadoras foram realizadas utilizando o programa “R” (The R Development Core Team 2005). As análises de similaridade e NMDS foram realizadas utilizando do programa estatístico PRIMER 6.0.

5. RESULTADOS

No total foram encontrados 11.848 indivíduos pertencentes a 94 táxons. Os insetos foram dominantes em termos de número de táxons (86). A ordens de Insecta foram distribuídas em Coleoptera, Diptera, Trichoptera, Odonata, Hemiptera, Ephemeroptera, Lepidoptera, Blattodea, Neuroptera pertencentes a 12, 10, 10, 9, 5, 4, 1, 1, 1 famílias, respectivamente. Não foram observadas diferenças significativas nos valores de abundância total (ANOVA *two-way*: Microhabitat: $F = 1,381$, $p = 0,262$; Microbacia: $F = 0,956$, $p = 0,909$) (Figura 3.A) e riqueza taxonômica (ANOVA *two-way*: Microhabitat: $F = 0,364$, $p = 0,554$; Microbacia: $F = 0,726$, $p = 0,503$) (Figura 3.B) nos diferentes microhabitats e microbacias. No entanto, os valores de biomassa total nos remansos da microbacia do rio Dr. Robson foram maiores que os observados nas corredeiras das 3 microbacias estudadas (Figura 3.C).

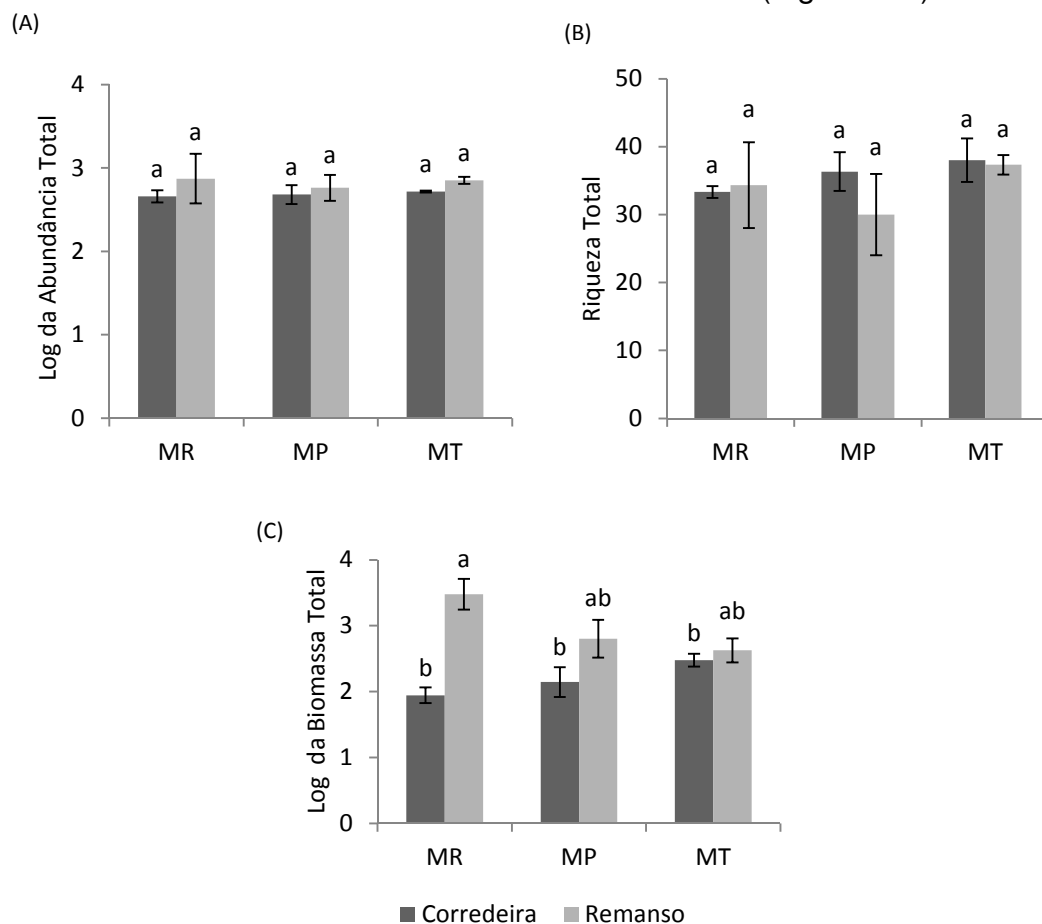


Figura 3: Valores de abundância, riqueza taxonômica e biomassa (Média ± EP) das comunidades de invertebrados aquáticos associadas a acúmulos de folhas em trechos de remanso e corredeira pertencentes a 3 microbacias da região central do

Estado do Espírito Santo. MR = microbacia do rio Dr Robson, MP = microbacia do rio da Prata (MP), MT = microbacia do rio Timbuí (MT).

Análise de agrupamento (UPGMA) demonstrou que as comunidades encontradas nos remansos e nas corredeiras das microbacias estudadas apresentaram uma similaridade mínima de 42% e formaram 2 grupos bem evidentes (Figura 4). Em cada um destes grupos, houve uma tendência das comunidades dos riachos da mesma microbacia em apresentar maiores valores de similaridade, evidenciando também a importância dos fatores regionais para a estrutura das comunidades de invertebrados associados a acúmulos de folhas.

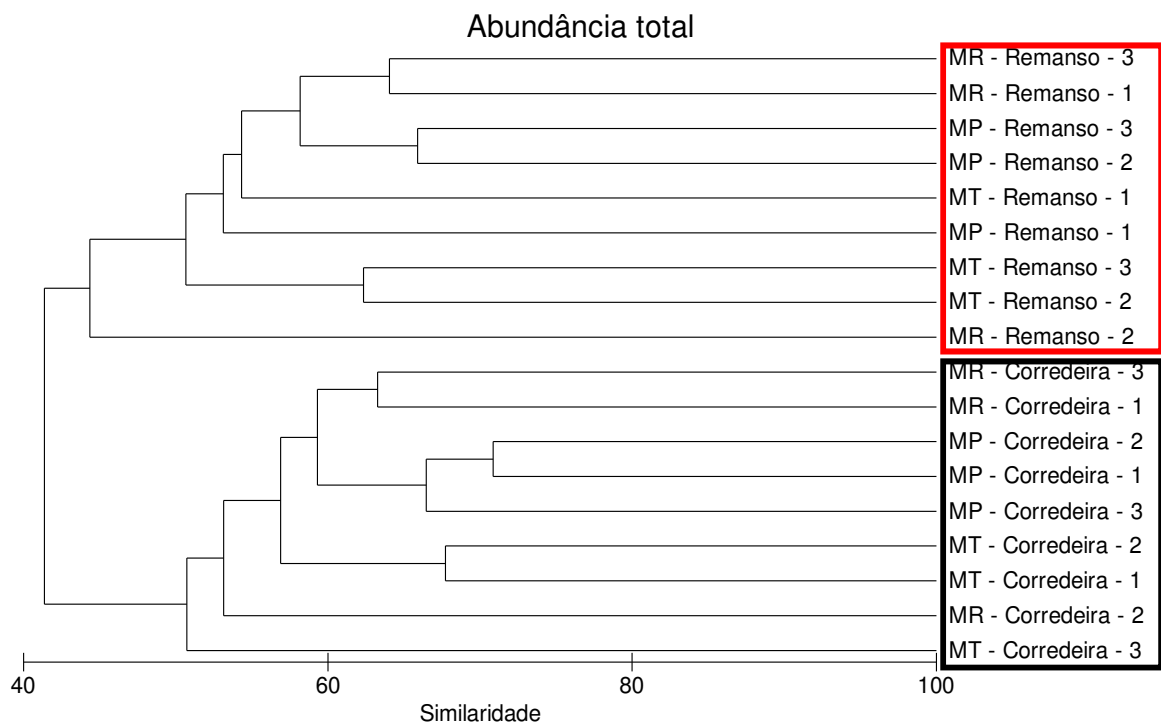


Figura 4: Análise de agrupamento (UPGMA) a partir dos dados de abundância total das comunidades de invertebrados aquáticos associadas a acúmulos de folhas em trechos de remanso e corredeira pertencentes a 3 microbacias da região central do Estado do Espírito Santo. MR = microbacia do rio Dr Robson, MP = microbacia do rio da Prata (MP), MT = microbacia do rio Timbuí (MT). Os retângulos indicam os grupos formados pelas comunidades encontradas nos trechos de remanso e corredeira.

