

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS

Dissertação de Mestrado

MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS DE UM RIACHO
URBANO (ANGATUBA, SP) SOB INFLUÊNCIA DE
DIFERENTES PRESSÕES ANTRÓPICAS: UMA ANÁLISE
LONGITUDINAL E SAZONAL DA COMPOSIÇÃO E DIETA

MARIA LÚCIA BERCHIORI IWAI

BOTUCATU - SP

2015

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: ZOOLOGIA

**MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS DE UM RIACHO URBANO
(ANGATUBA, SP) SOB INFLUÊNCIA DE DIFERENTES PRESSÕES
ANTRÓPICAS: UMA ANÁLISE LONGITUDINAL E SAZONAL DA
COMPOSIÇÃO E DIETA**

Maria Lúcia Berchiol Iwai

Orientadora: Prof^a. Adj. Virgínia Sanches Uieda

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista – UNESP, Campus de Botucatu, SP, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Ciências Biológicas – Área de concentração: Zoologia.

BOTUCATU – SP

2015

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÊC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSANGELA APARECIDA LOBO-CRB 8/7500

Iwai, Maria Lúcia Berchiol.

Macroinvertebrados bentônicos de um riacho urbano
(Angatuba, SP) sob influência de diferentes pressões
antrópicas : uma análise longitudinal e sazonal da composição
e dieta / Maria Lúcia Berchiol Iwai. - Botucatu, 2015

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista
"Júlio de Mesquita Filho", Instituto de Biociências de
Botucatu

Orientador: Virgínia Sanches Uieda
Capes: 20400004

1. Biologia aquática. 2. Bentos. 3. Ecossistemas
aquáticos. 4. Fauna de água doce. 5. Hábitos alimentares. 6.
Peixe - Distribuição geográfica.

Palavras-chave: bentos; ecossistema lótico; grupo trófico;
hábito alimentar; riacho tropical.

Aos meus pais,
Valter e Elisete, por todo amor e apoio.

AGRADECIMENTOS

À professora Virgínia Sanches Uieda, por toda paciência, ensinamentos e apoio durante todas as etapas deste trabalho, meu muito obrigada! Desses anos de convivência, levo comigo seu exemplo de ética e dedicação com sempre conduziu tudo o que se propôs a fazer.

Aos colegas de laboratório, Sandra, Pedro, Eliane, Maria Inês e Fernando, por toda a ajuda durante os trabalhos de campo e laboratório. A convivência com cada um de vocês, sem dúvida, tornou o trabalho ainda mais agradável.

Especialmente, à André H. Burgos, pela ajuda, apoio e companheirismo durante todos esses anos.

À Hamilton Antonio Rodrigues, pelo auxílio durante os trabalhos de campo e nas análises laboratoriais das amostras de água.

Ao professor Raoul Henry, pelos conselhos e ensinamentos, os quais sem dúvida contribuíram para a qualidade do trabalho realizado e para minha formação acadêmica.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo apoio financeiro (Processo nº 2013/05655-5).

À todas as pessoas e instituições que de alguma forma contribuíram para a realização desta dissertação, muito obrigada.

SUMÁRIO

Resumo	1
Introdução Geral.....	3

Capítulo I – Macroinvertebrados bentônicos de um riacho urbano (Angatuba, SP) sob influência de diferentes pressões antrópicas: variação longitudinal e sazonal

Resumo.....	7
Abstract.....	8
Introdução.....	9
Área de Estudo.....	10
Material e Métodos.....	11
Resultados.....	14
Discussão.....	17
Referências Bibliográficas.....	20
Tabelas.....	24
Figuras.....	35

Capítulo II – Dieta dos insetos bentônicos de um riacho pertencente à bacia do Alto Rio Paranapanema (município de Angatuba, SP)

Resumo.....	43
Abstract.....	44
Introdução.....	45
Área de Estudo.....	46
Material e Métodos.....	46
Resultados.....	47
Discussão.....	50
Referências Bibliográficas.....	52
Tabelas.....	55
Figuras.....	56
Conclusões Gerais.....	64

RESUMO

O uso de comunidades biológicas permite uma caracterização ampla e integrada dos efeitos de diferentes perturbações, fornecendo dados sobre as condições ambientais ao longo do tempo. Dentre estas comunidades, a fauna de invertebrados bentônicos tem sido amplamente utilizada em programas de biomonitoramento por refletir bem o grau de integridade do ambiente. Esta fauna também possui papel central no metabolismo dos ecossistemas lóticos por participar da ciclagem de nutrientes e do processamento da matéria orgânica, sendo o principal elo entre os recursos basais e os níveis tróficos superiores. Apesar de sua importância trófica, dados sobre sua dieta ainda são escassos para riachos tropicais, sendo grande parte das informações inferidas a partir de estudos realizados em ambientes temperados. Assim, o presente estudo, desenvolvido em um riacho urbano, pode contribuir não somente como fonte de informações sobre a distribuição, abundância e hábitos alimentares da fauna de macroinvertebrados bentônicos de um riacho tropical, mas também fornece informações sobre o efeito de diferentes impactos antrópicos sobre a organização desta fauna. O objetivo do trabalho foi analisar possíveis variações espaço-temporais na estrutura e dieta da fauna de macroinvertebrados bentônicos e relacioná-las com variações nas condições ambientais do riacho estudado. Para isso, o ambiente e a fauna foram analisados em duas estações (seca e chuvosa) e cinco trechos ao longo do riacho, abrangendo uma área de nascente bem preservada (P1), uma área rural dominada por pastagem e influenciada por pastoreio de gado (P2), duas áreas suburbanas com mata ciliar parcialmente preservada e sujeitas a poluição orgânica (P3 e P4) e uma área urbana com vegetação marginal totalmente alterada e com entrada de esgoto urbano (P5). As análises do ambiente e da fauna evidenciaram uma maior similaridade entre os pontos com condições intermediárias (P2, P3 e P4) e um distanciamento dos trechos com condições mais extremas (P1 e P5). Diferenças significativas nos dados de abundância da fauna foram encontradas na comparação entre estações (maior abundância de Simuliidae na estação seca) e entre trechos (menor abundância de Oligochaeta na área íntegra da nascente e maior no trecho mais a jusante e impactado pela entrada de esgoto urbano). A análise da dieta dos insetos aquáticos mostrou que matéria orgânica foi o recurso alimentar mais consumido (em volume e frequência), porém no geral associado a outros itens, como material vegetal, algas e animais. Análises sazonais e/ou espaciais salientaram, no geral, uma elevada estabilidade espacial e/ou sazonal na dieta dos grupos de insetos analisados.

Palavras-chave: bentos; ecossistema lótico; grupo trófico; hábito alimentar; riacho tropical.

INTRODUÇÃO GERAL

INTRODUÇÃO GERAL

Atualmente, a conservação dos ecossistemas e da diversidade biológica tem sido amplamente discutida, em parte devido à crescente degradação ambiental decorrente dos múltiplos impactos antrópicos sobre os recursos naturais. Para os sistemas lóticos, a redução da qualidade e heterogeneidade ambiental é comumente resultado de ações humanas promovidas na bacia de drenagem, tendo como principal consequência a interrupção de processos ecológicos responsáveis pela adequada manutenção dos rios e sua biota (Allan, 2004). Dessa forma, os rios podem ser entendidos como coletores naturais da paisagem adjacente, refletindo os principais usos do solo no seu entorno (Goulart & Callisto, 2003).

As diversas alterações nas características do ambiente, sejam elas de origem antrópica ou natural, promovem um rearranjo das comunidades biológicas (Kleine & Trivinho-Strixino, 2005), uma vez que os organismos respondem às condições do meio em que vivem (Buss *et al.*, 2003). O uso dessas respostas na avaliação da qualidade ambiental dos sistemas lóticos, bem como da qualidade da água, tem sido frequente (Azrina *et al.*, 2006; Monteiro *et al.*, 2008; Couceiro *et al.*, 2012), sendo os invertebrados bentônicos o grupo mais utilizado no biomonitoramento de ações antrópicas em ambientes de água doce (Bonada *et al.*, 2006). Neste contexto, estudos envolvendo a influência de diferentes características ambientais sobre a distribuição e estrutura da fauna de macroinvertebrados bentônicos, principalmente em ambientes sob impactos antrópicos comumente encontrados nas bacias de drenagem, podem fornecer informações importantes para a adoção de medidas de manejo e conservação mais efetivas.

Além de sua importância em programas de biomonitoramento, os invertebrados apresentam papel ecológico central na estrutura trófica dos sistemas aquáticos, especialmente quanto ao fluxo de energia e na ciclagem de nutrientes (Cummins, 1973). Entretanto, a escassez de dados disponíveis na literatura sobre seus hábitos alimentares, principalmente para a fauna de ambientes tropicais, indica a necessidade de estudos sobre este assunto (Motta & Uieda, 2004).

Assim, os dados obtidos neste trabalho contribuirão para o melhor entendimento da organização da fauna de macroinvertebrados bentônicos frente a diferentes condições ambientais, principalmente com relação a alterações na mata ripária e a entrada de poluentes, tanto de origem difusa como pontual. Além disso, informações sobre a ecologia trófica dessa fauna, como as abordadas neste trabalho, são de fundamental importância para a compreensão do funcionamento dos ecossistemas lóticos como um todo.

Objetivos

O presente trabalho teve por objetivo analisar a fauna de macroinvertebrados bentônicos de um riacho pertencente à bacia do Alto Rio Paranapanema quanto a possíveis alterações espaço-temporais em sua estrutura e dieta e relacioná-las a variações nas condições do ambiente. Para isso, ambiente e fauna foram analisados em duas estações (seca e chuvosa) e em cinco trechos ao longo do mesmo riacho, os quais apresentam diferentes graus de preservação da mata ripária e tipos de impactos antrópicos presentes.

As seguintes questões foram abordadas:

1. *A estrutura da fauna de macroinvertebrados bentônicos varia longitudinalmente em função de diferenças nas características ambientais dos trechos amostrados?*
2. *A estrutura da fauna de macroinvertebrados bentônicos varia sazonalmente em função de mudanças nas características do riacho entre as estações analisadas?*
3. *A dieta dos insetos aquáticos varia sazonal e espacialmente em função de possíveis diferenças na disponibilidade dos recursos?*

Apresentação da dissertação

De maneira a facilitar a apresentação e discussão dos dados obtidos, a dissertação será apresentada em dois capítulos, os quais foram redigidos nos moldes de artigos para serem submetidos à publicação.

Capítulo I - Macroinvertebrados bentônicos de um riacho urbano (Angatuba, SP) sob influência de diferentes pressões antrópicas: variação longitudinal e sazonal.

A fauna de macroinvertebrados bentônicos foi analisada comparativamente em cinco pontos ao longo de um riacho e em duas estações do ano (seca e chuvosa), com o objetivo de verificar possíveis influências espaciais e sazonais em sua estrutura em função de diferenças nas condições ambientais em cada trecho e estação.

Capítulo II - Dieta dos insetos bentônicos de um riacho pertencente à bacia do Alto Rio Paranapanema (Município de Angatuba, SP).

Os insetos aquáticos de um riacho, amostrados em cinco pontos e duas estações, tiveram sua dieta e hábito alimentar definidos a partir da análise do conteúdo do trato digestivo. Para os gêneros que ocorreram em número suficiente (no mínimo cinco indivíduos) nos diferentes pontos e estações, também foram realizadas análises espaciais e sazonais da dieta.

Referências Bibliográficas

- Allan, J. D. (2004) Landscapes and riverscapes: the influence of land use on stream ecosystems. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 35: 257-284.
- Azrina, M. Z.; Yap, C. K.; Rahim Ismail, A.; Ismail, A.; Tan, S. G. (2006) Anthropogenic impacts on the distribution and biodiversity of benthic macroinvertebrates and water quality of the Langat River, Peninsular Malaysia. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 64(3): 337-347.
- Bonada, N.; Prat, N.; Resh, V. H.; Statzner, B. (2006) Developments in aquatic insect biomonitoring: a comparative analysis of recent approaches. *Annual Review of Entomology*, 51: 495-523.
- Buss, D. F.; Baptista, D. F. & Nessimian, J. L. (2003) Bases conceituais para a aplicação de biomonitoramento em programas de avaliação da qualidade da água de rios. *Caderno Saúde Pública*, 19(2): 465-473.
- Couceiro, S. R. M.; Hamada, N.; Forsberg, B. R.; Pimentel, T. P.; Luz, S. L. B. (2012) A macroinvertebrate multimetric index to evaluate the biological condition of streams in the Central Amazon region of Brazil. *Ecological Indicators*, 18: 118-125.
- Cummins, K. W. (1973) Trophic relations of aquatic insects. *Annual Review of Entomology*, 18(1): 183-206.
- Goulart, M. & Callisto, M. (2003) Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. *Revista da FAPAM*, 2(1): 1-9.
- Kleine, P. & Trivinho-Strixino, S. (2005) Chironomidae and other aquatic macroinvertebrates of a first order stream: community response after habitat fragmentation. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 17(1): 81-90.
- Monteiro, T. R.; Oliveira, L. G.; Godoy, B. S. (2008) Biomonitoramento da qualidade de água utilizando macroinvertebrados bentônicos: adaptação do índice biótico BMWP à bacia do rio Meia Ponte-GO. *Oecologia Brasiliensis*, 12(3): 553-563.
- Motta, R. L. & Uieda, V. S. (2004) Diet and trophic groups of an aquatic insect community in a tropical stream. *Brazilian Journal of Biology*, 64(4): 809-817.

CAPÍTULO I

MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS DE UM RIACHO URBANO (ANGATUBA, SP) SOB INFLUÊNCIA DE DIFERENTES PRESSÕES ANTRÓPICAS: VARIAÇÃO LONGITUDINAL E SAZONAL

RESUMO

Dentre as comunidades aquáticas, os macroinvertebrados têm sido apontados como bons indicadores das condições do ambiente, sendo amplamente utilizados em avaliações de impactos ambientais e monitoramento biológico. No presente trabalho, a fauna de invertebrados bentônicos de um riacho pertencente à bacia do Alto Rio Paranapanema (Ribeirão Grande) foi analisada quanto a possíveis variações espaciais e sazonais em sua composição e abundância em função de variações nas condições do ambiente. Em setembro de 2013 (estação seca) e janeiro de 2014 (chuvosa), foram amostrados cinco pontos ao longo do riacho, incluindo uma área de nascente com mata ciliar íntegra e sem impactos antrópicos evidentes (P1), uma área rural com margens ocupadas por pastagem e sob influência do pastoreio de gado (P2), duas áreas suburbanas com mata ciliar parcialmente preservada e sujeitas ao despejo de efluente doméstico (P3 e P4) e uma área urbana que recebe a descarga de esgoto, estando localizada logo após a estação de tratamento municipal (P5). A coleta foi realizada em trechos de rápido (*run*), com substrato composto por cascalho e areia, utilizando amostrador *Surber* (malha 250 μ m) e totalizando 10 réplicas por ponto e estação. Nas análises de agrupamento e ordenação, o padrão espacial de distanciamento dos trechos com as condições ambientais mais extremas (P5 e P1) e agrupamento com maior similaridade dos pontos com condições intermediárias (P2, P3 e P4) foi evidenciado tanto para os dados da fauna quanto do ambiente. Segundo os resultados da ANOSIM, aplicada aos dados de abundância da fauna, tanto pontos ($R=0,771$) quanto estações ($R=0,84$) foram significativamente diferentes ($p<0,1\%$). De acordo com a rotina SIMPER, as estações diferenciaram-se, principalmente, pela maior abundância (cerca de 28 vezes) de Simuliidae na estação seca em relação à chuvosa. Especialmente, a maior dissimilaridade foi encontrada entre P1 e P5, sobretudo devido à menor abundância de Oligochaeta na área íntegra da nascente (P1) e a maior no trecho mais a jusante e impactado pela entrada de esgoto urbano (P5).

Palavras-chave: degradação ambiental; ecossistema lótico; insetos aquáticos.