A composição em grupos tróficos funcionais das comunidades de invertebrados variou entre os microhabitats e as microbacias estudadas (Figura 5). Os fragmentadores representaram 43% da biomassa relativa das comunidades encontradas nos remansos da microbacia do rio da Prata, sendo que os gêneros *Phylloicus* e *Triplectides* (Trichoptera) representaram, respectivamente, 15 e 25% da biomassa de invertebrados. Nas corredeiras das microbacias dos rios Dr. Robinson

e Timbuí, os fragmentadores foram responsáveis por 33 e 32% da biomassa das comunidades de invertebrados, sendo que a família Blaberidae (Blattodea) contribuiu com grande parte da biomassa de invertebrados encontrada nestas microbacias (24 e 29%, respectivamente). Os predadores foram muito representativos nos remansos das microbacias dos rios Dr. Robinson e Timbuí, onde representaram 67 e 80% da biomassa de invertebrados. O gênero *Kempnyia* (Plecoptera) representou 45% da biomassa nos trechos de corredeira e 41% nos remansos da microbacia do rio Timbuí. Quando o caranguejo *Trichodactylus fluviatilis* foi incluído nas análises de grupos tróficos, a biomassa dos predadores aumentou consideravelmente nas microbacias dos rios Dr. Robson (corredeira: 35 %, remanso: 99%) e Prata (corredeira: 61%, remanso: 93%). O grupo do coletores-catadores representou uma pequena parcela da biomassa das comunidades de invertebrados (3 a 15%), enquanto os coletores-filtradores foram mais representativos nas corredeiras do microbacia do rio da Prata (38%, Figura 5).

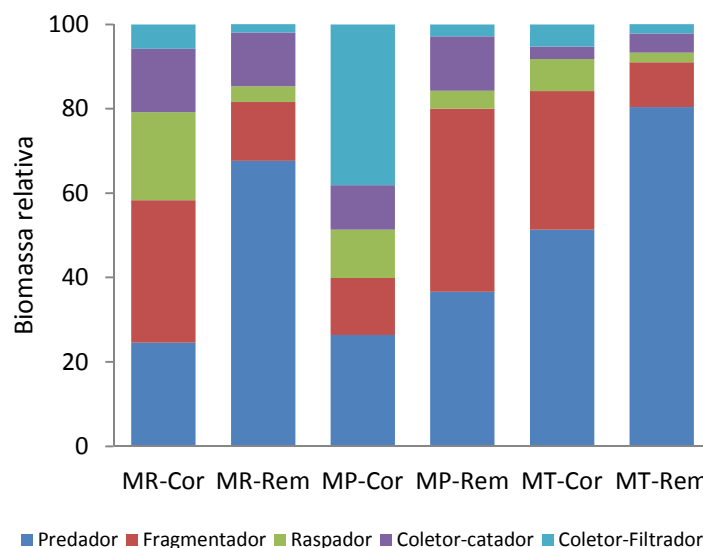


Figura 5: Biomassa relativa (%) dos grupos tróficos funcionais das comunidades de invertebrados aquáticos associadas a acúmulos de folhas em trechos de remanso e corredeira pertencentes a 03 microbacias da região central do Estado do Espírito Santo. MR = microbacia do rio Dr Robson, MP = microbacia do rio da Prata (MP), MT = microbacia do rio Timbuí (MT). Cor = corredeira. Rem = remanso.

Os valores de riqueza de todos os grupos tróficos funcionais não foram diferentes entre os microhabitats e microbacias. Para raspadores, fragmentadores e coletores-catadores não ocorreram diferenças nos valores de biomassa entre os fatores estudados. A biomassa de predador em remanso da microbacia do rio Dr Robson ($3,47 \pm 0,23$ mg) foi maior que as corredeiras das 3 microbacias (ANOVA

two-way: Microhabitat: $F = 12,216$, $p = 0,004$; Microbacia: $F = 22,944$, $p = 0,001$) (Figura 6.A). A biomassa de coletor-filtrador encontrado em corredeira da microbacia do rio da Prata ($1,53 \pm 0,02$ mg) foram maiores que os valores encontrados para todos os remansos e corredeira na microbacia do rio Dr Robson (ANOVA *two-way*: Microhabitat: $F = 18,052$ $p = 0,001$; Microbacia: $F = 7,303$, $p = 0,008$) (Figura 6.D).

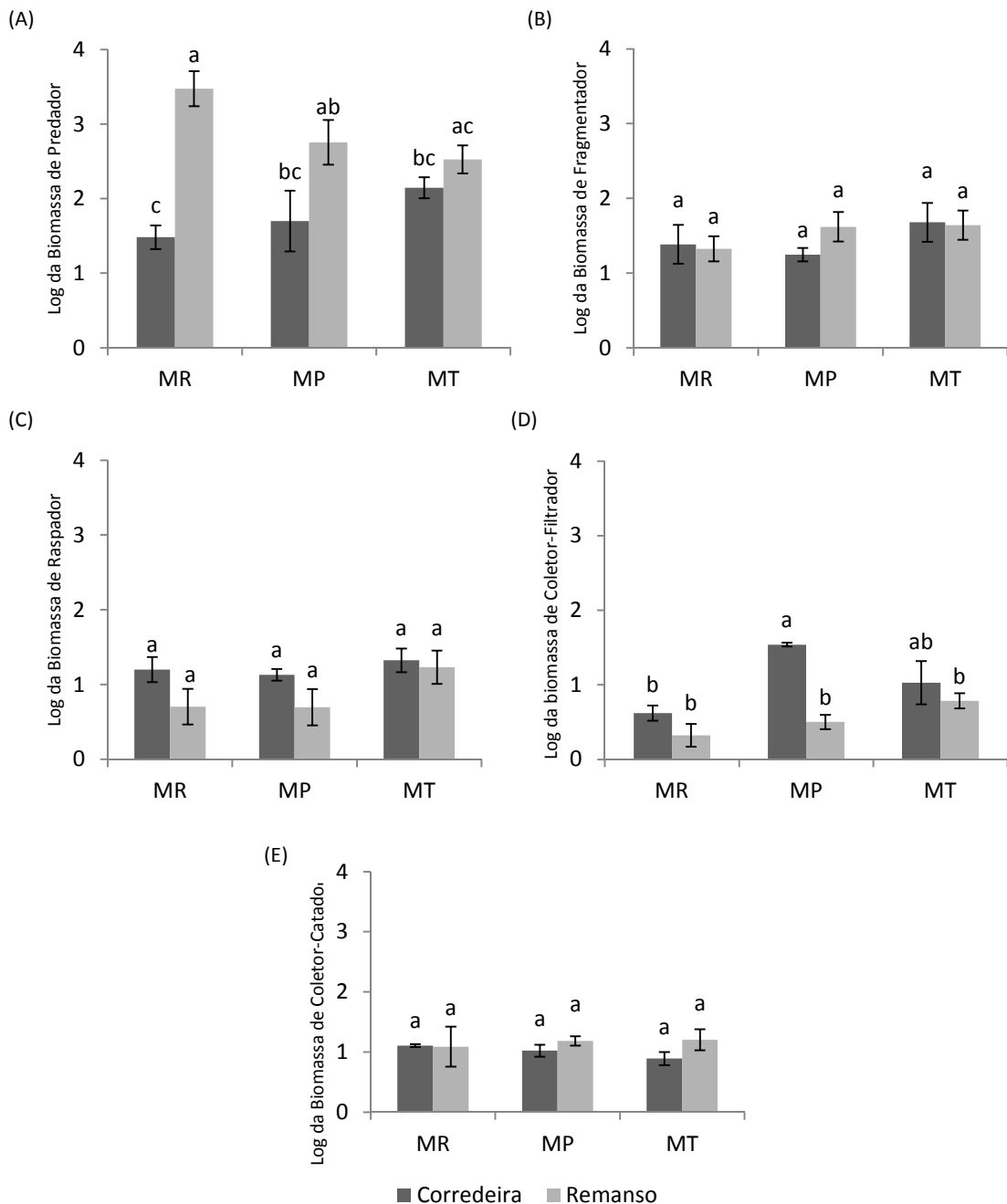


Figura 6: Valores de biomassa (Média \pm EP) dos grupos tróficos funcionais das comunidades de invertebrados aquáticos associadas a acúmulos de folhas em trechos de remanso e corredeira pertencentes a 03 microbasins da região central do Estado do Espírito Santo. MR = microbacia do rio Dr Robson, MP = microbacia do rio da Prata (MP), MT = microbacia do rio Timbuí (MT).

As análises de ordenação realizadas para cada GTF evidenciaram uma clara separação entre remanso e corredeira (Figura 7). Com exceção de coletor-catador, onde os táxons amostrados nas corredeiras da microbacia do rio Timbuí foram mais similares entre si, o padrão observado foi independente do microhabitat (Figura 7.E).

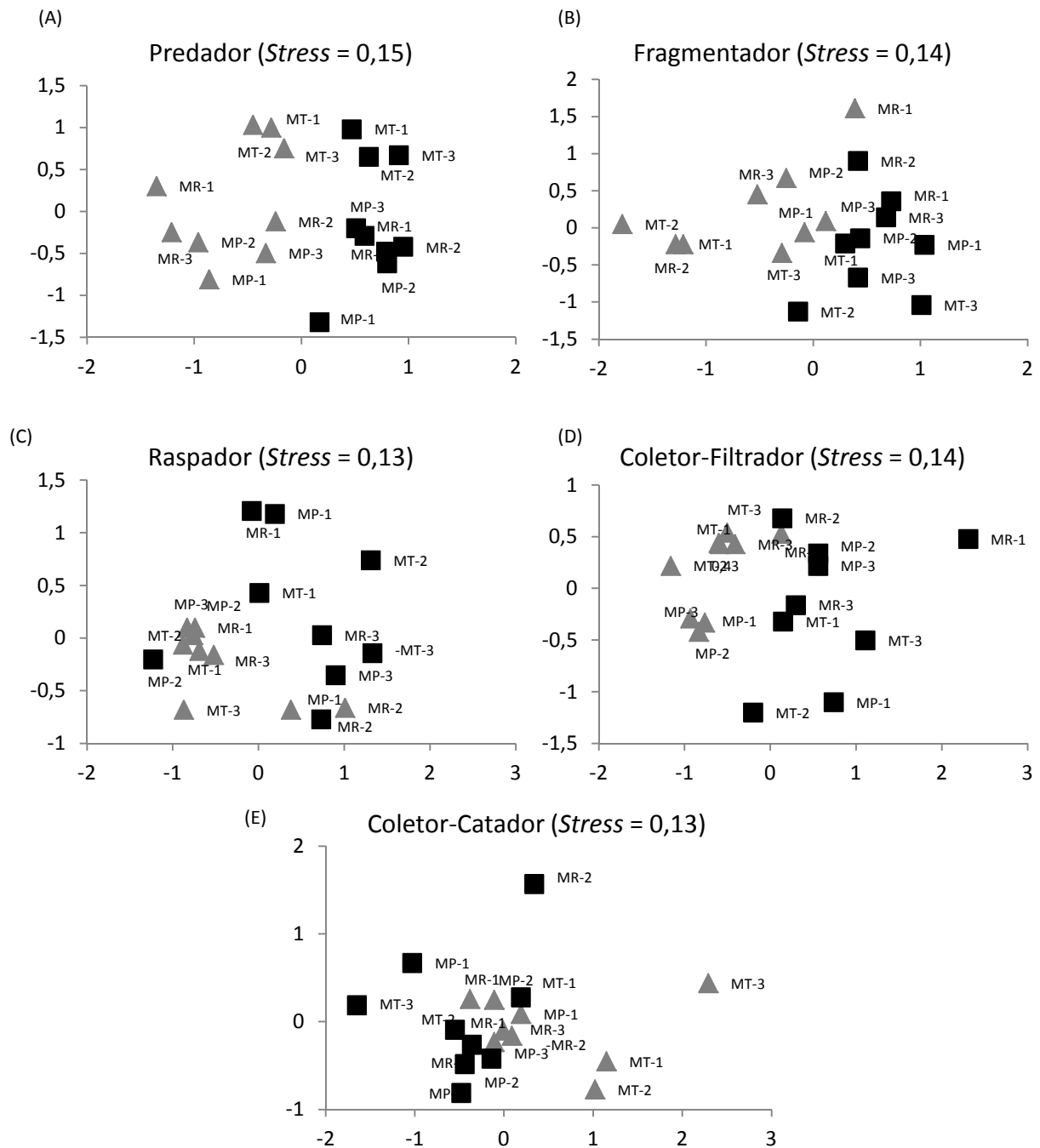


Figura 7: Escalonamento multidimensional não-paramétrica (NMDS) realizados com os valores de biomassa dos diferentes grupos tróficos funcionais encontrados associadas a acúmulos de folhas em trechos de remanso (Quadrado) e corredeira (Triângulo) pertencentes a 03 microbasins da região central do Estado do Espírito

Santo. MR = microbacia do rio Dr Robson, MP = microbacia do rio da Prata (MP), MT = microbacia do rio Timbuí (MT).

A análise de espécies indicadoras demonstrou que a maioria dos táxons foi indicador de apenas um tipo de microhabitat, podendo indicar mais de uma microbacia (Tabela II). Somente os gêneros *Kempnyia* e *Hexacylloepus* (larva) foram indicadores tanto de remansos quanto de corredeiras. O grupo coletor-catador foi o que apresentou o menor número de táxons indicadores enquanto o dos predadores foi o que apresentou o maior número (4 e 14 táxons, respectivamente). Entre os raspadores, 3 táxons de Elmidae (Coleoptera) adultos foram indicadores. Os táxons Blaberidae e *Notalina* foram indicadores das corredeiras e dos remansos da microbacia do rio Timbuí. Os táxons de Grypopterigidae (Plecoptera) foram indicadores de corredeiras enquanto *Phylloicus* e *Triplectides* foram indicadores de remansos. Todos os táxons da família Hydropsychidae (Trichoptera) indicaram corredeira. Os gêneros *Smicridea* e *Nectopsyche* foram indicadores de todos os remansos ou corredeiras das microbacias estudadas. Os crustáceos foram indicadores de remanso, sendo que a espécie de caranguejo *Trichodactylus fluviatilis* foi indicadora na microbacia do rio Dr. Robson e o camarão *Macrobrachium potiuna* foi da microbacia do rio da Prata. O gênero *Anacroneuria* (Plecoptera) foi indicador das corredeiras de todas as microbacias e os táxons de Odonata (*Neocordulia*, Aeshnidae, *Perilestes*) foram indicadores de remansos na microbacia do rio Timbuí.

Tabela 2: Resultados das análises de espécies indicadoras realizadas para as comunidades de invertebrados aquáticos associadas a acúmulos de folhas em trechos de remanso (Rem) e corredeira (Cor) pertencentes a 3 microbacias da região central do Estado do Espírito Santo. MR = microbacia do rio Dr Robson, MP = microbacia do rio da Prata (MP), MT = microbacia do rio Timbuí (MT). GTF = grupo trófico funcional.