ABSTRACT

Among the aquatic communities, the macroinvertebrates have been pointed out as a good indicator of the environmental conditions, being widely used in environmental impact assessments and biological monitoring programs. In this study, benthic invertebrates of a stream belonging to the Paranapanema River basin (Ribeirão Grande) were analyzed in terms of possible spatial and seasonal variations in its composition and abundance due to changes in the environmental conditions. In September 2013 (dry season) and January 2014 (rainy season), five sites along the stream were sampled. The sampling sites included a headwater area, with preserved riparian forest and without evident anthropic impacts (S1), a rural area with its margins occupied by pasture and under influence of cattle grazing (S2), two suburban areas with partially preserved riparian forest and impacted by domestic wastewater discharge (S3 and S4) and an urban area with sewage discharge, located just after the municipal sewage plant (S5). Samplings were performed in run stretches with substrate compound by gravel and sand, using Surber sampler (mesh 250 μm), in a total of 10 replicates per site and season. According to the cluster and ordination analysis, the detachment of the sites with most extreme environmental conditions (S5 and S1) and the grouping, with greater similarity, of sites with intermediate environments (S2, S3 and S4) was the spatial pattern highlighted for both the fauna and the environmental data. For the ANOSIM analysis, applied to the fauna abundance data, the factors sites ($R = 0.771$) and seasons ($R = 0.84$) were significantly different ($p < 0.1\%$). According to the SIMPER routine, the sites differed seasonally mainly because of the greater abundance (about 28 times higher) of Simuliidae during the dry season in comparison to the rainy period. Spatially, the biggest dissimilarity was found between S1 and S5, mainly due to the lower abundance of Oligochaeta in the preserved headwater stretch (S1) while the highest abundance of this taxa was found in the most downstream site, which was severely impacted by urban sewage discharge (S5).

Key-words: environmental degradation; lotic ecosystem; aquatic insects.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o rápido crescimento populacional e urbano também promoveu o aumento e diversificação nos usos da água, resultando em uma multiplicidade de impactos negativos sobre os recursos hídricos. Como consequência, observa-se uma expressiva queda na qualidade da água e perda de biodiversidade aquática, em função de alterações nas características físicas e químicas do ambiente e na dinâmica natural das comunidades biológicas (Goulart & Callisto, 2003; Carpenter *et al.*, 2011).

Entre os ambientes aquáticos, os riachos apresentam alta diversidade e endemismo de espécies, sendo locais estratégicos para o desenvolvimento e aplicação de práticas conservacionistas (ver Clarke *et al.*, 2008). Entretanto, o número insuficiente de estudos, pesquisadores e infraestrutura necessária para as amostragens, aliado à dispersão das informações existentes, contribuem para que essa diversidade permaneça pobremente conhecida (Agostinho *et al.*, 2005). Para riachos urbanos a situação é ainda mais alarmante, uma vez que poucos estudos com uma abordagem ecológica têm sido desenvolvidos nesses ambientes, sendo sua efetiva conservação inviabilizada pela escassez de informações acerca da diversidade de espécies e das interações dessas com o meio, principalmente em relação à urbanização e aos inúmeros estressores que a acompanham (Morley & Karr, 2002).

Em ambientes lóticos brasileiros, a poluição está entre as principais causas de perda direta de espécies (Agostinho *et al.*, 2005). A poluição dos sistemas aquáticos resulta de fontes difusas na bacia hidrográfica através de atividades de uso do solo (agrícolas ou urbanas) e fontes atmosféricas, bem como da descarga direta de poluentes, como o despejo de esgoto industrial e doméstico (Carpenter *et al.*, 2011). Enquanto os impactos pontuais apresentam fácil identificação e monitoramento por estarem em local específico, fontes difusas resultam de ações dispersas na bacia de drenagem e não podem ser relacionadas a um único local de descarga (Rocha *et al.*, 2009).

A crescente degradação ambiental de rios e córregos também está comumente associada à retirada e/ou modificação da vegetação marginal e uso indevido do solo do entorno. Segundo Barrella *et al.* (2000), a mata ciliar contribui para a preservação estrutural dos habitats aquáticos ao evitar a erosão dos solos adjacentes e manter a estabilidade das margens. Nas zonas ripárias, a vegetação atua como um filtro na área do ecótono terra-água, regulando a vazão e o fluxo d'água e, assim, controlando o escoamento superficial e a entrada de sedimentos (Barrella *et al.*, 2000). Ao longo do tempo, o acréscimo de sedimentos de origem terrestre no leito dos rios promove sua homogeneização e reduz a disponibilidade de habitats e a profundidade do canal, alterando a estrutura das comunidades bióticas do sistema (Watzen, 2006; Vasconcelos & Mello, 2008).

Segundo Moore & Palmer (2005), a presença de mata ciliar, mesmo em riacho urbanos, pode contribuir para a mitigação de alguns dos impactos da urbanização, como a perda de biodiversidade.

A utilização de informações sobre as comunidades animais em avaliações da integridade ecológica dos ecossistemas baseia-se na capacidade de resposta dos organismos a mudanças no meio em que vivem, sejam essas de origem antrópica ou natural (Buss *et al.*, 2003). O uso de parâmetros biológicos em programas de monitoramento permite uma caracterização ampla e integrada dos efeitos de diferentes perturbações, fornecendo dados sobre as condições ambientais ao longo do tempo (Iliopoulou-Georgudaki *et al.*, 2003; Cortezzi *et al.*, 2009). Dentre as comunidades aquáticas, os macroinvertebrados têm sido apontados como bons indicadores das condições do ambiente (Callisto *et al.*, 2001; Monteiro *et al.*, 2008), sendo amplamente utilizados em avaliações de impactos ambientais e monitoramento biológico (Goulart & Callisto, 2003; CETESB, 2013).

Neste contexto, este trabalho teve como objetivo analisar a fauna de macroinvertebrados bentônicos em cinco pontos ao longo de um riacho urbano para verificar possíveis variações espaço-temporais em sua estrutura e sua relação com diferenças nas características do ambiente, determinadas seja por fatores sazonais ou por impactos antrópicos.

ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado no Ribeirão Grande, um dos afluentes da margem esquerda do Rio Guareí, inserido na bacia hidrográfica do Alto Rio Paranapanema. Este riacho está localizado no município de Angatuba, na região sudeste do Estado de São Paulo, Brasil. O município situa-se na Depressão Periférica Paulista, no sub-compartimento denominado Depressão do Paranapanema. O clima da região é do tipo Cwa, segundo a classificação climática proposta por Köppen (1948), marcado por um verão úmido e quente e um inverno seco. Observando a média dos dados pluviométricos de 10 anos do município de Angatuba (Figura 1), esses dois períodos ficam evidentes, com uma estação chuvosa (precipitações acima de 100 mm) ocorrendo de outubro a março e uma seca entre abril e setembro. A vegetação da região é composta por Floresta Estacional Semidecidual (Velloso *et al.*, 1991), caracterizada pela perda parcial das folhas no período de inverno, e por áreas de Cerrado com três diferentes fisionomias: Cerradão, Cerrado sentido restrito e Campo (Monteiro, 2009).

Ao longo do Ribeirão Grande foram selecionados cinco pontos de amostragem (Figura 2), todos apresentando substrato composto predominantemente por cascalho e areia e diferindo quanto às condições da vegetação marginal e tipos de impactos antrópicos presentes (Tabela I).

O Ponto 1, correspondente ao trecho de nascente, apresenta-se bem preservado, com mata ciliar íntegra e sem distúrbios antrópicos evidentes. No Ponto 2, localizado em área rural sob influência de pastoreio de gado, a vegetação marginal natural foi totalmente substituída por pastagem, sendo alguns trechos da margem direita dominados por bambuzal. Os Pontos 3 e 4, inseridos na área suburbana do município de Angatuba, apresentam margens ocupadas por vegetação arbórea parcialmente preservada e estão expostos, principalmente, a poluição orgânica oriunda de esgoto doméstico e criações animais de casas localizadas próximas à margem esquerda do riacho. O Ponto 5 corresponde ao trecho mais impactado, com vegetação marginal predominantemente arbustiva e sujeito ao despejo de esgoto urbano, com alteração na coloração e forte odor na água, mesmo estando localizado após a estação de tratamento de esgoto municipal.

MATERIAL E MÉTODOS

Os trabalhos de campo, envolvendo análises ambientais e coleta de macroinvertebrados bentônicos, foram realizados em um trecho de rápido (*run*) de cada um dos cinco pontos ao longo do Ribeirão Grande, no dia 20 de setembro de 2013, representando a estação seca, e 22 de janeiro de 2014, representando a estação chuvosa. Considerando os dados de pluviosidade registrados para o período de coleta (Figura 1), nota-se para o mês de setembro de 2013 uma pluviosidade total acima de 100 mm. Entretanto, cabe ressaltar que este mês foi adequado para a caracterização da estação seca, pois foi precedido por dois meses com baixa pluviosidade (julho e agosto) e que a maior parte da chuva em setembro foi registrada após a data da coleta (75% do volume total), concentrada entre os dias 22 e 29 daquele mês. Para janeiro de 2014, também fica evidente a adequada representatividade para a caracterização da estação chuvosa, tendo sido registrada em janeiro uma pluviosidade acima de 170 mm.

Caracterização ambiental

Em campo, os seguintes parâmetros da água foram mensurados utilizando um Kit Técnico para análise de Potabilidade (Alfakit, Cod 1065): cloreto, dureza, alcalinidade, amônia, ferro, cloro livre e coliformes.

Amostras de água também foram recolhidas para determinação em laboratório das seguintes variáveis: pH, oxigênio dissolvido e sólidos suspensos (orgânicos e inorgânicos). Três subamostras de água foram utilizadas para a determinação do pH com medidor digital. A concentração de oxigênio dissolvido na água foi determinada através do método Winkler,

modificado pela adição de azida (Golterman *et al.*, 1978). Em cada ponto, três amostras de água foram coletadas em frascos âmbar de volume conhecido e em seguida fixadas com sulfato manganoso e azida sódica. No laboratório, após a adição de ácido fosfórico para dissolução do precipitado formado, foram titulados 100 ml de cada amostra com solução padrão diluída de tiosulfato de sódio. A concentração de oxigênio dissolvido (mg/l) foi obtida utilizando equações e tabelas propostas em Golterman *et al.* (1978). Para os sólidos suspensos, foram filtradas três subamostras de mesmo volume, utilizando filtros de fibra de vidro previamente calcinados em mufla a 460°C por 1 hora e pesados em balança analítica. Após a filtração, estes filtros foram submetidos à secagem em estufa a 65°C por 24 horas, mantidos em dessecador por 1 hora e em seguida pesados em balança analítica para determinação do peso seco total (P1=matéria orgânica e inorgânica). Os filtros foram então novamente submetidos à ignição em mufla a 460°C por 1 hora, mantidos em dessecador por 1 hora e novamente pesados (P2=matéria inorgânica). O peso do material orgânico foi obtido pela diferença do peso seco total e da matéria inorgânica.

A caracterização ambiental dos pontos também envolveu a mensuração da largura e profundidade médias, porcentagem de cobertura vegetal, temperatura da água, velocidade da corrente e vazão, todas mensuradas no trecho de rápido onde também foram coletadas as amostras de água e de invertebrados. As medidas de largura e profundidade foram tomadas com trena nas seções montante e jusante do trecho, com a profundidade sendo medida a cada 20 cm ao longo das duas seções. A porcentagem de cobertura vegetal foi estimada a montante, meio e jusante da extensão do rápido com uma caixa de madeira, com formato de paralelepípedo, apresentando uma extremidade aberta e outra fechada por uma placa de acrílico quadriculada. O pesquisador, posicionado no meio do riacho e olhando para cima através da extremidade aberta, estima a porcentagem de cobertura vegetal através da contagem do número de quadrados recobertos por vegetação (cada quadrado representando 4% de cobertura). A temperatura da água foi medida com termômetro de mercúrio comum, graduado em graus Celsius. A velocidade superficial da corrente foi obtida pelo método de objetos flutuantes impulsionados pela correnteza (Schwoerbel, 1975), sendo a velocidade da corrente calculada através da fórmula: $V=s/t$, onde V é a velocidade, s é o espaço percorrido pelo objeto e t é o tempo gasto para percorrer tal distância. A velocidade média foi obtida pela correção da velocidade superficial da correnteza em função da natureza do fundo e das paredes laterais de escoamento (Leopoldo & Souza, 1979), através da fórmula: $V_{média} = f \times V$, onde f é o fator de correção e V é a velocidade dada pelo flutuador. A vazão foi calculada através do método proposto por Leopoldo & Souza (1979), no qual uma corda graduada é esticada de uma margem a outra, a montante e a jusante de um trecho de 2 m, sendo medida a profundidade do riacho em pontos demarcados nas cordas a cada 20 cm. Com esses dados calcula-se a área delimitada pelas cordas, sendo a vazão

determinada pela equação: $Q = A \times V$, onde Q é a vazão, A é a área do trecho e V é a velocidade média da corrente.

Análises de agrupamento (*Cluster*), ordenação NMDS (*Non-metric Multidimensional Scaling Analysis*) e componentes principais (PCA) foram aplicadas aos dados ambientais como análises exploratórias para descrever as relações de similaridade entre os pontos (variação espacial) e estações (variação sazonal). Para estas análises, realizadas com o pacote estatístico Primer v.6 (Clarke & Gorley, 2006), os dados foram primeiramente transformados (raiz quadrada) e normalizados, sendo utilizado o coeficiente de Distância Euclidiana para o cálculo da similaridade.

Macrofauna bentônica: coleta e análise

Os macroinvertebrados foram coletados com amostrador *Surber* (malha de 250 μm), exclusivamente em trechos de rápido, com substrato composto por cascalho e areia, totalizando dez réplicas por ponto e estação. O substrato delimitado pelo quadrante do amostrador foi revolvido com as mãos e o material arrastado para dentro da rede despejado em bandeja com água do ambiente, sendo o interior da malha lavado nesta água para a retirada de todos os organismos presos à rede. Em seguida, a água da bandeja foi despejada em uma peneira granulométrica (250 μm) e o material aí retido lavado com álcool 70% para dentro de um recipiente plástico devidamente etiquetado, onde os animais permaneceram armazenados até o momento da triagem.

No laboratório, as amostras foram triadas sob estereomicroscópio binocular e os animais identificados até o menor nível taxonômico possível, com auxílio de bibliografias gerais (Pennak, 1978; Lopretto & Tell, 1995; Merritt & Cummins, 1996; Domínguez & Fernández, 2009), complementadas com trabalhos específicos, principalmente para identificação dos insetos aquáticos ao nível de gênero.

Os dados de abundância e riqueza por ponto e estação foram utilizados para o cálculo da Diversidade de Shannon-Wiener e da Equitabilidade de Simpson (Krebs, 1989). Os dados de abundância relativa (AR) também foram utilizados para o cálculo do índice de dominância, classificando os grupos em raros ($AR < 1\%$), intermediários ($1\% > AR < 10\%$) e abundantes ($AR > 10\%$).

Análises exploratórias de agrupamento (*Cluster*) e ordenação (NMDS) também foram aplicadas aos dados de abundância, transformados em $\log(x+1)$ e utilizando a medida de Bray-Curtis, para verificar a existência de padrões espaciais e sazonais na estrutura da fauna (Primer v.6; Clarke & Gorley, 2006). A Análise de Similaridade ANOSIM (*two-way*) do mesmo pacote estatístico foi aplicada à matriz de similaridade com o objetivo de verificar se existem diferenças

significativas entre os fatores ponto e estação, sendo os resultados apresentados como Valor Global de R. A hipótese nula foi rejeitada ao nível de significância de 1% ($p < 0,1\%$; Clarke & Gorley, 2006). No caso de resultados significativos, a rotina SIMPER foi aplicada, indicando o percentual de contribuição das espécies para a dissimilaridade verificada para o fator analisado (ponto e/ou estação).

RESULTADOS

Parâmetros ambientais

Ao todo, 19 parâmetros ambientais foram mensurados para a caracterização dos cinco pontos ao longo do Ribeirão Grande, durante as estações seca (Tabela II) e chuvosa (Tabela III).

Quatro destes parâmetros não foram incluídos na análise comparativa espacial e temporal, pelos motivos descritos a seguir. O percentual de cobertura vegetal e a temperatura da água não se mostraram adequados para a caracterização espacial e sazonal das condições ambientais, uma vez que seus valores não necessariamente refletiram diferenças reais nas características dos pontos. Para a cobertura vegetal, a presença de clareiras naturais ao longo dos trechos amostrados, formadas pela queda de grandes árvores próximas às margens do riacho, influenciou diretamente os percentuais encontrados, principalmente na área de nascente (P1), local mais afetado pelas clareiras devido ao maior adensamento de sua vegetação arbórea marginal. Quanto à temperatura da água, a mensuração em diferentes horários ao longo do dia durante os trabalhos de campo pode ter influenciado os dados obtidos, os quais expressariam não somente a variabilidade entre pontos e estações, como também uma variação determinada pelo período do dia. Considerando o parâmetro turbidez, embora este tenha apresentado dados importantes para a caracterização sazonal dos pontos, com maiores valores na estação seca, sua mensuração em faixas de concentração impossibilitou incluí-lo nas análises estatísticas. Além dos parâmetros acima citados, os dados de coliformes totais também não foram incluídos nas análises estatísticas, para evitar uma possível sobreposição de informações, já que se referem ao somatório de todas as bactérias do grupo Coliforme, incluindo as fecais (mantidas nas análises).

Para verificar quais parâmetros ambientais melhor definiriam uma diferenciação espacial e sazonal, análises de agrupamento (Cluster) e ordenação (NMDS) foram aplicadas para os dados mensurados das duas estações e cinco pontos. Estas análises evidenciaram principalmente (Figura 3): a) uma nítida separação do P5 e a união das duas estações deste ponto, porém com baixa similaridade, b) a união da estação seca para P3 e P4, com a maior similaridade, c) um grupo maior formado principalmente pelos pontos P3 e P4, d) um grupo formado principalmente

pelos pontos P1 e P2. Os fatores ambientais mais importantes para a definição dos padrões encontrados foram verificados através da análise de componentes principais (PCA), aplicada para o mesmo conjunto de dados. Nesta análise, os dois eixos resultantes explicaram juntos 59% da variação encontrada. Quanto aos parâmetros que melhor explicaram a posição dos pontos nos eixos do PCA (Tabela IV, Figura 4), verifica-se que os resultados do PC1 estão mais relacionados com a separação do P5 no quadrante negativo, em função dos menores valores de oxigênio e maiores de sólidos suspensos orgânicos, amônia e coliformes fecais encontrados nas duas estações. Por outro lado, os resultados do PC2 estão mais relacionados com uma separação sazonal, isolando no quadrante positivo a estação chuvosa, com maiores valores de pH e sólidos suspensos inorgânicos, e no quadrante negativo a estação seca com maiores valores de correnteza, vazão e cloretos.

Macroinvertebrados bentônicos

No total foram coletados 54.396 espécimes, distribuídos em nove filos e correspondendo a 84 unidades taxonômicas (UTO's; Tabela V). Deste total, 54% da fauna (48 UTO's) foi comum às duas estações, enquanto 23 UTO's foram encontradas somente na estação seca, e 13 foram exclusivas da estação chuvosa. No geral, os filos Annelida e Arthropoda foram os mais representativos, sendo o último grupo, para o qual foi possível uma identificação mais refinada (ao nível de gênero para a maioria), representado principalmente pela Classe Insecta (65 UTO's), compreendendo nove ordens e 31 famílias (Tabela V).

Considerando os índices ecológicos (Tabela VI), nas duas estações os menores valores de riqueza, diversidade e equitabilidade ocorreram no P5, onde também foi encontrada a maior abundância absoluta e uma elevada dominância de Oligochaeta, o qual correspondeu a 68 e 52% da abundância amostrada nas estações seca e chuvosa, respectivamente. Para os demais pontos, os valores de diversidade e equitabilidade foram similares, com o P1 apresentando a menor abundância absoluta nas duas estações (Tabela VI). Quando analisada a abundância relativa da fauna, o elevado percentual de grupos raros (média de 70% para a estação seca e 58% para a chuvosa), juntamente com o menor percentual de grupos intermediários e, principalmente, de abundantes foram padrões constantes para todas as situações analisadas, ou seja, para os cinco pontos e as duas estações (Tabelas V e VI).

Ao analisar os macroinvertebrados ao nível de grandes grupos (Tabelas VII e VIII), foi evidente a maior abundância de Hexapoda em todas as situações, com exceção do P5, onde o percentual de Annelida foi superior, correspondendo a 71% da fauna na estação seca e a 54% na chuvosa. Dentre as ordens de Hexapoda, a maior representatividade de Coleoptera, Ephemeroptera, Trichoptera e, principalmente, Diptera também foi comum à maioria dos pontos

e estações (Tabelas VII e VIII). Porém, comparando as duas estações, para todos os pontos exceto o P5, na estação chuvosa houve uma redução na dominância de Diptera e a distribuição dos percentuais ficou mais equitativa entre as quatro ordens (Tabela VIII).

Para estas quatro ordens de Hexapoda, também foi realizada uma análise espacial e sazonal das famílias que apresentaram abundância relativa maior que 1% (Figuras 5 e 6). Para Coleoptera (Figura 5), uma separação espacial foi encontrada nas duas estações, com P2, P3 e P4 apresentando maior abundância da família Elmidae (>70%), principalmente de larvas do gênero *Macrelmis*, enquanto no P1 a família Psephenidae (gênero *Psephenus*) foi sempre a mais abundante (>80%). Para Diptera (Figura 5), a família Chironomidae ocorreu sempre em maior percentual, exceto no P3-ES, onde Simuliidae foi mais abundante (54%). Entretanto, quando analisadas as subfamílias de Chironomidae (Figura 5), uma separação espacial foi evidente para os quatro primeiros pontos nas duas estações: Orthoclaadiinae ocorrendo em maior percentual no P1 (>70%) e Chironominae no P2, P3 e P4 (entre 60 e 70%). Somente para o P5 houve variação sazonal, com Orthoclaadiinae sendo mais abundante na seca (80%) e Chironominae, na chuvosa (58%).

Para as famílias de Ephemeroptera foram encontradas diferenças tanto espaciais quanto sazonais (Figura 6). Na estação seca, todos os pontos apresentaram maior abundância de Baetidae (>65%), representada principalmente pelo gênero *Baetodes*. Porém, na estação chuvosa, esta família foi mais abundante somente no P1 (77%, representados principalmente por *Baetodes*), enquanto P2, P3 e P4 apresentaram abundâncias mais uniformemente distribuídas entre as famílias Baetidae, Leptophlebiidae e Leptohyphidae. Para o P5, a ordem Ephemeroptera (encontrada apenas na estação chuvosa) apresentou maior abundância da família Leptohyphidae (78% do gênero *Traverhyphes*). Para Trichoptera (Figura 6), em todas as situações a família Hydropsychidae (gênero *Smicridea*) apresentou maior abundância, exceto no P1-ES onde Hydroptilidae (gênero *Neotrichia*) foi mais abundante (cerca de 80%).

Para verificar a existência de padrões espaciais e sazonais da fauna, os dados de abundância por ponto e estação foram utilizados para análises de agrupamento (Cluster) e ordenação (NMDS). Essas análises evidenciaram uma separação espacial do P5, com a união das duas estações, porém com baixa similaridade (cerca de 60%). Já para P2, P3 e P4, uma separação sazonal foi encontrada, sendo os três pontos unidos em cada estação com 80% de similaridade (Figura 7).

Os padrões espaciais e sazonais salientados pelas análises exploratórias foram verificados através da análise de similaridade ANOSIM (*two-way*), sendo encontradas diferenças significativas para o fator pontos ($R = 0,771$; $p < 0,1\%$) e estações ($R = 0,84$; $p < 0,1\%$). No teste de comparação dos cinco pontos dois a dois (*pairwise test*), executado pela ANOSIM, somente P3 e

P4 não foram significativamente diferentes entre si. Aplicando a rotina SIMPER para verificar os grupos que mais contribuíram para a dissimilaridade entre pontos, o maior valor médio de dissimilaridade ocorreu entre P1 e P5 (65,9%). O grupo que mais contribuiu para esta dissimilaridade foi Annelida-Oligochaeta, com a menor abundância no P1 e a maior no P5. Para a dissimilaridade sazonal (dissimilaridade média de 46,9), o grupo de maior contribuição para a diferença significativa entre as estações seca e chuvosa foi Diptera-Simuliidae, com abundância cerca de 28 vezes maior na estação seca do que na chuvosa.

DISCUSSÃO

Variação espacial e sazonal nas características ambientais

No geral, a caracterização ambiental dos pontos evidenciou um nítido padrão espacial, com uma maior similaridade sendo encontrada entre P2, P3 e P4, provavelmente por estes exibirem dimensões semelhantes e características ambientais intermediárias quando comparados aos dois locais com as condições mais extremas (P1 e P5). Nas duas estações, o distanciamento do trecho de nascente (P1) deveu-se, principalmente, ao seu menor tamanho e suas condições ambientais mais pristinas, sem a influência de impactos antrópicos evidentes. No outro extremo, a diferenciação do P5 esteve relacionada, sobretudo, a variáveis ligadas ao lançamento de esgoto doméstico e industrial neste trecho, como a maior concentração de sólidos suspensos orgânicos, amônia e coliformes fecais, além da menor concentração de oxigênio dissolvido. Estes mesmo parâmetros foram responsáveis pela baixa similaridade sazonal do P5, apresentando valores mais extremos durante a estação chuvosa, provavelmente acompanhando o aumento do volume de água decorrente da maior precipitação neste período.

Considerando os sólidos orgânicos em suspensão, além da origem no despejo de efluentes urbanos, sua maior concentração no P5 também pode ser resultado da quase total supressão da mata ciliar. Esta vegetação pode proteger os corpos d'água da entrada de sedimentos ao promover uma maior estabilidade dos solos adjacentes, além de reter parte do material arrastado para dentro do canal pelo escoamento das chuvas (Gomi *et al.*, 2006). A concentração elevada de amônia também pode ser indicativa de poluição pontual por efluentes, sendo um parâmetro padrão para a classificação das águas naturais e de despejo de esgoto devido à sua potencial toxicidade em elevadas concentrações (CETESB, 2013). Além disso, uma grande quantidade de amônia, juntamente com outros compostos de origem orgânica comumente associados ao despejo de esgoto, promove a redução do nível de oxigênio dissolvido na água devido ao seu elevado consumo durante o processo de oxidação biológica (CETESB, 2013). Em

áreas urbanas, a entrada de compostos de nitrogênio nos corpos d'água também pode ter origem difusa, através do escoamento das águas pluviais associado a deficiências no sistema de limpeza público (CETESB, 2013).

Quanto aos coliformes fecais, sua utilização na classificação da balneabilidade dos corpos d'água é extremamente importante, pois indica a possível existência de microorganismos patogênicos causadores de doenças transmitidas pela água, como a febre tifóide e a cólera (Tonon *et al.*, 2013). Além disso, a concentração de coliformes totais e fecais são parâmetros importantes para a classificação dos sistemas aquáticos em classes de qualidade, de acordo com seu uso preponderante. No presente trabalho, embora os valores de coliformes correspondam a somente duas coletas ao longo do período estudado, os trechos amostrados poderiam ser classificados nas Classes II ou III, com suas águas podendo ser utilizadas, entre outras atividades, para o consumo humano após tratamento convencional (ver Brasil, Resolução CONAMA nº 357, de 17/03/2005; Brasil, Decreto nº 8.468, de 08/09/1976). A pior qualidade da água, considerando unicamente a concentração de coliformes, foi encontrada para o P5, sendo este trecho enquadrado nas Classes III (durante a estação seca) e IV (na chuvosa) e considerado impróprio à balneabilidade em ambos os períodos (ver Brasil, Resolução CONAMA nº 274, de 29/11/2000). A baixa qualidade ambiental observada no P5 pode ser indicativa da ineficiência do sistema de tratamento de esgoto, já que mesmo estando localizado após a estação municipal este trecho apresentou concentrações alarmantes de coliformes e a presença potencial de patógenos, além de valores de oxigênio muito baixos para a adequada manutenção de uma comunidade aquática diversificada.

Considerando as variações sazonais dos parâmetros ambientais mensurados, a maior concentração de sólidos inorgânicos em suspensão durante a estação chuvosa provavelmente está relacionada ao maior arraste de sedimentos provocado pelo aumento no volume e frequência de precipitações característico desta estação. Embora com uma menor quantidade de partículas suspensas, a estação seca apresentou os maiores valores de turbidez, sendo esta, possivelmente, resultante de uma maior concentração do material em suspensão em função do menor volume de água. Já os parâmetros correnteza e vazão, ambos maiores durante a estação seca, contrariam o padrão usualmente encontrado em outros estudos (Melo & Froehlich, 2001; Ribeiro & Uieda, 2005; Ríos-Touma *et al.*, 2011). Porém, segundo Yokoyama *et al.* (2012), a vazão em riachos pode variar rapidamente, sendo dependente não apenas da intensidade de precipitações, mas do tempo decorrido desde o último pico chuvoso. Assim, os valores de vazão registrados refletem as condições encontradas apenas no dia da coleta, enquanto os dados pluviométricos correspondem ao acompanhamento mensal total das chuvas.

Macroinvertebrados bentônicos: variação espacial e sazonal

A fauna de macroinvertebrados evidenciou um padrão espacial de distanciamento do P5 e P1 e uma aproximação entre os demais pontos, como também verificado ao analisar os parâmetros ambientais. O trecho da nascente (P1), mais distante da área urbana, apresentou elevados valores de diversidade e equitabilidade, sendo sua menor abundância total provavelmente devida às menores dimensões do rio neste ponto. Já no trecho severamente impactado pelo despejo de efluentes urbanos (P5), além de apresentar os menores valores de riqueza, diversidade e equitabilidade, a fauna foi distinta, com maior abundância relativa de Annelida-Oligochaeta, ao contrário dos demais pontos onde hexápodes se sobressaíram. O predomínio de Oligochaeta e Chironomidae em abundância absoluta e relativa no bentos do P5 pode ser relacionado à maior resistência destes grupos a condições ambientais adversas para o estabelecimento da maioria dos invertebrados bentônicos, principalmente quando considerado o baixo nível de oxigênio dissolvido aí encontrado (Azrina *et al.*, 2006). A quase total ausência de outros grupos de insetos aquáticos (além de quironomídeos) também contribuiu grandemente para a diferenciação do P5, uma vez que grande parte desses grupos é usualmente descrita como sensível a perturbações ambientais (Hepp *et al.*, 2013), estando comumente associados a locais com alta diversidade de habitats, além de elevadas concentrações de oxigênio dissolvido na água (Goulart & Callisto, 2003).

A variação sazonal observada, com menor abundância e riqueza do bentos durante a estação chuvosa, pode ser resultado da maior pluviosidade nesta estação e do consequente aumento no arraste do substrato e dos organismos a ele associados. Além disso, esse arraste pode estar relacionado a um rearranjo na estrutura da fauna (Yokoyama *et al.*, 2012), ocasionando a redução na dominância de Diptera e a distribuição mais uniforme das abundâncias entre pelo menos quatro ordens de insetos neste período. Uma maior abundância e riqueza de invertebrados bentônicos durante a estação seca tem sido um padrão ressaltado por diversos autores (Uieda & Gajardo, 1996; Kikuchi & Uieda, 2005; Bispo *et al.*, 2006; Mesa *et al.*, 2009; Ríos-Touma *et al.*, 2011; Yokoyama *et al.*, 2012). Porém, ausência de evidências de influência sazonal na estrutura do bentos também pode ocorrer, como no trabalho de Melo & Froehlich (2001), os quais consideraram que uma vez que a fauna bentônica apresenta-se adaptada às variações sazonais do ambiente, apenas eventos drásticos alterariam significativamente sua estrutura.