GTF	Indicação	Táxon	Valor de Indicação	p*
Raspador	MR-Rem	Hidroptilidae	0,516	0,005
	MT-Cor	<i>Xenelmis</i> (adulto)	0,442	0,035
	MT-Rem	<i>Miroculis</i>	0,796	0,005
		<i>Askola</i>	0,616	0,005
	MP-Cor + MT-Cor	<i>Farrodes</i>	0,587	0,005
		<i>Neolmis</i> (adulto)	0,527	0,015
	MR-Cor + MP-Cor + MT-Cor	<i>Heterelmis</i> (adulto)	0,806	0,005
Fragmentador	MT-Cor	Blaberidae	0,635	0,005
		<i>Guaranyperla</i>	0,447	0,035
	MT-Rem	<i>Notalina</i>	0,665	0,005
	MP-Cor + MT-Cor	<i>Tupiperla</i>	0,848	0,005
		<i>Paragripopteryx</i>	0,444	0,04
	MP-Rem + MT-Rem	<i>Triplectides</i>	0,845	0,005
		<i>Ulmeritoides</i>	0,447	0,035
MR-Rem + MP-Rem + MT-Rem	<i>Phylloicus</i>	0,759	0,005	
Coletor-Catador	MT-Cor	Scirtidae	0,566	0,005
	MT-Rem	<i>Xenelmis</i> (larva)	0,689	0,005
	MR-Cor + MR-Rem	<i>Hexacylloepus</i> (larva)	0,644	0,005
	MR-Rem + MP-Rem	<i>Microcyllloepus</i> (larva)	0,469	0,025
Coletor-Filtrador	MP-Cor	<i>Leptonema</i>	0,422	0,2
	MR-Cor + MP-Cor	<i>Chimarra</i>	0,469	0,025
	MR-Rem + MT-Rem	Culicidae	0,542	0,01
	MP-Cor + MT-Cor	Simuliidae	0,896	0,005
		<i>Macrostemum</i>	0,483	0,015
	MR-Cor + MP-Cor + MT-Cor	<i>Smicridea</i>	0,76	0,005
	MR-Rem + MP-Rem + MT-Rem	<i>Nectopsyche</i>	0,684	0,005
Predador	MR-Rem	<i>Trichodactylus fluviatilis</i>	0,83	0,005
	MP-Cor	<i>Atopsyche</i>	0,447	0,025
	MP-Rem	<i>Heteragrion</i>	0,815	0,005
		<i>Macrobrachium potiuna</i>	0,447	0,02
	MT-Cor	Hidrophilidae (larva)	0,451	0,015
	MT-Rem	<i>Neocordulia</i>	0,632	0,005
		Aeshnidae	0,567	0,005
		<i>Perilestes</i>	0,516	0,01
	MR-Cor + MT-Cor	Staphylinidae	0,508	0,04
	MT-Cor + MT-Rem	<i>Kempnyia</i>	0,967	0,005
	MR-Cor + MP-Cor + MT-Cor	<i>Anacroneuria</i>	0,749	0,005
	MR-Rem + MP-Rem + MT-Rem	Tanypodinae	0,933	0,005
		Gomphidae	0,596	0,005
	<i>Oecetis</i>	0,471	0,471	

6. DISCUSSÃO

Os microhabitats foram determinantes para estrutura das comunidades de invertebrados associados a acúmulos de folhas, sendo que as diferentes microbacias estudadas tiveram uma menor influência. Os resultados obtidos corroboram a hipótese proposta, uma vez que as condições ambientais locais, i.e. os microhabitats, foram mais importantes para a estrutura das comunidades de invertebrados. Este mesmo padrão já foi observado para comunidades de invertebrados em riachos temperados (Heino & Mykrä 2008; Hoverman *et al.* 2011) e de Mata Atlântica (Costa & Melo 2008), Cerrado (Ligeiro *et al.* 2013) e para táxons da ordem Trichoptera em riachos Amazônicos (Landeiro *et al.* 2012).

Os acúmulos de folhas formados em trechos sob diferentes condições hidrológicas oferecem microhabitats com características contrastantes que podem limitar e/ou influenciar a colonização por invertebrados aquáticos (Buss *et al.* 2004; Crisci-bispo, Bispo & Froehlich 2007; Kobayashi & Kagaya 2009; Rosa, de Oliveira & Alves 2011; Segura *et al.* 2012). Muitos táxons de invertebrados possuem adaptações morfológicas e fisiológicas para habitar amplitudes estreitas de condições hidrológicas. Dessa forma, nem todos os acúmulos de folhas disponíveis em um determinado riacho podem ser adequados para a colonização de todos os organismos, apesar do substrato em si poder ser bastante semelhante (Allan & Castillo 2007). Segundo Kobayashi & Kagaya (2004), acúmulos de folhas em corredeiras favorecem a colonização de alguns táxons devido à maior disponibilidade de oxigênio dissolvido. Tal fato foi corroborado no presente estudo, onde a maioria dos táxons da ordem Plecoptera foi indicadora somente de trechos de corredeira. Além disso, as características destes trechos favorecem a obtenção de matéria orgânica particulada fina da coluna de água, resultando em uma maior abundância de organismos coletores-filtradores associados aos acúmulos de folhas (Wallace & Merritt 1980; McCreadie & Adler 2012; Figueiró *et al.* 2012).

Os trechos de remanso constituem habitats mais adequados para a permanência de alguns táxons que não necessitam de elevadas concentrações de oxigênio dissolvido (Kobayashi & Kagaya 2004, 2009). Além disso, a maior velocidade da água pode dificultar a fixação de alguns organismos. Isto pode estar relacionado ao fato de que os gêneros de Trichoptera *Phylloicus*, *Triplectides*,

Nectopsyche e *Notalina* terem sido indicadores de remansos, corroborando os resultados obtidos por Buss *et al.* (2004), Crisci-bispo *et al.* (2007a), Oliveira & Nessimian (2010) e Landeiro *et al.* (2010). Possivelmente, o tamanho e o formato dos casulos destes organismos dificultam sua fixação em locais com maior fluxo de água.

A menor influência dos fatores regionais, i.e. das microbacias, na estrutura das comunidades de invertebrados pode ser devida a fatores espaciais (Hepp, Landeiro & Melo, 2012), uma vez que os invertebrados aquáticos possuem diferentes capacidades de dispersão entre os corpos d'água (Alp *et al.* 2012). Os insetos aquáticos, por possuírem uma fase adulta voadora, poderiam colonizar diferentes microbacias, diminuindo consideravelmente as barreiras geográficas da dispersão (Bilton *et al.* 2001; Watanabe *et al.* 2010). Porém, sabe-se as espécies voadoras possuem diferentes mobilidades (Bohonak & Jenkins 2003; Hughes *et al.* 2011). Um outro fator que poderia ajudar a homogeneizar as comunidades das mesmas microbacias é a dispersão por *drift*, de montante para jusante, que é realizada por muitos táxons (Waters 1972; Downes & Lancaster 2010).

Os maiores valores de biomassa encontrados nos remansos da microbacia do rio Dr. Robinson, em relação às corredeiras de todas as microbacias estudadas, foi possivelmente devido à presença do caranguejo *Trichodactylus fluviatilis* que, apesar da sua baixa abundância, possui indivíduos com grande peso corporal. A estimativa da densidade populacional de grandes crustáceos é mais difícil tanto pela capacidade destes animais em escapar das redes coletoras durante a amostragem (Magana *et al.* 2012) quanto pelo seu hábito de vida noturno (Melo 2003), que faz com que os indivíduos permaneçam escondidos em rochas e troncos sobre o leito dos riachos durante as coletas.