Cortezzi *et al.* (2009), analisando o bentos de riachos da região centro-oeste do Brasil que atravessam áreas protegidas, agrícolas e urbanas, encontraram menor riqueza de espécies em local extremamente impactado por ações antrópicas, enquanto outros pontos sujeitos a diferentes intensidades de impactos apresentaram riquezas similares. Resultados semelhantes também foram encontrados no presente estudo, onde a estrutura da fauna bentônica foi semelhante nos

trechos com características ambientais similares e presença de impactos antrópicos intermediários (P2, P3 e P4), tendo sido as variações sazonais o principal fator responsável pelas dissimilaridades encontradas. Por outro lado, nos trechos com condições ambientais mais extremas (P1 e P5), uma menor influência sazonal sobre a fauna foi encontrada, com as diferenças espaciais contribuindo de modo mais significativo para a diferenciação desses pontos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agostinho, A. A.; Thomaz, S.; Gomes, L. C. (2005). Conservation of the biodiversity of Brazil's inland waters. *Conservation Biology*, 19(3): 646-652.
- Azrina, M. Z.; Yap, C. K.; Rahim Ismail, A.; Ismail, A.; Tan, S. G. (2006). Anthropogenic impacts on the distribution and biodiversity of benthic macroinvertebrates and water quality of the Langat River, Peninsular Malaysia. *Ecotoxicology and environmental safety*, 64(3): 337-347.
- Barrella, W.; Petrere-Jr, M.; Smith, W. S.; Montag, L. F. A. (2000). As Relações entre as Matas Ciliares, os Rios e os Peixes. *Matas ciliares: conservação e recuperação*, 2: 187-207.
- Bispo, P. C.; Oliveira, L. G.; Bini, L. M.; Sousa, K. G. (2006). Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera assemblages from riffles in mountain streams of central Brazil: environmental factors influencing the distribution and abundance of immatures. *Brazilian Journal of Biology*, 66(2): 611-622.
- Brasil. Resolução CONAMA n. 274, de 29 de novembro de 2000. Publicado no Diário Oficial da União em 25 de janeiro de 2001.
- Brasil. Resolução CONAMA n. 357, de 17 de março de 2005. Publicado no Diário Oficial da União em 18 de março de 2015.
- Brasil. Decreto Estadual n. 8468, de 8 de setembro de 1976. Publicado no Diário Oficial da União em 9 de setembro de 1976.
- Buss, D. F.; Baptista, D. F. & Nessimian, J. L. (2003). Bases conceituais para a aplicação de biomonitoramento em programas de avaliação da qualidade da água de rios. *Caderno Saúde Pública*, 19(2): 465-473.
- Callisto, M.; Moretti, M. & Goulart, M. (2001). Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta para avaliar a saúde de riachos. *Revista brasileira de recursos hídricos*, 6(1): 71-82.

- Carpenter, S. R.; Stanley, E. H.; Vander Zanden, M. J. (2011). State of the world's freshwater ecosystems: physical, chemical, and biological changes. *Annual Review of Environment and Resources*, 36: 75-99.
- Clarke, K. R. & Gorley, R. M. (2006). Primer v6: User manual/tutorial. Primer-E: Plymouth.
- Clarke, A.; Mac Nally, R.; Bond, N.; Lake, P. S. (2008). Macroinvertebrates diversity in headwater streams: a review. *Freshwater biology*, 53(9): 1707-1721.
- CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2013). Qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo. Apêndice D - Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade. São Paulo: Série Relatórios. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br>.
- Cortezzi, S. S.; Bispo, P. C.; Paciencia, G. P.; Leite, R. C. (2009). Influência da ação antrópica sobre a fauna de macroinvertebrados aquáticos em riachos de uma região de cerrado do sudoeste do Estado de São Paulo. *Iheringia, Série Zoologia*, 99(1): 36-43.
- Domínguez, E. & Fernández, H. R. (2009). Macroinvertebrados bentônicos sudamericanos: sistemática y biología. Tucumán: Fundación Miguel Lillo, 656p.
- Golterman, H. L.; Clymo, R. S. & Ohnstad, M. A. M. (1978). Methods for physical and chemical analysis of freshwater. Oxford: Scientific Publications. 213p.
- Gomi, T.; Sidle, R. C.; Noguchi, S.; Negishi, J. N.; Nik, A. R.; Sasaki, S. (2006). Sediment and wood accumulations in humid tropical headwater streams: effects of logging and riparian buffers. *Forest Ecology and Management*, 224(1): 166-175.
- Goulart, M. & Callisto, M. (2003). Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. *Revista da FAPAM*, 2(1): 1-9.
- Hepp, L. U.; Restello, R. M.; Milesi, S. V.; Biasi, C.; Molozzi, J. (2013). Distribution of aquatic insects in urban headwater streams. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 25(1): 1-9.
- Iliopoulou-Georgudaki, J.; Kantzaris, V.; Katharios, P.; Kaspiris, P.; Georgiadis, T.; Montesantou, B. (2003). An application of different bioindicators for assessing water quality: a case study in the rivers Alfeios and Pineios (Peloponnisos, Greece). *Ecological Indicators*, 2(4): 345-360.
- Kikuchi, R. M.; Uieda, V. S. (2005). Composição e distribuição dos macroinvertebrados em diferentes substratos de fundo de um riacho no município de Itatinga, São Paulo, Brasil. *Entomologia y Vectores*, 12(2): 193-231.
- Krebs, C. J. (1989). Ecological methodology. New York. Harper & Row Publishers, 654p.
- Köppen, W. (1948). Climatologia. México. Fondo de Cultura Económica.
- Leopoldo, P. R. & Sousa, A. P. (1979). Hidrometria. São Paulo. FCA, UNESP, 71p.

- Lopretto, E. C. & Tell, G., 1995. Ecosistemas de aguas continentales: metodologias para su studio. Argentina. Ed. Sur., Tomo III, 1397p.
- Melo, A. S. & Froehlich, C. G. (2001). Macroinvertebrates in neotropical streams: richness patterns along a catchment and assemblage structure between 2 seasons. *Journal of the North American Benthological Society*, 20(1): 1-16.
- Merritt, R. W & Cummins, K. W. (1996). An introduction to the aquatic insects of North America. Dubuque. Kendall/Hunt, 722p.
- Mesa, L. M.; Fernández, H. R.; Manzo, M. V. (2009). Seasonal patterns of benthic arthropods in a subtropical Andean basin. *Limnological-Ecology and management of inland waters*, 39(2): 152-162.
- Monteiro, C. H. B. (Coordenador geral). (2009). Plano de manejo da estação ecológica de Angatuba. Secretaria de Meio Ambiente, Instituto Florestal. São Paulo.
- Monteiro, T. R.; Oliveira, L. G.; Godoy, B. S. (2008). Biomonitoramento da qualidade de água utilizando macroinvertebrados bentônicos: adaptação do índice biótico BMWP à bacia do rio Meia Ponte-GO. *Oecologia Brasiliensis*, 12(3): 553-563.
- Moore, A. A. & Palmer, M. A. (2005). Invertebrate biodiversity in agricultural and urban headwater streams: implications for conservation and management. *Ecological Applications*, 15(4): 1169-1177.
- Morley, S. A. & Karr, J. R. (2002). Assessing and restoring the health of urban streams in the Puget Sound basin. *Conservation Biology*, 16(6): 1498-1509.
- Pennak, R. W. (1978). Freshwater invertebrates of the United States. New York. John Wiley & Sons, 2ª Ed., 803p.
- Ribeiro, L. O. & Uieda, V. S. (2005). Estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos de um riacho de serra em Itatinga, São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 22(3): 613-618.
- Ríos-Touma, B.; Encalada, A. C.; Prat Fornells, N. (2011). Macroinvertebrates assemblages of an Andean high-altitude tropical stream: the importance of season and flow. *International Review of Hydrobiology*, 96(6): 667-685.
- Rocha, S. A.; Lougon, M. S.; Garcia, G. O. (2009). Influência de diferentes fontes de poluição no processo de eutrofização. *Revista Verde*, 4(4): 1-6.
- Schwoerbel, J. (1975). Métodos de hidrobiologia. Madrid. H. Blume ediciones, 262p.
- Tonon, L. A. C.; Branco, I. G.; Pieretti, G. G.; Seloin, V. J.; Bergamasco, R.; Madrona, G. S.; Moura, M. M.; Scapim, M. R. S. (2013). Análise de Parâmetros de qualidade da água para consumo humano. *Revista Tecnológica*, 22(1): 35-41.

- Uieda, V. S.; Gajardo, I. C. S. M. (1996). Macroinvertebrados perifíticos encontrados em poções e corredeiras de um riacho. *Naturalia, São Paulo*, 21: 31-47.
- Vasconcelos, M. C. & Melo, A. S. (2008). An experimental test of the effects of inorganic sediment addition on benthic macroinvertebrates of a subtropical stream. *Hydrobiologia*, 610(1): 321–329.
- Veloso, H. P.; Rangel Filho, A. L. R.; Lima, J. C. A. (1991). Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal. Rio de Janeiro. Fundação IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 124p.
- Wantzen, K. M. (2006). Physical pollution: effects of gully erosion on benthic invertebrates in a tropical clear-water stream. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 16(7): 733–749.
- Yokoyama, E.; Paciencia, G. P.; Bispo, P. C.; Oliveira, L. G.; Bispo, P. C. (2012). A sazonalidade ambiental afeta a composição faunística de Ephemeroptera e Trichoptera em um riacho de Cerrado do Sudeste do Brasil? *Ambiência Guarapuava*, 8(1): 73-84.

Tabela I. Caracterização ambiental dos cinco pontos amostrados ao longo do Ribeirão Grande (Angatuba, SP).

Características	P1	P2	P3	P4	P5
Coordenadas	23°29'38,9"S	23°29'24,5"S	23°29'36,9"S	23°29'20,6"S	23°28'44,6"S
geográficas	48°20'8,4"W	48°21'52,6"W	48°23'13,9"W	48°23'48,6"W	48°25'37,4"W
Elevação (m)	660	587	611	610	600
Localização	Nascente	Área rural	Área suburbana	Área suburbana	Área urbana
Vegetação marginal	Mata ciliar íntegra	Bambuzal (margem direita) e pasto (esquerda)	Arbórea, mais densa na margem direita	Arbórea, mais densa na margem direita	Arbustiva, intercalada com bambuzal e eucalipto
Impactos antrópicos	Sem impactos evidentes	Trecho sujeito ao pastoreio de gado	Poluição orgânica de esgoto doméstico e criações animais	Poluição orgânica de esgoto doméstico e criações animais	Despejo de esgoto urbano
					

Tabela II. Média e desvio padrão dos parâmetros ambientais analisados nos cinco pontos ao longo do Ribeirão Grande (Angatuba, SP), durante a estação seca, em setembro de 2013. SSI- sólidos suspensos inorgânicos, SSO- sólidos suspensos orgânicos.

Parâmetros ambientais	Estação Seca				
	P1	P2	P3	P4	P5
Largura (cm)	380,00 ± 28,28	320,00 ± 56,57	899,00 ± 128,69	832,50 ± 38,89	415,00 ± 106,07
Profundidade (cm)	8,21 ± 5,85	19,30 ± 10,38	9,38 ± 6,49	11,97 ± 5,49	14,04 ± 6,93
Temperatura água (°C)	20,5	19,5	20,0	19,0	18,5
Correnteza (cm/s)	25,78 ± 2,06	49,27 ± 2,97	32,45 ± 2,07	28,42 ± 0,66	49,02 ± 2,05
Vazão (m ³ /s)	0,07	0,28	0,31	0,27	0,27
Cobertura vegetal (%)	28,00 ± 24,98	100,00 ± 0,00	45,33 ± 46,01	92,00 ± 10,58	10,67 ± 18,48
O ₂ dissolvido (mg/l)	7,81 ± 0,31	7,55 ± 0,66	7,75 ± 0,72	8,34 ± 0,31	5,07 ± 0,16
pH	7,49 ± 0,01	7,74 ± 0,03	7,77 ± 0,04	7,86 ± 0,03	7,42 ± 0,04
SSI (mg/l)	2,77 ± 0,22	3,09 ± 0,81	1,87 ± 0,26	1,74 ± 0,08	3,16 ± 0,19
SSO (mg/l)	1,50 ± 0,13	0,72 ± 0,05	0,89 ± 0,17	0,75 ± 0,12	3,33 ± 0,17
Cloretos (mg/l)	12	12	12	16	16
Dureza (mg/l)	56	72	68	136	92
Alcalinidade (mg/l)	44	96	100	92	100
Amônia (mg/l N-NH ₃)	0,10	0,10	0,10	0,10	1,00
Cloro livre (mg/l)	0	0	0	0	0
Ferro (mg/l)	0	0	0	0	0,25
Turbidez (NTU)	50-100	50-100	50-100	50-100	50-100
Coliformes fecais (UFC/100ml)	320	400	1120	560	2000
Coliformes totais (UFC/100ml)	1680	1440	3120	2880	6000

Tabela III. Média e desvio padrão dos parâmetros ambientais analisados nos cinco pontos ao longo do Ribeirão Grande (Angatuba, SP), durante a estação chuvosa, em janeiro de 2014. SSI- sólidos suspensos inorgânicos, SSO- sólidos suspensos orgânicos.

Parâmetros ambientais	Estação Chuvosa				
	P1	P2	P3	P4	P5
Largura (cm)	308,50 ± 12,02	352,50 ± 17,68	1037,00 ± 32,53	830,00 ± 14,14	568,00 ± 39,60
Profundidade (cm)	6,81 ± 5,00	12,34 ± 5,49	8,08 ± 4,86	10,05 ± 6,41	14,78 ± 7,11
Temperatura água (°C)	23,0	22,0	23,0	24,0	24,0
Correnteza (cm/s)	23,17 ± 0,46	26,69 ± 0,69	28,47 ± 2,51	28,64 ± 2,37	38,93 ± 3,36
Vazão (m ³ / s)	0,04	0,10	0,19	0,23	0,31
Cobertura vegetal (%)	53,33 ± 12,22	86,67 ± 23,09	58,67 ± 50,96	92,00 ± 8,00	0,00 ± 0,00
O ₂ dissolvido (mg/l)	6,84 ± 0,16	6,60 ± 0,06	6,94 ± 0,15	7,16 ± 0,31	4,51 ± 0,26
pH	8,89 ± 0,01	8,66 ± 0,01	8,57 ± 0,01	8,59 ± 0,01	8,36 ± 0,02
SSI (mg/l)	10,22 ± 4,06	5,96 ± 0,07	8,75 ± 0,11	6,23 ± 0,34	16,57 ± 0,48
SSO (mg/l)	1,29 ± 0,38	1,34 ± 0,22	1,30 ± 0,06	1,45 ± 0,58	5,77 ± 0,06
Cloretos (mg/l)	8	12	16	12	12
Dureza (mg/l)	76	60	80	24	24
Alcalinidade (mg/l)	56	84	116	116	104
Amônia (mg/l N-NH ₃)	1,0	3,0	0,10	0,10	3,0
Cloro livre (mg/l)	0	0	0	0,10	0
Ferro (mg/l)	0	0	0	0	0
Turbidez (NTU)	0 - 50	0 - 50	0 - 50	0 - 50	0 - 50
Coliformes fecais (UFC/100ml)	560	1280	880	800	4640
Coliformes totais (UFC/100ml)	800	3520	3040	2800	9920

Tabela IV. Valores dos coeficientes de combinações lineares dos dois eixos resultantes da Análise de Componentes Principais (PC1 e PC2), aplicada para os dados ambientais mensurados nos cinco pontos ao longo do Ribeirão Grande e analisados para as duas estações em conjunto. Em negrito as variáveis que melhor explicaram a distribuição dos pontos nos eixos ($>0,300$). SSI=sólidos suspensos inorgânicos; SSO=sólidos suspensos orgânicos.

Parâmetros ambientais	PC1	PC2
Largura	0,041	- 0,156
Profundidade	- 0,255	- 0,236
Correnteza	- 0,286	- 0,304
Vazão	- 0,231	- 0,348
Oxigênio dissolvido	0,424	- 0,116
pH	0,002	0,384
SSI	- 0,236	0,372
SSO	- 0,401	0,123
Cloretos	- 0,087	- 0,381
Dureza	0,186	- 0,270
Alcalinidade	- 0,219	- 0,213
Amônia	- 0,300	0,267
Cloro livre	0,020	0,060
Ferro	- 0,210	- 0,219
Coliformes fecais	- 0,421	0,076
% Variação	32,5	26,1

Tabela V. Lista taxonômica do total de macroinvertebrados bentônicos amostrados no Ribeirão Grande (Angatuba, SP) e sua ocorrência em cada um dos cinco pontos (+ = presença; - = ausência). Dominância dos grupos por ponto definida a partir de valores de abundância relativa e indicada na tabela pelas cores: cinza claro para grupos raros (AR<1%), cinza médio para intermediários (1%>AR<10%), cinza escuro para abundantes (AR>10%).

	P1	P2	P3	P4	P5
PROTOZOA – “Amoebozoa”- “Lobosea” – tecameba	-	+	+	+	-
ANIMAL					
Filo Cnidaria - Classe Hydrozoa – <i>Hydra</i> Linnaeus, 1758	+	+	-	-	+
Filo Platyhelminthes - Classe “Turbellaria”	+	+	+	+	-
Filo Nemertea	+	+	+	-	-
Filo Nematomorpha	-	-	-	+	-
Filo Mollusca					
Classe Gastropoda					
Família Ancyliidae	+	+	+	-	+
Família Physidae - <i>Physa</i> Draparnaud, 1801	-	-	-	-	+
Filo Annelida					
Classe Hirudinea	-	+	-	+	+
Classe Oligochaeta	+	+	+	+	+
Classe Polychaeta - <i>Stratiodrilus</i> Haswell, 1900	-	-	-	+	-
Filo Nematoda	+	+	+	+	+
Filo Arthropoda – Chelicerata - Classe Arachnida - Acarina	+	+	+	+	+
Filo Arthropoda – Crustacea					
Classe Cladocera	-	-	-	-	+
Classe Copepoda – Ordem Cyclopoida	+	+	+	+	+
Classe Ostracoda	+	+	+	+	+
Classe Malacostracoda - Decapoda - Família Aeglididae	+	+	-	+	-
Filo Arthropoda – Tracheata – Hexapoda					
Ordem Collembola					
Família Isotomidae	+	+	+	+	+

Continua

Tabela V. Continuação.

	P1	P2	P3	P4	P5
Família Poduridae	-	+	+	-	+
Família Sminthuridae	-	-	-	+	-
Ordem Coleoptera					
Família Elmidae					
<i>Heterelmis</i> Bosse, Tuff & Brown, 1988	+	+	+	+	-
<i>Hexacylloepus</i> Hinton, 1940	+	+	-	-	-
<i>Macrelmis</i> Motschulsky, 1859	+	+	+	+	+
<i>Neoelmis</i> Musgrave, 1935	+	+	+	+	+
Família Hydroscaphidae	-	-	-	+	-
Família Psephenidae – <i>Psephenus</i> DeKay, 1844	+	+	+	+	+
Família Staphylinidae	+	+	+	-	-
Ordem Diptera					
Família Ceratopogonidae					
<i>Atrichopogon</i> Kieffer, 1906	+	+	-	+	-
<i>Bezzia</i> Kieffer, 1899	+	+	+	+	+
Família Chironomidae					
Chironominae	+	+	+	+	+
Orthocladiinae	+	+	+	+	+
Tanypodinae	+	+	+	+	+
Família Culicidae	-	-	-	-	+
Família Empididae	+	+	+	+	+
Família Muscidae	-	-	-	-	+
Família Psychodidae	+	+	+	+	+
Família Simuliidae – <i>Simulium</i> Latreille, 1802	+	+	+	+	+
Família Stratiomyidae	+	-	-	-	+
Família Tabanidae	-	+	-	+	-
Família Tipulidae	-	+	-	+	+
Pupas de Diptera	+	+	+	+	+

Continua

Tabela V. Continuação

	P1	P2	P3	P4	P5
Ordem Ephemeroptera					
Família Baetidae					
<i>Americabaetis</i> Kluge, 1992	+	+	+	+	+
<i>Baetodes</i> Needham & Murphy, 1924	+	+	+	+	+
<i>Callibaetis</i> Eaton, 1881	+	-	-	-	-
<i>Camelobaetidius</i> Demoulin, 1966	+	+	+	+	-
<i>Cloeodes</i> Traver, 1938	-	-	-	+	-
<i>Guajirolus</i> Flowers, 1985	-	+	-	-	-
<i>Tupiara</i> Salles, Lugo-Ortiz, Da-Silva & Francischetti, 2003	-	+	+	+	-
Família Caenidae - <i>Caenis</i> Stephens, 1835	+	+	+	+	-
Família Leptohyphidae					
<i>Traveryphe</i> Molineri, 2001	+	+	+	+	+
<i>Tricorythopsis</i> Traver, 1958	-	-	+	+	-
Família Leptophlebiidae					
<i>Hagenulopsis</i> Ulmer, 1920	-	+	+	+	+
<i>Massartella</i> Lestage, 1930	-	-	-	+	-
<i>Thraulodes</i> Ulmer, 1920	+	+	+	+	-
Pupas de Ephemeroptera	-	+	-	-	-
Ordem Hemiptera –Veliidae- <i>Rhagovelia</i> Mayr, 1865	-	+	-	-	-
Ordem Lepidoptera - Crambidae – <i>Petrophila</i> Guilding, 1830	-	-	+	-	-
Ordem Megaloptera - Corydalidae – <i>Corydalus</i> Linnaeus, 1758	+	+	-	-	-
Ordem Odonata					
Família Coenagrionidae - <i>Argia</i> Rambur, 1842	+	+	+	+	-
Família Calopterigidae - <i>Hetaerina</i> Hagen, 1853	-	+	-	-	-
Família Corduliidae - <i>Navicordulia</i> Machado & Costa, 1995	-	-	-	-	+
Família Gomphidae	-	-	-	+	-
Família Libellulidae	-	-	-	+	-

Continua

Tabela V. Continuação

	P1	P2	P3	P4	P5
Ordem Plecoptera - Família Grypopterygidae					
<i>Paragripopteryx</i> Enderlein, 1909	+	+	-	+	-
<i>Tupiperla</i> Froehlich, 1969	+	-	-	-	-
Ordem Trichoptera					
Família Glossosomatidae					
<i>Culoptila</i> Mosely, 1954	-	-	+	-	-
<i>Mexitrichia</i> Mosely, 1937	-	+	+	+	-
<i>Protoptila</i> Banks, 1904	-	+	+	+	-
Família Hydropsychidae – <i>Smicridea</i> McLachlan, 1871	+	+	+	+	+
Família Hydroptilidae					
<i>Hydroptila</i> Dalman, 1819	+	-	+	-	-
<i>Metrichia</i> Ross, 1938	+	+	+	+	-
<i>Neotrichia</i> Morton, 1905	+	+	+	+	-
Família Philopotamidae					
<i>Chimarra</i> Stephens, 1829	+	+	+	+	-
<i>Wormaldia</i> McLachlan, 1865	-	+	+	+	-
Pupas de Trichoptera	+	+	+	+	+

Tabela VI. Resultados dos índices ecológicos obtidos a partir das 84 UTO's coletadas nos cinco pontos ao longo do Ribeirão Grande (Angatuba, SP), em setembro de 2013 (estação seca) e janeiro de 2014 (estação chuvosa). Classificação baseada nos valores de abundância relativa (AR): raros com $AR < 1\%$, intermediários com $1\% < AR < 10\%$ e abundantes com $AR > 10\%$.

Índices Ecológicos	Estação Seca				
	P1	P2	P3	P4	P5
Riqueza	36	48	45	49	22
Abundância total	1811	7773	5142	2485	20876
Diversidade (Shannon-Wiener)	3,099	2,840	2,900	3,627	1,638
Equitabilidade (Simpson)	0,144	0,099	0,102	0,159	0,092
% UTO's raras	69,44	81,25	75,56	67,35	59,09
% UTO's intermediárias	22,22	12,50	17,78	26,53	18,18
% UTO's abundantes	8,33	6,25	6,67	6,12	9,09

Índices Ecológicos	Estação Chuvosa				
	P1	P2	P3	P4	P5
Riqueza	34	45	37	38	29
Abundância total	662	2294	1136	962	11255
Diversidade (Shannon-Wiener)	3,253	3,617	4,091	4,075	2,236
Equitabilidade (Simpson)	0,141	0,140	0,294	0,281	0,105
% UTO's raras	61,76	57,78	45,95	52,63	72,41
% UTO's intermediárias	32,35	35,56	48,65	42,11	17,24
% UTO's abundantes	5,88	6,67	5,41	5,26	10,34

Tabela VII. Abundância absoluta (n) e relativa (%) dos grandes grupos de macroinvertebrados e das ordens de Hexapoda (em ambos apresentados somente os grupos com % > 1) coletados nos cinco pontos ao longo do Ribeirão Grande (Angatuba, SP), em setembro de 2013 (estação seca) Em negrito os grupos considerados mais abundantes (>10%).

Grandes grupos	Estação Seca									
	P1		P2		P3		P4		P5	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Nematoda	7	0,39	28	0,36	80	1,56	100	4,08	1795	8,74
Annelida	245	13,63	936	12,14	593	11,59	457	18,67	14600	71,13
Chelicerata	26	1,45	46	0,60	31	0,61	23	0,94	3	0,01
Hexapoda	1519	84,53	6703	86,24	4413	86,24	1868	76,31	4129	20,11
Ordens de Hexapoda	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Coleoptera	46	3,04	230	3,43	84	1,91	125	6,70	1	0,02
Diptera	632	41,72	5931	88,52	3669	83,22	1272	68,20	4105	99,98
Ephemeroptera	791	52,21	236	3,52	216	4,90	274	14,69	0	0,00
Plecoptera	17	1,12	2	0,03	0	0,00	3	0,16	0	0,00
Trichoptera	29	1,91	301	4,49	440	9,98	191	10,24	0	0,00

Tabela VIII. Abundância absoluta (n) e relativa (%) dos grandes grupos de macroinvertebrados e das ordens de Hexapoda (em ambos apresentados somente os grupos com % > 1) coletados nos cinco pontos ao longo do Ribeirão Grande (Angatuba, SP), em janeiro de 2014 (estação chuvosa) Em negrito os grupos considerados mais abundantes (>10%).

Grandes grupos	Estação Chuvosa									
	P1		P2		P3		P4		P5	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Nematoda	3	0,46	5	0,22	7	0,62	9	0,94	138	1,23
Annelida	274	41,77	795	34,87	105	9,27	217	22,77	6049	53,75
Chelicerata	18	2,74	24	1,05	24	2,12	14	1,47	11	0,10
Crustacea	0	0,00	0	0,00	3	0,26	1	0,10	858	7,62
Hexapoda	361	55,03	1456	63,86	994	87,73	712	74,71	4197	37,30
Ordens de Hexapoda	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Coleoptera	51	14,29	163	11,24	96	9,67	122	17,16	5	0,12
Diptera	166	46,50	543	37,45	201	20,24	190	26,72	4041	96,44
Ephemeroptera	49	13,73	348	24,00	222	22,36	157	22,08	126	3,01
Odonata	26	7,28	10	0,69	4	0,40	9	1,27	1	0,02
Trichoptera	65	18,21	386	26,62	470	47,33	233	32,77	17	0,41

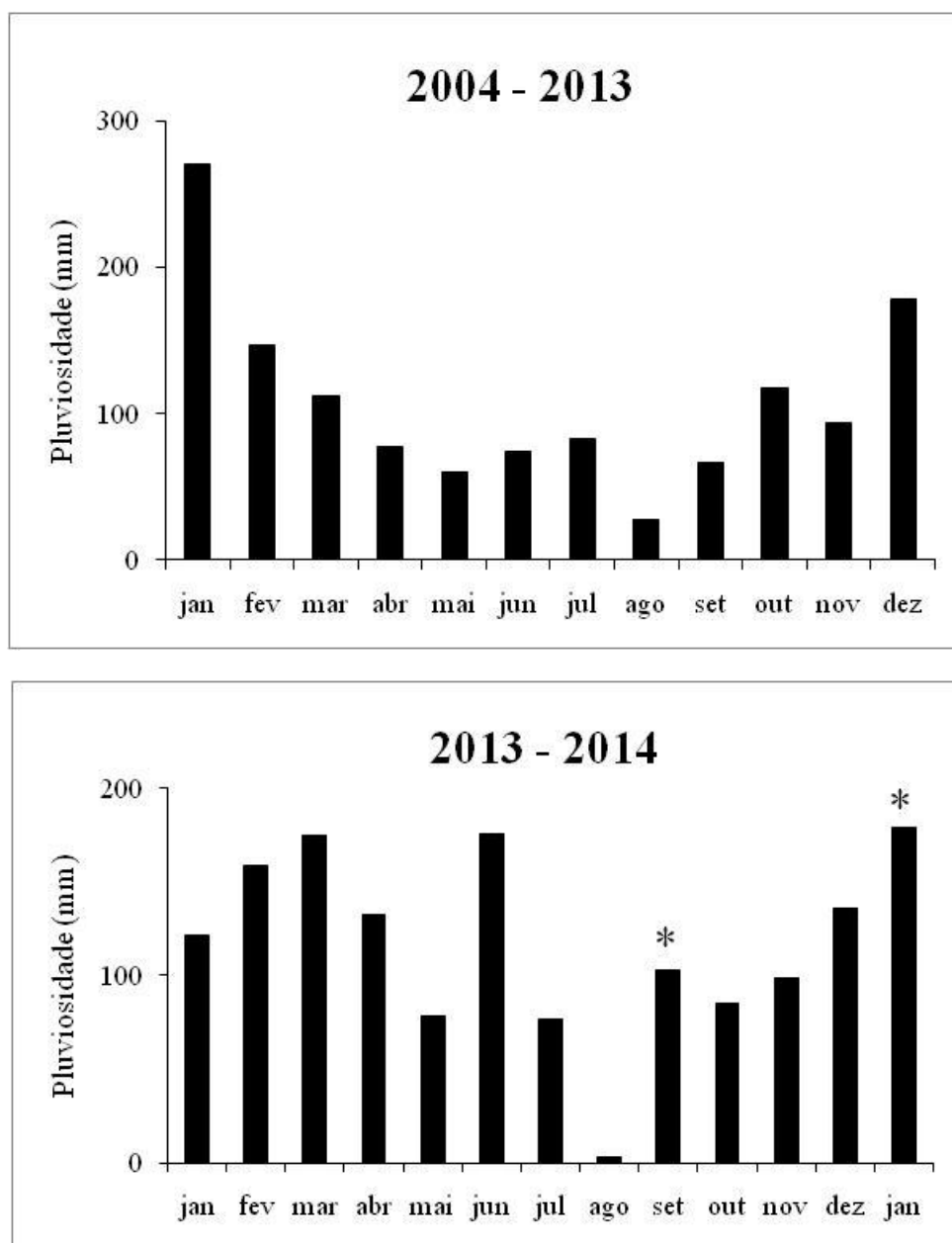


Figura 1. Valores mensais de pluviosidade (mm) referentes à média de 10 anos (2004-2013) e aos anos de 2013-2014, com indicação dos meses de coleta (*), ambos mensurados para o município de Angatuba, SP. (Fonte: Prefeitura Municipal de Angatuba-SP).