A distribuição dos táxons de invertebrados pertencentes aos diferentes grupos tróficos funcionais também foi determinada pelos microhabitats. O grupo do coletores-catadores foi o único onde este padrão não foi bem nítido. Isto provavelmente está associado ao fato da maioria dos táxons abundantes e de maior biomassa possuírem hábitos mais generalistas, como as larvas de Chironominae e *Heterelmis* (Sanseverino & Nessimian 2008; Rosa *et al.* 2011; Segura *et al.* 2012). Além disso, a disponibilidade de matéria orgânica particulada fina no substrato é mais homogênea nos diferentes microhabitats de riachos neotropicais (Tomanova,

Goitia & Helešić 2006), tanto pelo fato das maiores temperaturas favorecerem a participação de microorganismos no processo de decomposição foliar (Mathuriau & Chauvet 2002; Gonçalves, Graça & Callisto 2006) quanto pela ausência de sazonalidade no aporte de folhas da vegetação ripária para os estoques bênticos destes riachos (Gonçalves, França & Callisto 2006; Gonçalves & Callisto 2013). A maior similaridade dos táxons de coletores-catadores encontrados nas corredeiras da microbacia do rio Timbuí foi devido aos menores valores de biomassa de Chironominae e maiores valores de *Phanocerus* e Scirtidae. Esses últimos dois táxons são característicos de locais com alto fluxo de água (Segura *et al.* 2012).

O predomínio de organismos coletores-filtradores nas corredeiras da microbacia do rio da Prata se deveu, possivelmente, a maior velocidade da água observada nos riachos desta microbacia que favoreceu a obtenção de alimento por estes organismos. Os táxons da família Hydropsychidae foram indicadores das corredeiras por construírem teias para a captura de matéria orgânica partícula fina da coluna de água (Cardinale, Gelmann & Palmer 2004). Porém, em riachos da Colômbia foi verificado que os gêneros *Smicredea* e *Leptonema* também podem atuar como fragmentadores de matéria orgânica (Chará-Serna *et al.* 2010; Chará-Serna 2012).

A menor biomassa de organismos raspadores nas comunidades estudadas pode estar relacionada ao menor crescimento do perifíton em riachos sombreados pela vegetação ripária (Vannote *et al.* 1980). No entanto, mesmo sendo pequena, a produção autóctone em riachos sombreados, pode ser de extrema importância energética para os organismos consumidores, por proporcionarem melhores taxas de assimilação em comparação aos detritos mais refratários (Lau, Leung & Dudgeon 2009). No presente estudo, foi observado que os adultos de Elmidae foram indicadores das corredeiras enquanto algumas larvas foram indicadoras de trechos de remanso. Este fato reforça a necessidade de se contabilizar separadamente os organismos nas fases de larva e adulta de determinados táxons (Oliveira & Nessimian 2010; Gonçalves *et al.* 2012; Segura *et al.* 2012), uma vez que os diferentes estágios podem possuir diferentes estratégias de alimentação (Cummins *et al.* 2005; Tomanova *et al.* 2006; Chará-Serna *et al.* 2012) e distribuição espacial.

Os maiores valores de biomassa de predadores encontrados nos remansos da microbacia do rio Dr. Robinson foram proporcionados pela presença de *Trichodactylus fluviatilis*. A ausência desta espécie de caranguejo na microbacia do rio Timbuí foi compensada pela elevada abundância do gênero *Kempnyia*, que possui organismos com grande tamanho corporal. A participação relativa dos predadores em termos de biomassa foi maior que a sua abundância, sugerindo a existência de uma possível pirâmide invertida nas cadeias tróficas das comunidades estudadas. Cheshire, Boyero & Pearson (2005) sugeriram que existe uma alta rotatividade de espécies de níveis tróficos inferiores. No entanto, esta hipótese ainda precisa ser melhor avaliada. O grupo dos predadores apresentou um grande número de táxons indicadores, sendo que muitos táxons indicaram apenas uma microbacia e um microhabitat. Estes resultados sugerem que a distribuição dos táxons deste grupo trófico podem ser influenciados por variáveis ambientais mais específicas que os demais grupos. Como foi demonstrado por Buss *et al.* (2004), Crisci-bispo *et al.* (2007) e Oliveira & Nessimian (2010), o gênero *Anacroneuria* foi indicador das corredeiras de todas as microbacias, demonstrando que este táxon pode ter grande importância nas interações predador-presa nesse tipo de microhabitat devido a sua maior abundância e por apresentar um grande tamanho corporal.

Apesar dos valores de biomassa de fragmentadores terem sido semelhantes entre os microhabitats e as microbacias, a composição taxonômica foi diferente, evidenciando que o papel destes organismos na decomposição foliar dos ecossistemas estudados pode estar sendo realizado por diferentes táxons, como também foi observado por Kobayashi & Kagaya (2005). O fato dos gêneros *Phylloicus* e *Triplectides* terem sido indicadores de remansos pertencentes a diferentes microbacias provavelmente está relacionado à qualidade/palatabilidade das folhas disponíveis no substrato destes riachos (Motomori, Mitsunashi & Nakano 2001; Swan & Palmer 2006; Camacho, Boyero & Cornejo 2009). Além disso, a maior pressão de predação na microbacia do rio Dr. Robinson, causada principalmente por caranguejos e por peixes insetívoros do gênero *Trichomycterus* (Rolla, Esteves & Ávila-da-Silva 2009), pode ter afetado as populações destes dois táxons de forma diferente. É possível que as larvas de *Phylloicus* sejam mais difíceis de serem encontradas por estes predadores, visto que seus casulos são construídos com pedaços de folhas. Os resultados de Boyero, Rincón & Bosch (2006) e Boyero (2011) demonstram que a morfologia e o tipo de material utilizado na construção do

casulo pode influenciar sua capacidade de proteção contra predadores. A predação pode ser um importante fator para a distribuição de fragmentadores associados a acúmulos de folhas (Mcintosh *et al.* 2005; Boyero, Rincón & Pearson 2007).

As baratas semi-aquáticas da ordem Blattodea foram encontradas apenas nas comunidades amostradas nas corredeiras das microbacias dos rios Dr. Robinson e Timbuí, corroborando os resultados obtidos por Buss *et al.* (2004). A ausência destes organismos nos trechos de remanso provavelmente se deve à sua preferência por acúmulos de folhas situados em locais próximos a superfície a fim de facilitar a obtenção de oxigênio atmosférico. Por serem grandes, estes organismos podem se alimentar de uma maior diversidade de folhas do que os fragmentadores de menor tamanho (Yule *et al.* 2009). Desta forma, é possível que o papel desses organismos na estrutura das comunidades de invertebrados e no processo de decomposição foliar pode estar sendo subestimado em riachos tropicais, uma vez que estes organismos apresentam grande mobilidade (Bell, Roth & Nalepa 2007; Yule *et al.* 2009) e são dificilmente capturados.

No Brasil, os organismos fragmentadores têm sido encontrados em menor abundância em riachos do Cerrado (Moretti *et al.* 2007; Gonçalves *et al.* 2012) e da Mata Atlântica (Uieda & Motta 2007; Moulton *et al.* 2009; Oliveira & Nessimian 2010), corroborando a hipótese de que estes organismos seriam mais escassos na região tropical (Irons *et al.* 1994). Por outro lado, em alguns riachos tropicais foram encontradas elevadas abundâncias de fragmentadores (Cheshire *et al.* 2005; Yule *et al.* 2009). Na Amazônia os gêneros *Triplectides*, *Phylloicus* (Trichoptera) e *Stenochironomus* foram abundantes nas comunidades associadas a folhas de uma espécie de maior palatabilidade (Landeiro, Hamada & Melo 2008a; Landeiro *et al.* 2010). O presente estudo demonstrou que os fragmentadores não são raros nos riachos de Mata Atlântica do sudeste do Brasil e, em termos de biomassa, sua participação relativa é comparável a encontrada em outras regiões tropicais onde estes organismos foram considerados representativos (Cheshire *et al.* 2005; Chara *et al.* 2007; Yule *et al.* 2009).