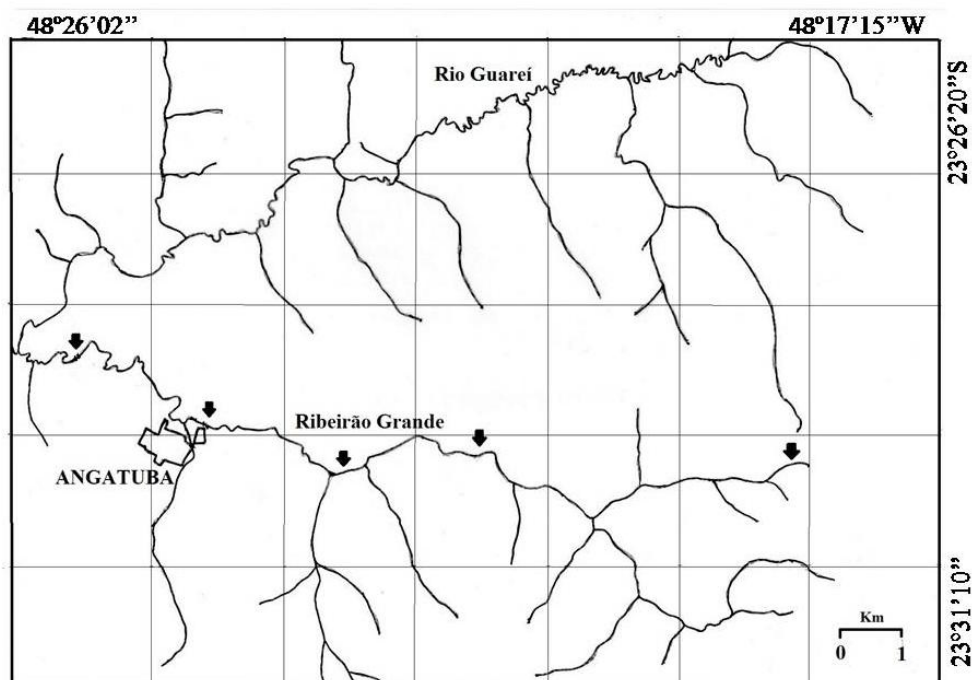


Figura 2. Localização dos cinco pontos amostrados (setas, indicando da direita para a esquerda os pontos de 1 a 5) no Ribeirão Grande, afluente da margem esquerda do Rio Guareí, município de Angatuba, SP (Carta IBGE, 1982).

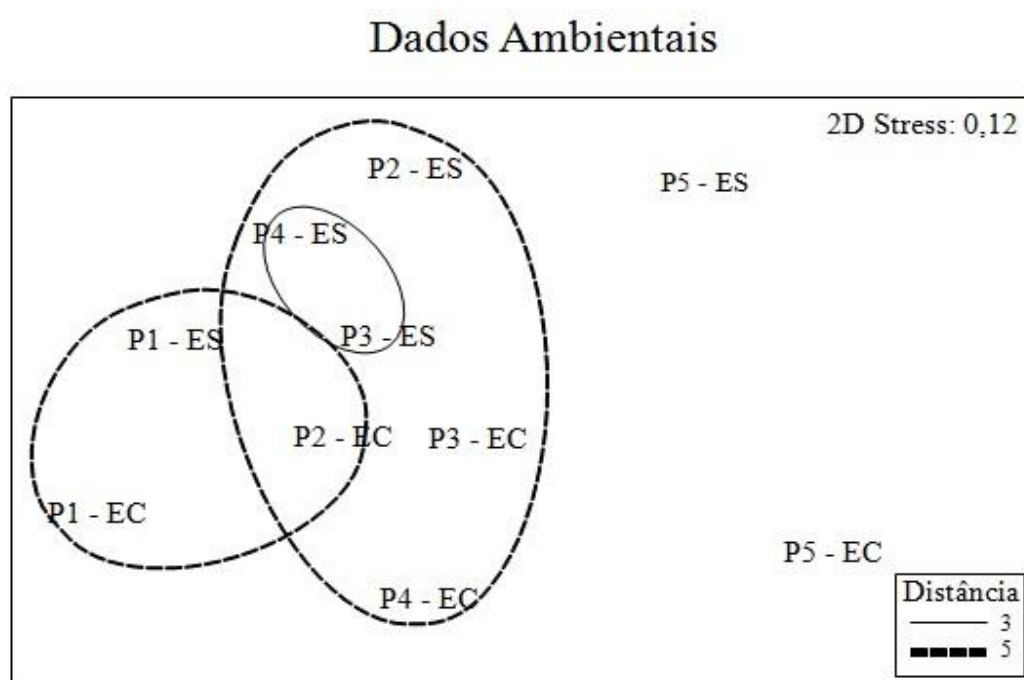
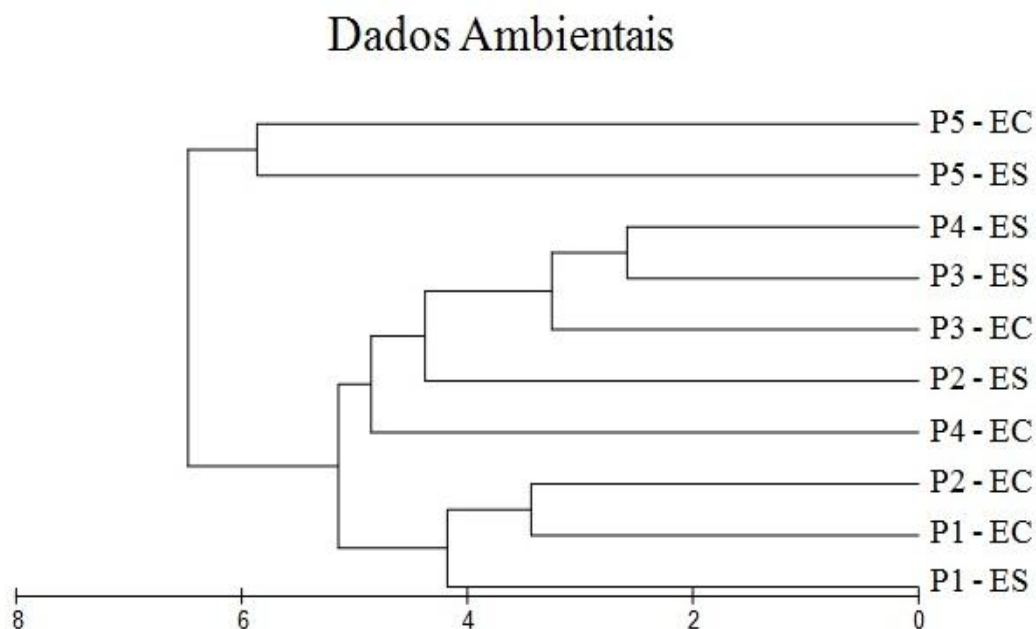


Figura 3. Dendrograma de agrupamento (Cluster) e ordenação resultante da análise de NMDS, aplicadas aos dados de 15 parâmetros ambientais mensurados nos cinco pontos ao longo do Ribeirão Grande (Angatuba, SP), durante as estações seca (ES) e chuvosa (EC).

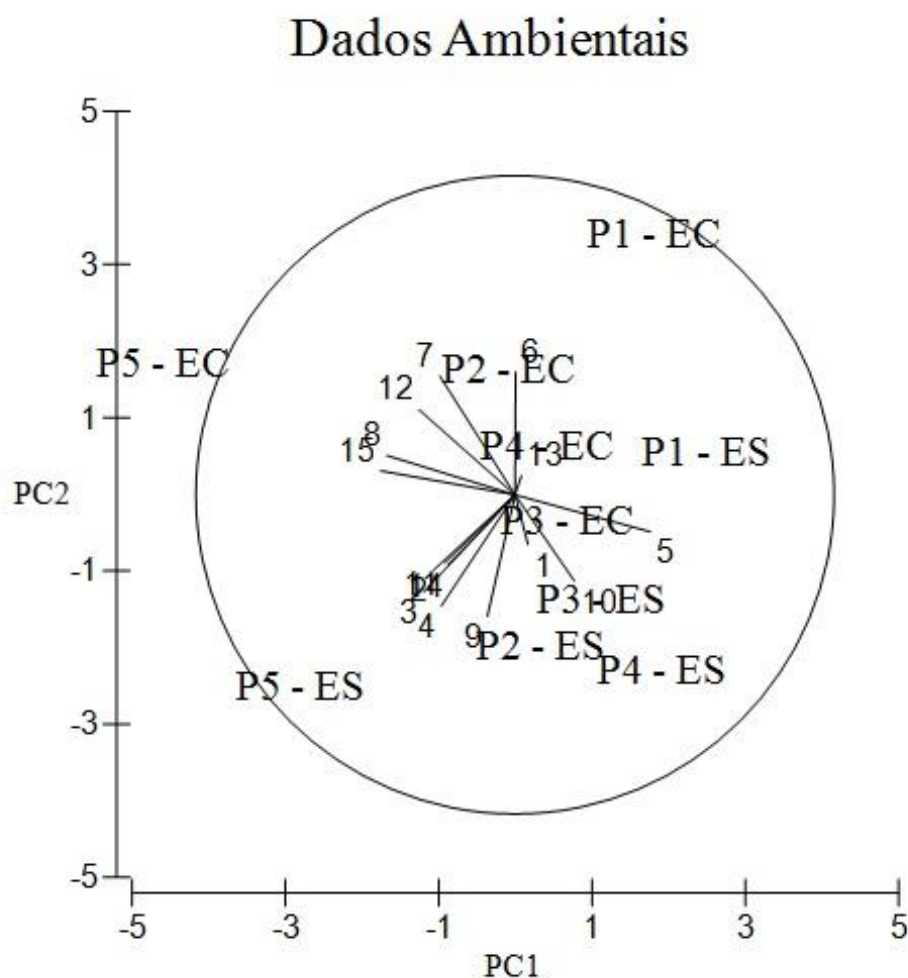


Figura 4. Análise de componentes principais (PCA) aplicada para 15 parâmetros ambientais mensurados nos cinco pontos ao longo do Ribeirão Grande (Angatuba, SP), durante as estações seca (ES) e chuvosa (EC). 1- Largura; 2- Profundidade; 3- Correnteza; 4- Vazão; 5- Oxigênio dissolvido; 6- pH; 7- Sólidos suspensos inorgânicos; 8- Sólidos suspensos orgânicos; 9- Cloretos; 10- Dureza; 11- Alcalinidade; 12- Amônia; 13- Cloro; 14- Ferro; 15- Coliformes fecais.

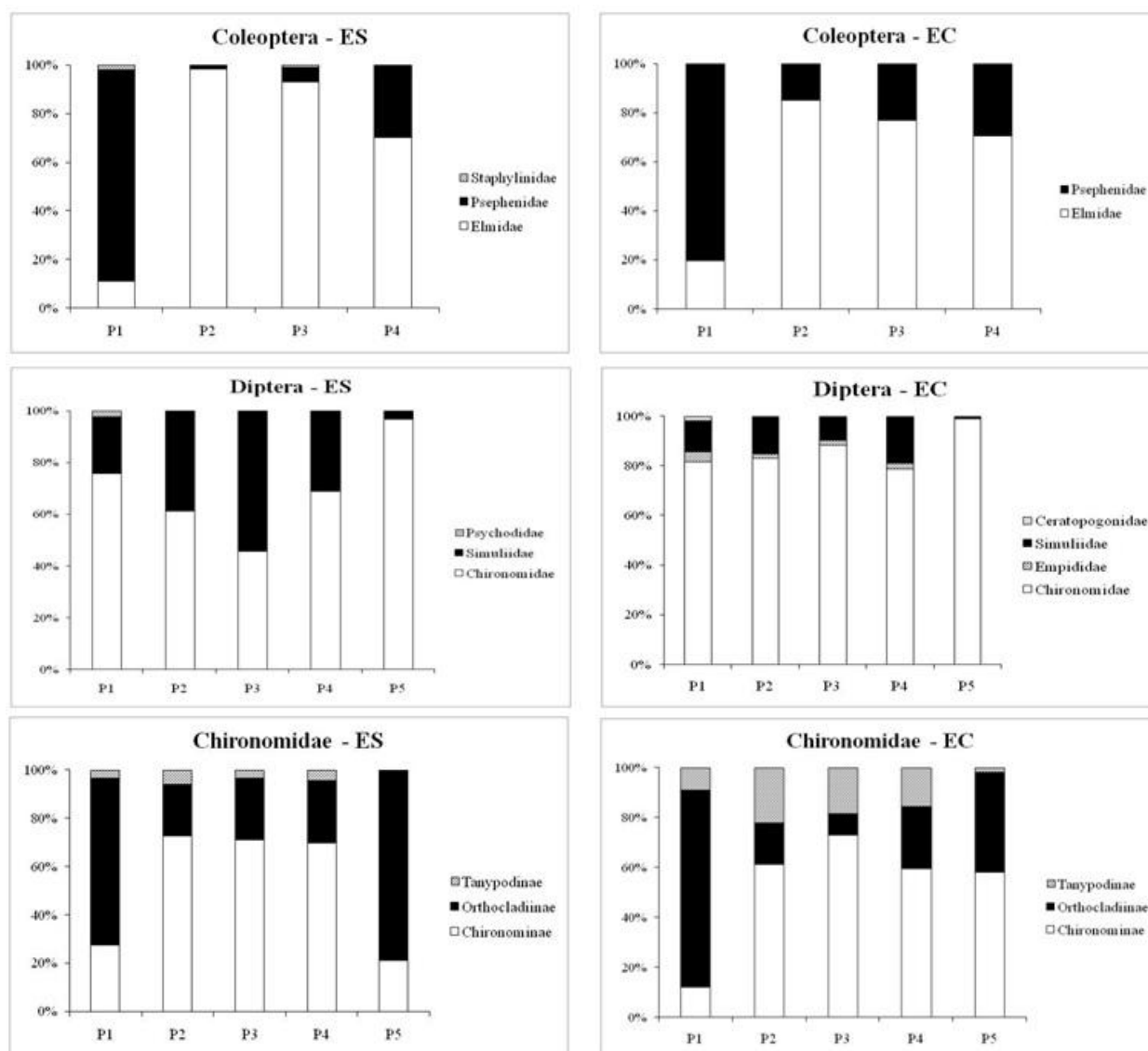


Figura 5. Abundância relativa (%) das famílias de Coleoptera e Diptera e das subfamílias de dípteros Chironomidae, amostradas nos cinco pontos ao longo do Ribeirão Grande (apresentados somente grupos com $\% > 1$), durante as estações seca (ES) e chuvosa (EC).

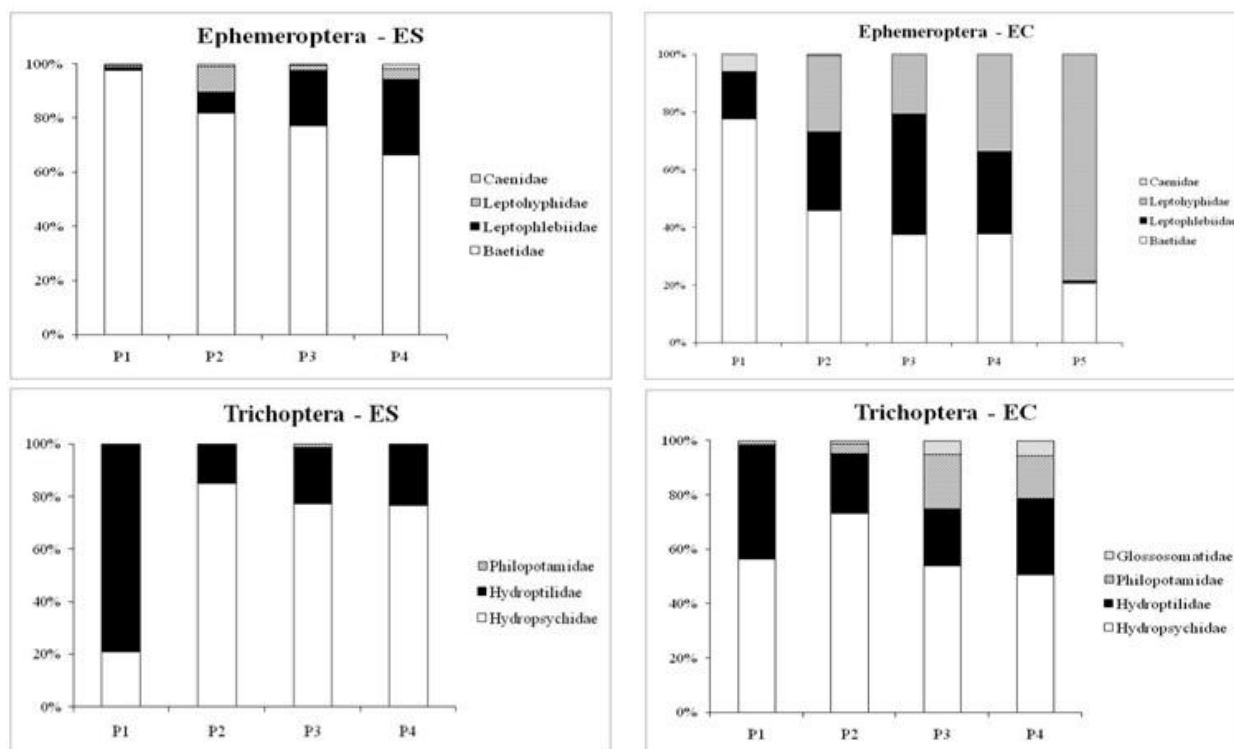


Figura 6. Abundância relativa (%) das famílias de Ephemeroptera e Trichoptera, amostradas nos cinco pontos ao longo do Ribeirão Grande (apresentados somente grupos com $\% > 1$), durante as estações seca (ES) e chuvosa (EC).

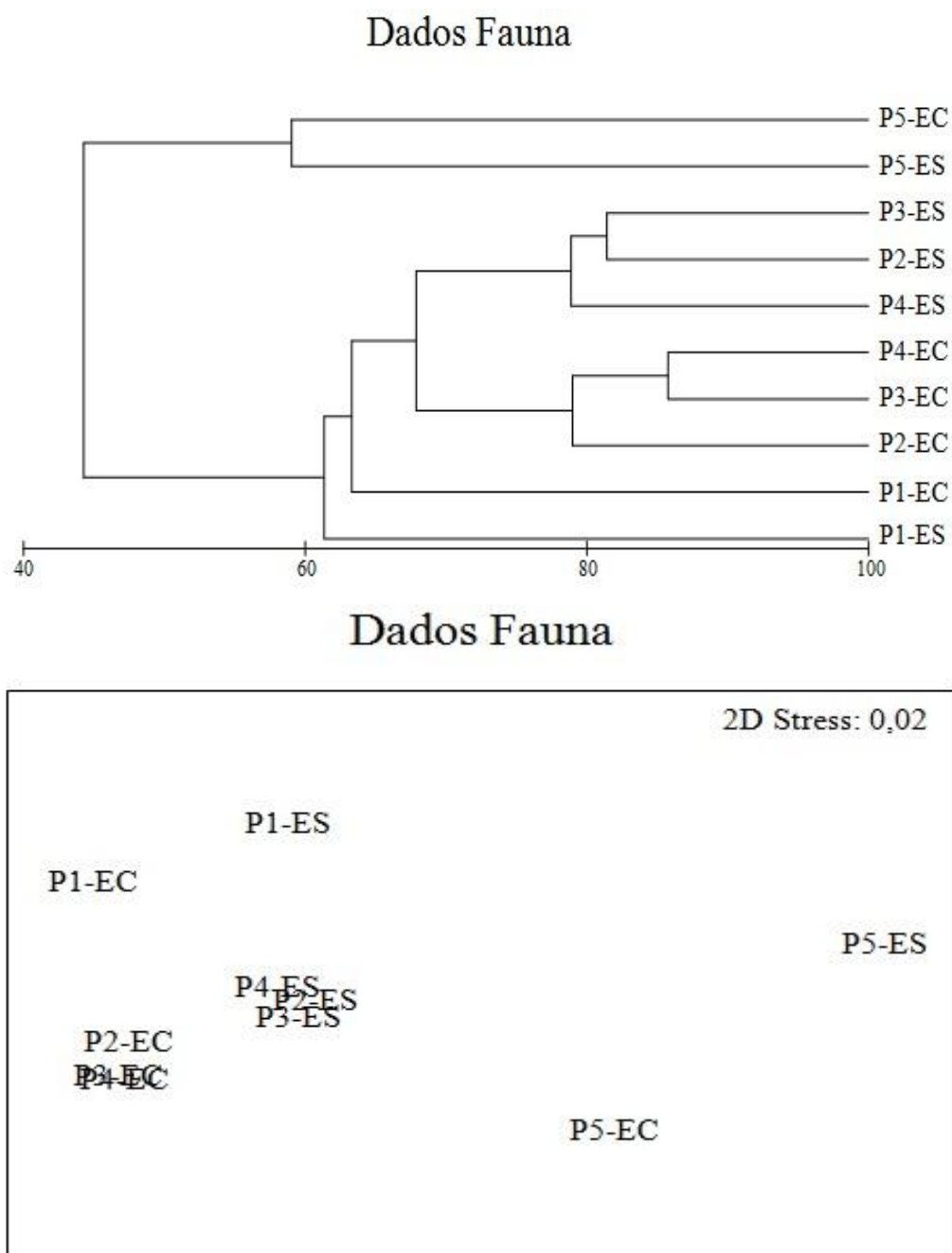


Figura 7. Dendrograma de agrupamento (Cluster) e ordenação resultante da análise de NMDS, construídos a partir dos dados de abundância das 84 UTO's coletadas nos cinco pontos ao longo do Ribeirão Grande (Angatuba, SP), durante as estações seca (ES) e chuvosa (EC).

CAPÍTULO II

DIETA DOS INSETOS BENTÔNICOS DE UM RIACHO PERTENCENTE À BACIA DO ALTO RIO PARANAPANEMA (MUNICÍPIO DE ANGATUBA, SP)

RESUMO

Os invertebrados bentônicos possuem papel central no metabolismo dos ecossistemas lóticos por participarem da ciclagem de nutrientes e do processamento da matéria orgânica, sendo o principal elo entre os recursos basais (matéria orgânica) e os níveis tróficos superiores. Apesar de sua importância na estrutura trófica desses ambientes, dados sobre seus hábitos alimentares ainda são escassos para riachos tropicais, sendo grande parte das informações inferidas a partir de estudos realizados em ambientes temperados. Neste trabalho, os insetos bentônicos foram coletados em cinco pontos de um riacho localizado no município de Angatuba (SP), durante as estações seca (setembro de 2013) e chuvosa (janeiro de 2014), sendo a dieta de 26 táxons determinada a partir da análise do conteúdo do tubo digestivo. As análises de agrupamento e de ordenação, aplicadas para os dados da dieta, definiram a formação de quatro grupos em função do maior consumo de: a) matéria orgânica particulada grossa e tecido animal; b) matéria orgânica particulada grossa e fina, associada a material vegetal; c) mais de 99% de matéria orgânica particulada fina; d) 97% de matéria orgânica particulada fina, mas com consumo também de material vegetal (3%). No geral, a maioria dos táxons analisados apresentou matéria orgânica particulada fina como recurso mais consumido (em volume e frequência), porém com o consumo também de outros itens alimentares. Somente em três táxons foi encontrada uma dieta especializada: algas filamentosas para *Metrichia*, tecido animal para *Argia* e epífiton para Psychodidae. Análises sazonais e/ou espaciais da dieta foram possíveis para 11 táxons, dos quais seis apresentaram variações, enquanto cinco mantiveram um consumo uniforme, evidenciando uma estabilidade espacial e/ou sazonal na dieta.

Palavras-chave: grupo trófico, hábito alimentar, macroinvertebrados, riacho tropical.

ABSTRACT

Benthic invertebrates have a central role in stream ecosystems metabolism as they participate in the nutrient cycling and organic matter processes, in addition to be the main link between basal resources (organic matter) and higher trophic levels. Despite their importance in the trophic structure of these environments, data about their feeding habits are still scarce in tropical streams, with most of the information being inferred from studies conducted in temperate regions. In this study, aquatic insects from a tropical stream located in the municipality of Angatuba, São Paulo State, were sampled in five sites, during the dry (September 2013) and rainy season (January 2014). The diet of 26 taxa was determined based on the gut contents analysis. Cluster and ordination analysis, applied to the diet data, showed the formation of four groups due to the higher consumption of: a) coarse particulate organic matter and animal tissue; b) coarse and fine particulate organic matter associated with vegetal material; c) over 99% of fine particulate organic matter; d) 97% of fine particulate organic matter, but also with consumption of vegetal material (3%). Overall, the majority of analyzed taxa showed fine particulate organic matter as the most consumed resource (both in volume and frequency), but with the ingestion of other food items too. Only three taxa showed a specialized diet: filamentous algae for *Metrichia*, animal tissue for *Argia* and epilithon for Psychodidae. Seasonal and/or spatial analysis of the diet were possible for 11 taxa, with six of them showing variation, while five remained unchanged, indicating spatial and/or seasonal stability in the aquatic insects diet.

Key-words: trophic groups, feeding habits, macroinvertebrates, tropical stream.

INTRODUÇÃO

Os invertebrados bentônicos possuem papel central no metabolismo dos ecossistemas lóticos por participarem da ciclagem de nutrientes e do processamento da matéria orgânica, promovendo a redução no tamanho das partículas orgânicas e a liberação de nutrientes para a coluna d'água e, assim, facilitando a ação de microdecompositores (Callisto & Esteves, 1998; Callisto *et al.*, 2001). Esta fauna também é importante no fluxo de energia, já que representam o principal elo entre os recursos basais (detritos e algas) e os níveis tróficos superiores (Carvalho & Uieda, 2004).

Apesar de sua importância na estrutura trófica de ambientes lóticos, dados sobre os hábitos alimentares dos invertebrados, representados principalmente por insetos aquáticos, ainda são escassos para riachos tropicais (Boyero *et al.*, 2009), sendo grande parte das informações inferidas a partir de ambientes temperados (Cheshire *et al.*, 2005; Uieda & Motta, 2007). A transferência de informações entre regiões diferentes requer parcimônia, uma vez que espécies taxonomicamente próximas podem apresentar dietas distintas em áreas tropicais e temperadas (Cheshire *et al.*, 2005; Tomanova *et al.*, 2006; Camacho *et al.*, 2009). Além disso, a maioria dos insetos aquáticos é oportunista, consumindo uma ampla variedade de recursos (Hynes, 1970) e apresentando certa flexibilidade quanto à estratégia alimentar adotada (Henriques-Oliveira *et al.*, 2003).

Neste contexto, a determinação da dieta e do hábito alimentar das espécies a partir de análises do trato digestivo pode ser considerada mais adequada em relação à utilização de categorias baseadas somente na morfologia das peças bucais e no comportamento alimentar, propostas para a fauna de regiões temperadas (Camacho *et al.*, 2009). Estudos com essa abordagem são necessários para evitar erros na classificação funcional dos organismos e por permitir uma descrição apropriada das relações tróficas em riachos tropicais (Tomanova *et al.*, 2006; Reynaga, 2009; Chará-Serna *et al.*, 2012), já que a atribuição dos macroinvertebrados em determinado grupo trófico funcional não é simples, sendo, às vezes, controverso (Masese *et al.*, 2014).

Assim, o presente trabalho teve como objetivo determinar a dieta e o hábito alimentar dos insetos bentônicos de um riacho tropical, através da análise do conteúdo do tubo digestivo, sendo também analisadas possíveis influências espaciais e sazonais das condições ambientais sobre a dieta.

ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado no Ribeirão Grande, o qual percorre a área urbana e rural do município de Angatuba (SP) e está inserido na Bacia do Alto Rio Paranapanema. O clima da região é do tipo Cwa (Köppen, 1948), sendo caracterizado por um verão úmido e quente e um inverno seco. A vegetação é composta por Floresta Estacional Semidecidual (Veloso *et al.*, 1991) e por áreas de Cerrado com três diferentes fisionomias: cerradão, cerrado *stricto sensu* e campo (Monteiro, 2009).

Ao longo do Ribeirão Grande foram selecionados cinco pontos de amostragem com diferentes condições ambientais. O Ponto 1 (23°29'38,9"S; 48°20'8,4"W); referente à área de nascente, constitui um trecho bem preservado, com mata ciliar íntegra e sem a presença evidente de impactos antrópicos. O Ponto 2 (23°29'24,5"S; 48°21'52,6"W); localizado em área rural, possui vegetação marginal composta por pastagem na margem esquerda e bambuzal na margem direita, sofrendo o impacto direto por pastoreio do gado. Os pontos 3 (23°29'36,9"S; 48°23'13,9"W) e 4 (23°29'20,6"S; 48°23'48,6"W), localizados na área suburbana do município, apresentam mata ciliar parcialmente preservada e estão expostos à poluição orgânica oriunda de esgoto doméstico e de criações animais de casas próximas ao riacho. O Ponto 5, (23°28'44,6"S; 48°25'37,4"W) corresponde ao trecho mais à jusante, localizado em área urbana e severamente impactado pelo despejo de esgoto urbano, com mata ciliar original substituída, principalmente por vegetação arbustiva, intercalada com bambuzal e eucalipto.

MATERIAL E MÉTODOS

Os insetos foram coletados nos cinco pontos ao longo do Ribeirão Grande, em dois períodos: uma coleta em setembro de 2013, referente à estação seca, e uma em janeiro de 2014, caracterizando a estação chuvosa. A coleta foi realizada com um amostrador tipo Surber (malha 250 µm), exclusivamente em trechos de rápido (*run*), com substrato composto por cascalho e areia, em um total de dez réplicas por ponto e estação. No laboratório, as amostras foram triadas sob estereomicroscópio binocular e os insetos aquáticos identificados até o menor nível taxonômico possível, com auxílio de bibliografias gerais (Pennak, 1978; Lopretto & Tell, 1995; Merritt & Cummins, 1996; Domínguez & Fernández, 2009), complementadas com trabalhos específicos quando necessário.

A dieta dos insetos foi determinada através da análise do conteúdo do trato digestivo, considerando, sempre que possível, indivíduos de maior tamanho (últimos ínstaes) para evitar

interferência de possível variação ontogenética na dieta. O tubo digestivo dos insetos foi extraído sob estereomicroscópio e colocado entre lâmina e lamínula para análise sob microscópio, sendo a área ocupada por cada item consumido mensurada com auxílio de uma ocular milimétrica. Esta área foi utilizada para determinação do percentual relativo ocupado por cada tipo de alimento, sendo este valor utilizado para o cálculo da média de consumo por item (média%), para o total de indivíduos analisado para cada táxon. A dieta foi analisada também quanto à frequência de ocorrência, ou seja, o número de indivíduos que consumiram determinado item em relação ao total de indivíduos analisados de cada táxon (FO%). As seguintes categorias de itens alimentares foram consideradas: matéria orgânica particulada grossa (MoPg), matéria orgânica particulada fina (MoPf), algas unicelulares (AlUn), algas filamentosas (AlFi), material vegetal (MaVe), fungo (Fung) e tecido animal (Anim). De acordo com os itens predominantemente consumidos (>10%), os insetos foram classificados nos seguintes grupos tróficos: detritívoros, herbívoros, carnívoros e onívoros (consumidores de recursos de duas ou mais categorias).