A análise de espécies indicadoras demonstrou que a maioria dos táxons indicou apenas um tipo de microhabitat, independentemente da microbacia. Estes resultados estão de acordo com o que foi demonstrado por Buss *et al.* (2004), Crisci-bispo *et al.* (2007) e Oliveira & Nessimian (2010), onde a maioria dos táxons

indicadores em bancos de folhas foram diferentes em trechos de corredeira e remansos. Apesar da riqueza taxonômica não ter sido diferente entre microhabitats e microbacias a identidade dos táxons pode ser de grande importância para a conservação de algumas espécies, conforme observado para o camarão *Macrobrachium potiuna* que está na lista de espécies ameaçadas do Espírito Santo (Passamani & Mendes 2007) e que foi amostrado apenas na microbacia do rio da Prata. Além disso, conforme observado por Cohen, Jonsson & Carpenter (2003) e Boyero & Pearson (2006) a identidade dos táxons pode ser importante para o entendimento de determinados processos ecológicos como a decomposição de matéria orgânica.

Concluindo, a maior influência dos microhabitats na estrutura das comunidades de invertebrados em relação as microbacias sugere que a distância entre as microbacias estudadas não foi suficiente para criar barreiras geográficas para a maioria dos táxons encontrados, permitindo sua dispersão e colonização nos riachos das diferentes regiões. No entanto, é possível que a distribuição de alguns táxons esteja também relacionada a interações bióticas, como a predação, entre os próprios invertebrados e alguns vertebrados, como os peixes. É provável que os fragmentadores possuam um papel fundamental na decomposição foliar nos riachos estudados, contrariando a maioria dos estudos que avaliaram esse processo ecológico no Brasil. Os resultados demonstram ainda a importância da heterogeneidade ambiental, mesmo em pequenas escalas espaciais, para a estrutura das comunidades de invertebrados aquáticos. A manutenção dessa heterogeneidade é fundamental para a conservação da biodiversidade em riachos de Mata Atlântica.

7. PERSPECTIVAS FUTURAS

Após a conclusão do Curso de Mestrado, serão elaborados novos projetos para responder alguns pontos que foram levantados a partir dos resultados desta dissertação. Estes projetos serão direcionados pelos seguintes objetivos:

- Avaliar a decomposição foliar em trechos de remansos e corredeiras de diferentes riachos.
- Avaliar o papel dos macroconsumidores no processamento de matéria orgânica.
- Avaliar o efeito da exclusão do *Trichodactylus fluviatilis* e *Macrobrachium potiuna* nas comunidades de invertebrados aquáticos.
- Verificar a influência do táxon Blaberidae no processo de decomposição de matéria orgânica.
- Verificar se a qualidade nutricional dos detritos foliares influencia a distribuição dos invertebrados fragmentadores.
- Avaliar o conteúdo estomacal dos táxons possíveis de pertencer ao grupo trófico do fragmentador.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allan J.D. & Castillo M.M. (2007) *Stream Ecology: Structure and Function of Running Waters*.
- Alp M., Keller I., Westram A.M. & Robinson C.T. (2012) How river structure and biological traits influence gene flow: a population genetic study of two stream invertebrates with differing dispersal abilities. *Freshwater Biology* **57**, 969–981.
- Baptista D.F., Buss D.F., Dias L.G., Nessimian J.L., Silva E.R. Da & Neto A.H.A.D.M. (2006) Functional feeding groups of Brazilian Ephemeroptera nymphs : ultrastructure of mouthparts. *Annales de Limnologie - International Journal of Limnology* **42**, 87–96.
- Bell W.J., Roth L.M. & Nalepa C.A. (2007) *Cockroaches: Ecology, Behavior and Natural History*.
- Bilton D.T., Freeland J.R., Okamura B. & Freeland R. (2001) Dispersal In Freshwater Invertebrates. *Annual Review of Ecology and Systematics* **32**, 159–181.
- Bohonak A.J. & Jenkins D.G. (2003) Ecological and evolutionary significance of dispersal by freshwater invertebrates. *Ecology Letters* **6**, 783–796.
- Bonada N., Prat N., Resh V.H. & Statzner B. (2006) Developments in Aquatic Insect Biomonitoring: A Comparative Analysis of Recent Approaches. *Review Literature And Arts Of The Americas* **51**, 495–523.
- Boyero L. (2011) Expression of a behaviourally mediated morphology in response to different predators. *Ecological Research* **26**, 1065–1070.
- Boyero L. (2005) Multiscale variation in the functional composition of stream macroinvertebrate communities in low-order mountain streams. *Limnetica* **24**, 245–250.
- Boyero L. (2003) The quantification of local substrate heterogeneity in streams and its significance for macroinvertebrate assemblages. *Hydrobiologia*, 161–168.
- Boyero L. & Bosch J. (2004) The effect of riffle-scale environmental variability on macroinvertebrate assemblages in a tropical stream. *Hydrobiologia* **524**, 125–132.
- Boyero L. & Pearson R.G. (2006) Intraspecific interference in a tropical stream shredder guild. *Marine And Freshwater Research* **57**, 201–206.
- Boyero L., Rincón P. a. & Pearson R.G. (2007) Effects of a predatory fish on a tropical detritus-based food web. *Ecological Research* **23**, 649–655.

- Boyero L., Rincón P.A. & Bosch J. (2006) Case selection by a limnephilid caddisfly [Potamophylax latipennis (Curtis)] in response to different predators. *Behavioral Ecology and Sociobiology* **59**, 364–372.
- Buss D.F., Baptista D.F., Nessimian J.L. & Egler M. (2004) Substrate specificity, environmental degradation and disturbance structuring macroinvertebrate assemblages in neotropical streams. *Hydrobiologia* **518**, 179–188.
- Camacho R., Boyero L. & Cornejo A. (2009) Local variation in shredder distribution can explain their oversight in tropical streams. *Biotropica* **41**, 625–632.
- Cardinale B.J., Gelmann E.R. & Palmer M. a. (2004) Net spinning caddisflies as stream ecosystem engineers: the influence of Hydropsyche on benthic substrate stability. *Functional Ecology* **18**, 381–387.
- Chara J., Baird D., Telfer T. & Giraldo L. (2007) A Comparative Study of Leaf Breakdown of Three Native Tree Species in a Slowly-Flowing Headwater Stream in the Colombian Andes. *International Review of Hydrobiology* **92**, 183–198.
- Chará-serna A.M., Chará J.D., Zúñiga C., Pedraza G.X. & Giraldo L.P. (2010) Clasificación trófica de insectos acuáticos en ocho quebradas protegidas de la ecorregión cafetera colombiana. *Universitas Scientiarum* **15**, 27–36.
- Chará-Serna A.M., Chara J.D., Zuniga M.D.C., Pearson R.G. & Boyero L. (2012) Diets of leaf litter-associated invertebrates in three tropical streams. *Annales de Limnologie - International Journal of Limnology* **10**.
- Cheshire K., Boyero L. & Pearson R.G. (2005) Food webs in tropical Australian streams: shredders are not scarce. *Freshwater Biology* **50**, 748–769.
- Chown S.L. & Gaston K.J. (2010) Body size variation in insects: a macroecological perspective. *Biological reviews of the Cambridge Philosophical Society* **85**, 139–69.
- Cogo G.B. & Santos S. (2013) The role of aeglids in shredding organic matter in neotropical streams. *Journal of Crustacean Biology* **00**, 1–8.
- Cohen J.E., Jonsson T. & Carpenter S.R. (2003) Ecological community description using the food web, species abundance, and body size. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **100**, 1781–6.
- Costa S.S. & Melo A.S. (2008) Beta diversity in stream macroinvertebrate assemblages : among-site and among-microhabitat components. *Hydrobiologia* **598**, 131–138.
- Cressa C. (1999) Dry mass estimates of some tropical aquatic insects. *Revista de Biología Tropical* **47**, 133–141.
- Crisci-bispo V.L., Bispo P.C. & Froehlich C.G. (2007) Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera assemblages in litter in a mountain stream of the Atlantic Rainforest from Southeastern Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia* **24**, 545–551.

- Cummins K.W. (1973) Trophic relations of aquatic insects. *Annual review of entomology* **18**, 183–206.
- Cummins K.W., Merritt R.W. & Andrade P.C.N. (2005) The use of invertebrate functional groups to characterize ecosystem attributes in selected streams and rivers in south Brazil. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* **40**, 69–89.
- Cummins K.W., Petersen R.C. & Howard (1973) The utilization of leaf litter by stream detritivores. *Ecology* **54**, 336–345.
- Downes B.J. & Lancaster J. (2010) Does dispersal control population densities in advection-dominated systems? A fresh look at critical assumptions and a direct test. *The Journal of animal ecology* **79**, 235–48.
- Dufrêne M. & Legendre P. (1997) Species assemblages and indicator species: The need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs* **67**, 345–366.
- Ferrier S. (2002) Mapping spatial pattern in biodiversity for regional conservation planning: where to from here? *Systematic biology* **51**, 331–63.
- Figueiró R., Gil-Azevedo L.H., Maia-Herzog M. & Monteiro R.F. (2012) Diversity and microdistribution of black fly (Diptera: Simuliidae) assemblages in the tropical savanna streams of the Brazilian cerrado. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* **107**, 362–9.
- Gonçalves J.F. & Callisto M. (2013) Organic-matter dynamics in the riparian zone of a tropical headwater stream in Southern Brasil. *Aquatic Botany* **109**, 8–13.
- Gonçalves J.F., Rezende R., França J. & Callisto M. (2012) Invertebrate colonisation during leaf processing of native, exotic and artificial detritus in a tropical stream. *Marine and Freshwater* **63**, 428–439.
- Gonçalves J.F.J., França J.S. & Callisto M. (2006a) Dynamics of Allochthonous Organic Matter in a Tropical Brazilian Headstream. *Brazilian Archives of Biology and Technology* **49**, 967–973.
- Gonçalves J.F.J., Graça M.A.S. & Callisto M. (2006b) Leaf-litter breakdown in 3 streams in temperate, Mediterranean, and tropical Cerrado climates. *Journal National American Benthological Society* **25**, 344–355.
- Heino J. & Mykrä H. (2008) Control of stream insect assemblages: roles of spatial configuration and local environmental factors. *Ecological Entomology* **33**, 614–622.
- Hepp L.U., Landeiro V.L. & Melo A.S. (2012) Experimental Assessment of the Effects of Environmental Factors and Longitudinal Position on Alpha and Beta Diversities of Aquatic Insects in a Neotropical Stream. *International Review of Hydrobiology* **97**, 157–167.
- Hoover T.M., Marczak L.B., Richardson J.S. & Yonemitsu N. (2010) Transport and settlement of organic matter in small streams. *Freshwater Biology* **55**, 436–449.

- Hoover T.M., Richardson J.S. & Yonemitsu N. (2006) Flow-substrate interactions create and mediate leaf litter resource patches in streams. *Freshwater Biology* **51**, 435–447.
- Hoverman J.T., Davis C.J., Werner E.E., Skelly D.K., Relyea R. a. & Yurewicz K.L. (2011) Environmental gradients and the structure of freshwater snail communities. *Ecography* **34**, 1049–1058.
- Hughes J.M., Huey J. a., McLean A.J. & Baggiano O. (2011) Aquatic Insects in Eastern Australia: A Window on Ecology and Evolution of Dispersal in Streams. *Insects* **2**, 447–461.
- Irons J.G., Oswood M.W., Stout R.J. & Pringle C.M. (1994) Latitudinal patterns in leaf litter breakdown: is temperature really important? *Freshwater Biology* **32**, 401–411.
- Jinggut T., Yule C.M. & Boyero L. (2012) Stream ecosystem integrity is impaired by logging and shifting agriculture in a global megadiversity center (Sarawak, Borneo). *The Science of the total environment* **437**, 83–90.
- Kearney M. & Porter W. (2009) Mechanistic niche modelling: combining physiological and spatial data to predict species' ranges. *Ecology letters* **12**, 334–50.
- Kobayashi S. & Kagaya T. (2009) Colonization of leaf patches at topographically different locations by insect shredders in a small mountain stream. *Journal of the North American Benthological Society* **10**, 143–147.
- Kobayashi S. & Kagaya T. (2005) Hot spots of leaf breakdown within a headwater stream reach: comparing breakdown rates among litter patch types with different macroinvertebrate assemblages. *Freshwater Biology* **50**, 921–929.
- Kobayashi S. & Kagaya T. (2004) Litter patch types determine macroinvertebrate assemblages in pools of a Japanese headwater stream. *Journal National American Benthological Society* **23**, 78–89.
- Landeiro V.L., Bini L.M., Melo A.S., Pes A.M.O. & Magnusson W.E. (2012) The roles of dispersal limitation and environmental conditions in controlling caddisfly (Trichoptera) assemblages. *Freshwater Biology* **57**, 1554–1564.
- Landeiro V.L., Hamada N., Godoy B.S. & Melo A.S. (2010) Effects of litter patch area on macroinvertebrate assemblage structure and leaf breakdown in Central Amazonian streams. *Hydrobiologia* **649**, 355–363.
- Landeiro V.L., Hamada N. & Melo A.S. (2008a) Responses of aquatic invertebrate assemblages and leaf breakdown to macroconsumer exclusion in Amazonian “terra firme” streams. *Archiv für Hydrobiologie* **172**, 49–58.
- Landeiro V.L., Hamada N. & Melo A.S. (2008b) Responses of aquatic invertebrate assemblages and leaf breakdown to macroconsumer exclusion in Amazonian “terra firme” streams. *Fundamental and Applied Limnology / Archiv für Hydrobiologie* **172**, 49–58.

- Landeiro V.L., Pepinelli M. & Hamada N. (2009) Species richness and distribution of blackflies (Diptera: Simuliidae) in the Chapada Diamantina region, Bahia, Brazil. *Neotropical entomology* **38**, 332–9.
- Lau D.C.P., Leung K.M.Y. & Dudgeon D. (2009) Are autochthonous foods more important than allochthonous resources to benthic consumers in tropical headwater streams? *Journal of the North American Benthological Society* **28**, 426–439.
- Ligeiro R., Hughes R.M., Kaufmann P.R., Macedo D.R., Firmiano K.R., Ferreira W.R., *et al.* (2013) Defining quantitative stream disturbance gradients and the additive role of habitat variation to explain macroinvertebrate taxa richness. *Ecological Indicators* **25**, 45–57.
- Ligeiro R., Melo A.S. & Callisto M. (2010a) Spatial scale and the diversity of macroinvertebrates in a Neotropical catchment. *Freshwater Biology* **55**, 424–435.
- Ligeiro R., Moretti M., Jr J.G. & Callisto M. (2010b) What is more important for invertebrate colonization in a stream with low-quality litter inputs: exposure time or leaf species? *Hydrobiologia*.
- Magana A.M., Dobson M. & Mathooko J.M. (2012) Modifying Surber sampling technique increases capture of freshwater crabs in African upland streams. *Inland Waters* **2**, 11–15.
- Mathuriau C. & Chauvet E. (2002) Breakdown of leaf litter in a neotropical stream. *Journal National American Benthological Society* **21**, 384–396.
- McCreadie J.W. & Adler P.H. (2012) The roles of abiotic factors, dispersal, and species interactions in structuring stream assemblages of black flies (Diptera: Simuliidae). *Aquatic biosystems* **8**, 14.
- McGill B.J., Enquist B.J., Weiher E. & Westoby M. (2006) Rebuilding community ecology from functional traits. *Trends in ecology & evolution* **21**, 178–85.
- Mcintosh A.R., Greig H.S., Mcmurtrie S. a., Nystrom P. & Winterbourn M.J. (2005) Top-down and bottom-up influences on populations of a stream detritivore. *Freshwater Biology* **50**, 1206–1218.
- Melo G.A.S. (2003) *Manual de identificação dos Crustacea Decapoda de água doce do Brasil*.
- Mendes S.L. & Padovan M.P. (2000) A Estação Biológica de Santa Lúcia, Espírito Santo. *Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão* **11**, 7–34.
- Moretti M.S., Gonçalves J.F., Ligeiro R. & Callisto M. (2007) Invertebrates Colonization on Native Tree Leaves in a Neotropical Stream (Brazil). *International Review of Hydrobiology* **92**, 199–210.

- Motomori K., Mitsuhashi H. & Nakano S. (2001) Influence of leaf litter quality on the colonization and consumption of stream invertebrate shredders. *Ecological Research* **16**, 173–182.
- Moulton T.P., Magalhães-Fraga S. a. P., Brito E.F. & Barbosa F. a. (2009) Macroconsumers are more important than specialist macroinvertebrate shredders in leaf processing in urban forest streams of Rio de Janeiro, Brazil. *Hydrobiologia* **638**, 55–66.
- Mugnai R., Nessimian J.L. & Baptista D.F. (2009) *Manual de Identificação de Macroinvertebrados Aquáticos do Estado do Rio de Janeiro*. Technical Books Editora, Rio de Janeiro.
- Myers N., Mittermeier R. a, Mittermeier C.G., da Fonseca G. a & Kent J. (2000) Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* **403**, 853–858.
- Mykrä H., Heino J. & Muotka T. (2007) Scale-related patterns in the spatial and environmental components of stream macroinvertebrate assemblage variation. *Global Ecology and Biogeography* **16**, 149–159.
- Olifiers M.H., Dorvillé L.F.M., Nessimian J.L. & Hamada N. (2004) A key to Brazilian genera of Plecoptera (Insecta) based on nymphs. *Zootaxa* **15**, 1–15.
- Oliveira A.L.H. De & Nessimian J.L. (2010) Spatial distribution and functional feeding groups of aquatic insect communities in Serra da Bocaina streams, southeastern Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia* **22**, 424–441.
- Parkyn S.M., Collier K.J. & Hicks B.J. (2001) New Zealand stream crayfish: functional omnivores but trophic predators? *Freshwater Biology* **46**, 641–652.
- Passamani M. & Mendes S.L. (2007) *Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção no Estado do Espírito Santo*.
- Ribeiro M.C., Metzger J.P., Martensen A.C., Ponzoni F.J. & Hirota M.M. (2009) The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biological Conservation* **142**, 1141–1153.
- Rolla A.P.P.R., Esteves K.E. & Ávila-da-Silva A.O. (2009) Feeding ecology of a stream fish assemblage in an Atlantic Forest remnant (Serra do Japi, SP, Brazil). *Neotropical Ichthyology* **7**, 65–76.
- Roque F.O., Lecci L.S., Siqueira T. & Froehlich C.G. (2008) Using environmental and spatial filters to explain stonefly occurrences in southeastern Brazilian streams : implications for biomonitoring. *Acta Limnologica Brasiliensia* **20**, 35–44.
- Rosa B.F.J.V., de Oliveira V.C. & Alves R.D.G. (2011) Structure and spatial distribution of the Chironomidae community in mesohabitats in a first order stream at the Poço D'Anta Municipal Biological Reserve in Brazil. *Journal of insect science (Online)* **11**.

- Rosemond A.D., Pringle C.M. & Ramírez A. (1998) Macroconsumer effects on insect detritivores and detritus processing in a tropical stream. *Freshwater Biology* **39**, 515–523.
- Sanseverino A.M. & Nessimian J.L. (2008) Larvas de Chironomidae (Diptera) em depósitos de folhiço submerso em um riacho de primeira ordem da Mata Atlântica (Rio de Janeiro, Brasil). *Revista Brasileira de Entomologia* **52**, 95–104.
- Segura M.O., Fonseca-Gessner A.A., Spies M.R. & Siegloch A.E. (2012) Water beetles in mountainous regions in southeastern Brazil. *Brazilian journal of biology* **72**, 311–21.
- Segura M.O., Valente-Neto F. & Fonseca-Gessner A.A. (2011) Elmidae (Coleoptera, Byrrhoidea) larvae in the state of São Paulo, Brazil: Identification key, new records and distribution. *ZooKeys* **74**, 53–73.
- Shimano Y., Salles F.F., Faria L.R.R., Cabette H.S.R. & Nogueira D.S. (2012) Distribuição espacial das guildas tróficas e estruturação da comunidade de Ephemeroptera (Insecta) em córregos do Cerrado de Mato Grosso, Brasil. *Iheringia. Série Zoologia* **102**, 187–196.
- Smock L.A. (1980) Relationships between body size and biomass of aquatic insects. *Freshwater Biology* **10**, 375–383.
- Swan C.M. & Palmer M. a (2006) Composition of speciose leaf litter alters stream detritivore growth, feeding activity and leaf breakdown. *Oecologia* **147**, 469–78.
- The R Development Core Team (2005) R - A Language and Environment. <http://cran.r-project.org>.
- Tomanova S., Goitia E. & Helešić J. (2006) Trophic Levels and Functional Feeding Groups of Macroinvertebrates in Neotropical Streams. *Hydrobiologia* **556**, 251–264.
- Uieda V.S. & Motta R.L. (2007) Trophic organization and food web structure of southeastern Brazilian streams : a review. *Acta Limnologica Brasiliensia* **19**, 15–30.
- Valente-Neto F. & Fonseca-Gessner A.A. (2011) Larvae of *Lutrochus germari* (Lutrochidae: Coleoptera) and *Stegoelmis* sp. (Elmidae: Coleoptera): bore submerged woody debris in Neotropical streams. *Zoologia* **28**, 683–686.
- Vannote R.L., Minshall G.W., Cummins K.W., Sedell J.R. & Cushing C.E. (1980) The River Continuum Concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **37**, 130–137.
- Vinson M.R. & Hawkins C.P. (1998) Biodiversity of stream insects: variation at local, basin, and regional scales. *Annual review of entomology* **43**, 271–93.
- Wallace J.B., Eggert S.L., Meyer J.L. & Webster J.R. (1997) Multiple trophic levels of a forest stream linked to terrestrial litter inputs. *Science* **277**, 102–104.

- Wallace J.B. & Merritt R.W. (1980) Filter-Feeding Ecology Of Aquatic Insects. *Annual Review of Entomology* **25**, 36–38.
- Wallace J.B. & Webster J.R. (1996) The Role Of Macroinvertebrates In Stream Ecosystem Function. *Annual review of entomology* **41**, 115–139.
- Watanabe K., Monaghan M.T., Takemon Y. & Omura T. (2010) Dispersal ability determines the genetic effects of habitat fragmentation in three species of aquatic insect. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* **20**, 574–579.
- Waters T.F. (1972) The drift of stream insects. *Annual Review of Entomology* **17**, 253–272.
- Winemiller K.O., Flecker A.S. & Hoeinghaus D.J. (2010) Patch dynamics and environmental heterogeneity in lotic ecosystems. *Journal of the North American Benthological Society* **29**, 84–99.
- Woodward G., Ebenman B., Emmerson M., Montoya J.M., Olesen J.M., Valido A., *et al.* (2005) Body size in ecological networks. *Trends in ecology & evolution* **20**, 402–9.
- Yule C.M., Leong M.Y., Liew K.C., Ratnarajah L., Schmidt K., Wong H.M., *et al.* (2009) Shredders in Malaysia : abundance and richness are higher in cool upland tropical streams. *Journal National American Benthological Society* **28**, 404–415.
- Zar J.H. (2010) *Biostatistical Analysis*.