Uma caracterização geral da dieta (média % e FO %), considerando os dados de todos os pontos e estações em conjunto, foi realizada para os gêneros onde foram obtidos dados da dieta de um mínimo de cinco exemplares. Análise espacial e sazonal da dieta também foi realizada para os gêneros em que o número mínimo de exemplares foi conseguido em cada situação analisada (pontos e/ou estações). Para Diptera-Chironomidae, a dieta foi apresentada ao nível de subfamílias e realizada exclusivamente para a estação seca devido ao grande número de organismos coletados, sendo considerada apenas a frequência de ocorrência dos itens (FO%), uma vez que o pequeno tamanho dos organismos inviabilizava a mensuração da área relativa ocupada por cada recurso alimentar.

Com o objetivo de verificar possíveis padrões de agrupamento dos táxons em função dos itens predominantes na dieta, análises de agrupamento hierárquico (*Cluster*) e de ordenação NMDS (*non-metric multi-dimensional scaling*) foram aplicadas aos dados da dieta geral (média %). Para essas análises, os dados foram primeiramente transformados em log (x+1), sendo utilizada a medida de Bray-Curtis para a construção das matrizes de similaridade (Primer v.6; Clarke & Gorley, 2006).

RESULTADOS

Caracterização geral da dieta

Ao todo 26 táxons foram analisados, distribuídos em cinco ordens e 13 famílias. Para a maioria dos insetos amostrados foi possível a análise da dieta ao nível de gênero, com exceção

dos dípteros Psychodidae e Chironomidae analisados ao nível de família e subfamília, respectivamente (Tabela I).

Para os gêneros de Coleoptera analisados (Figura 1), o hábito detritívoro foi predominante, com maior consumo (em área e frequência) de matéria orgânica particulada fina na maioria dos casos analisados, com *Psephenus* alimentando-se exclusivamente desse item. A única exceção ocorreu para as larvas de *Heterelmis*, as quais foram onívoras, consumindo principalmente material vegetal, seguido de matéria orgânica particulada fina (Figura 1).

Para Ephemeroptera (Figura 1), também houve o predomínio do hábito detritívoro, com matéria orgânica particulada fina sendo o item mais consumido por todos os gêneros e correspondendo entre 90 e 100% da dieta. Entretanto, analisando a frequência de ocorrência, foi evidente para os efemerópteros uma dieta diversificada, com o consumo frequente de pelo menos três itens (fungos, material vegetal e algas filamentosas), além de matéria orgânica particulada fina.

Para os gêneros da ordem Trichoptera (Figura 1), a maioria também apresentou hábito detritívoro, com maior consumo de matéria orgânica particulada fina, tanto em área quanto em frequência, com *Chimarra* e *Wormaldia* (Philopotamidae) alimentando-se exclusivamente deste recurso. Porém, três gêneros de tricópteros apresentaram hábito diferente: herbivoria para *Metrichia*, que consumiu apenas algas filamentosas e onivoria para *Protoptila* e *Smicridea*, com o último apresentando a dieta mais diversificada dentre os tricópteros analisados e consumindo maior porcentual de matéria orgânica particulada grossa (Figura 1).

Da ordem Odonata foi possível analisar a dieta apenas do gênero *Argia*, com consumo preferencial de tecido animal (83%), seguido de matéria orgânica particulada grossa (17%).

Para a ordem Diptera, a família Psychodidae apresentou hábito herbívoro, com uma dieta composta exclusivamente por epílton (uma matriz composta por matéria orgânica particulada fina, diatomáceas, desmidiáceas, algas verdes unicelulares e coloniais). Para o gênero *Simulium* (Simuliidae) foi definido o hábito detritívoro em função do consumo predominante de matéria orgânica particulada fina (99%), com fungos e material vegetal também sendo itens frequentes na dieta, porém consumidos em pequena quantidade. Para as três subfamílias de Chironomidae, matéria orgânica particulada grossa foi frequente na dieta da maioria dos indivíduos analisados, sendo, entretanto, definido um hábito onívoro para as três, em função do consumo também de outros itens em elevada frequência (Figura 2).

As análises de agrupamento e de ordenação (Figura 3), aplicadas para os dados da dieta geral, definiram a formação de quatro grupos em função do maior consumo de: I) matéria orgânica particulada grossa e tecido animal; II) matéria orgânica particulada grossa e fina, associada a material vegetal; III) mais de 99% de matéria orgânica particulada fina; IV) 97% de

matéria orgânica particulada fina, mas com consumo também de material vegetal (3%). Essas análises também salientaram uma separação dos gêneros *Metrichia* e *Protophila* dos demais agrupamentos, devido ao consumo de algas filamentosas (Figura 3).

Análise espacial e sazonal da dieta

Análises sazonais e/ou espaciais da dieta foram realizadas para 11 táxons, os quais apresentaram elevada abundância em diferentes pontos, durante uma ou ambas as estações. Dentre esses táxons, a maioria (seis) corresponde a gêneros de Ephemeroptera, enquanto quatro pertencem à ordem Diptera e apenas um à ordem Trichoptera.

Considerando a ordem Ephemeroptera (Figura 4), para o gênero *Americabaetis*, o maior consumo e frequência de ocorrência de matéria orgânica fina mantiveram-se em todas as situações analisadas (pontos e estações). Entretanto, quando considerados os demais itens frequentemente consumidos, uma variação sazonal pode ser observada, com fungos sendo um item frequente na dieta durante a estação seca e material vegetal, principalmente na chuvosa. Também para *Baetodes* matéria orgânica fina foi o item mais consumido, tanto em volume quanto em frequência, exceto para P2-EC, onde matéria grossa foi o recurso mais importante. Quanto a *Traverhophes*, para o qual foi possível apenas uma comparação espacial durante a estação chuvosa, ocorreu um maior consumo e frequência de matéria orgânica fina, porém material vegetal também foi um item frequente na dieta em todos os pontos.

Ainda dentre os efemerópteros, para os gêneros *Camelobaetis*, *Hagenulopsis* e *Thraulodes* (Figura 5), o maior consumo e frequência de matéria orgânica fina foram constantes em todos os pontos e estações analisados, ressaltando uma elevada estabilidade espacial e temporal da dieta destes três gêneros. Um consumo predominante de matéria orgânica fina também foi constante espacial e sazonalmente na dieta do díptero *Simulium*, apesar de fungo e matéria vegetal também terem sido itens frequentes na dieta deste díptero, porém consumidos em baixo percentual (<1%; Figura 6).

Para o tricóptero *Smicridea* (Figura 6), uma variação sazonal quanto aos itens mais consumidos foi evidente, com maior consumo de matéria orgânica grossa na estação chuvosa e de material vegetal e tecido animal na seca. Esta mudança sazonal na dieta promoveu alterações no hábito alimentar, o qual variou de onívoro durante a estação seca para detritívoro na chuvosa, onde matéria orgânica grossa correspondeu a mais de 70% da dieta. Porém, quando analisada a frequência de ocorrência dos itens, um consumo constante de matéria grossa e material vegetal ocorreu, enquanto material animal foi mais frequente na estação seca e fungo, na chuvosa (Figura 6).

Quanto às subfamílias de Chironomidae, para as quais foi possível somente uma análise espacial da frequência de ocorrência durante a estação seca, diferenças puderam ser observadas, principalmente na dieta de Chironominae e Orthocladiinae (Figura 7). O ponto 5 se diferenciou dos demais devido ao elevado consumo de matéria orgânica fina e algas unicelulares para Chironominae e de matéria orgânica grossa e algas unicelulares para Orthocladiinae, enquanto nos demais pontos a maior frequência de consumo foi de matéria orgânica grossa. Para as larvas de Tanypodinae coletadas nos quatro primeiros pontos foi frequente o consumo de matéria orgânica grossa e material animal (Figura 7).

DISCUSSÃO

No geral, o predomínio do hábito detritívoro entre os táxons analisados evidencia a grande importância de matéria orgânica particulada, principalmente fina, como recurso alimentar para a fauna de insetos analisada. A relevância desse recurso também tem sido destacada por outros autores que definiram a dieta dos insetos através de análise do conteúdo do trato digestivo (Tomanova *et al.*, 2006; Li & Dudgeon, 2008; Carvalho & Uieda, 2009; Chará-Sema *et al.*, 2010; Chará-Serna *et al.*, 2012). Além dos táxons detritívoros, matéria orgânica particulada também esteve presente na dieta da maioria dos organismos pertencentes aos outros grupos tróficos, porém em menor quantidade. De acordo com Motta & Uieda (2004), detritos finos podem apresentar origem tanto alóctone quanto autóctone, não sendo um recurso limitado em riachos, o que possibilitaria sua partilha entre uma grande variedade de consumidores. Em ecossistemas aquáticos tropicais, a grande disponibilidade deste recurso provavelmente resulta do rápido e contínuo processamento do folhiço oriundo da vegetação marginal em detritos, principalmente através da ação de microorganismos (Dobson *et al.*, 2003). Dessa forma, a presença de matéria orgânica fina no trato digestivo da maioria dos insetos pode estar relacionada a sua grande abundância no ambiente, e não necessariamente à uma especialização alimentar (Tomanova *et al.*, 2006).

A diversidade de itens frequentemente encontrados na dieta da maioria dos táxons, evidenciada pela análise de frequência de ocorrência, reforça a plasticidade alimentar dos insetos aquáticos, com menor número de grupos apresentando uma dieta altamente especializada. Cheshire *et al.* (2005), estudando a dieta de insetos em riachos tropicais australianos, também encontraram o predomínio de táxons de hábito generalista, com elevado consumo de detritos, algas e tecido animal. Essa considerável flexibilidade alimentar permite aos insetos aquáticos uma melhor adaptação às variações sazonais na disponibilidade de recursos em um dado

ambiente (Motta & Uieda, 2004), e provavelmente, contribuiu para a ampla distribuição espacial do grupo ao aprimorar sua capacidade de sobrevivência nas mais diversas localidades (Tomanova *et al.*, 2006).

Dentre os táxons considerados especialistas, somente o gênero *Metrichia* apresentou dieta composta exclusivamente por algas filamentosas. Motta & Uieda (2004) também encontraram uma dieta composta unicamente por algas em *Oxyethira*, tricóptero também pertencente à família Hydroptilidae. O hábito herbívoro desta família foi reforçado por Tomanova *et al.* (2006), porém, nesse caso, com consumo exclusivo de macrófitas. Para o tricóptero *Chimarra*, uma dieta especializada em matéria orgânica fina também foi encontrada por Reynaga (2009) em rios subtropicais andinos, com o consumo exclusivo deste recurso. Diferente das famílias de Trichoptera acima citadas, uma dieta mais generalista foi encontrada para *Smicridea*, gênero de Hydropsychidae, o qual inclusive apresentou variação sazonal na dieta. Uma dieta baseada na ingestão de uma variedade de itens também foi descrita por Gil *et al.* (2008) para larvas de *Smicridea dithyra*, embora os autores não tenham encontrado variação sazonal na dieta.

O consumo de algas também foi responsável pela variação espacial encontrada para Chironominae e Orthocladiinae. Para essas duas subfamílias, a elevada frequência desse item no trecho mais a jusante do riacho (P5) provavelmente reflete sua maior disponibilidade neste ponto. A substituição da mata ciliar por uma vegetação marginal basicamente arbustiva pode favorecer uma maior incidência de luz solar sobre o leito do riacho, com aumento na temperatura da água e na taxa de produção primária. Segundo Allan (2004), a retirada ou modificação da mata ciliar pode promover mudanças na estrutura trófica dos sistemas, ocasionando um aumento na disponibilidade de fontes autóctones de energia (algas) em comparação a recursos de origem alóctone (folhas, troncos, frutos). Outros trabalhos envolvendo a dieta da família Chironomidae ressaltaram seu hábito generalista e sua baixa seletividade, com o hábito alimentar das larvas variando consideravelmente em função da disponibilidade e qualidade do alimento (Henriques-Oliveira *et al.*, 2003; Silva *et al.*, 2008). Sanseverino & Nessimian (2008) também salientaram a grande importância de matéria orgânica particulada na dieta de Chironominae e Orthocladiinae.

No presente trabalho, o consumo relativamente uniforme dos recursos ao longo do riacho e nas duas estações, apresentado por vários dos táxons analisados, evidencia uma grande estabilidade espacial e sazonal na dieta da fauna analisada. Esta uniformidade provavelmente resulta da grande disponibilidade espaço-temporal dos principais recursos consumidos, especialmente de matéria orgânica particulada fina, conforme também destacado por outros autores (Motta & Uieda, 2004; Gil *et al.*, 2008; Carvalho & Uieda, 2009).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allan, J. D. (2004) Landscapes and riverscapes: the influence of land use on stream ecosystems. *Annual review of ecology, evolution, and systematics*, 35: 257-284.
- Boyero, L.; Ramírez, A.; Dudgeon, D.; Pearson, R. G. (2009) Are tropical streams really different? *Journal of the North American Benthological Society*, 28(2): 397-403.
- Callisto, M. & Esteves, F. A. (1998) Caracterização funcional dos macroinvertebrados bentônicos em quatro ecossistemas lóticos sob influência das atividades de uma mineração de bauxita na Amazônia central (Brasil). *Oecologia Brasiliensis*, 5(1): 223-234.
- Callisto, M.; Moreno, P.; Barbosa, F. A. R. (2001) Habitat diversity and benthic functional trophic groups at Serra do Cipó, Southeast Brazil. *Revista Brasileira de Biologia*, 61(2): 259-266.
- Camacho, R.; Boyero, L.; Cornejo, A.; Ibanez, A.; Pearson, R. G. (2009) Local variation in shredder distribution can explain their oversight in tropical streams. *Biotropica*, 41(5): 625-632.
- Carvalho, E. M. & Uieda, V. S. (2004) Colonization by benthic macroinvertebrates in artificial and natural substrates in a mountain stream from Itatinga, São Paulo, Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 21(2): 287-293.
- Carvalho, E. M. & Uieda, V. S. (2009) Diet of invertebrates sampled in leaf-bags incubated in a tropical headwater stream. *Zoologia (Curitiba)*, 26(4): 694-704.
- Chará-Serna, A. M.; Chará, J. D.; Zúñiga, M. D. 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(1): 27-36.
- Chará-Serna, A. M.; Chará, J. D.; Zúñiga, M. D. C.; Pearson, R. G.; Boyero, L. (2012) Diets of leaf litter-associated invertebrates in three tropical streams. *International Journal of Limnology*, 48(2): 139-144.
- Cheshire, K. I. M.; Boyero, L. U. Z.; Pearson, R. G. (2005) Food webs in tropical Australian streams: shredders are not scarce. *Freshwater Biology*, 50(5): 748-769.
- Clarke, K. R. & Gorley, R. M. (2006) Primer v6: User manual/tutorial. Primer-E: Plymouth.
- Dobson, M.; Mathooko, J. M.; Ndegwa, F. K.; M'Erimba, C. (2003) Leaf litter processing rates in a Kenyan highland stream, the Njoro River. *Hydrobiologia*, 519(1-3): 207-210.
- Domínguez, E. & Fernández, H. R. (2009) Macroinvertebrados bentônicos sudamericanos: sistemática y biología. Tucumán: Fundación Miguel Lillo, 656p.

- Gil, M. A.; Tripole, S.; Vallania, E. A. (2008) Feeding habits of *Smicridea* (*Rhyacophylax*) *dithyra* Flint, 1974 (Trichoptera: Hydropsychidae) larvae in the Los Molles stream (San Luis-Argentina). *Acta Limnologica Brasiliensia*, 20(1): 1-4.
- Henriques-Oliveira, A. L.; Nessimian, J. L.; Dorvillé, L. F. M. (2003) Feeding habits of chironomid larvae (Insecta: Diptera) from a stream in the Floresta da Tijuca, Rio de Janeiro, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 63(2): 269-281.
- Hynes, H.B.N. (1970) The ecology of running waters. Canada: Toronto Press. 555p.
- Li, A. O. & Dudgeon, D. (2008) Food resources of shredders and other benthic macroinvertebrates in relation to shading conditions in tropical Hong Kong streams. *Freshwater Biology*, 53(10): 2011-2025.
- Lopretto, E. C. & Tell, G. (1995) Ecosistemas de aguas continentales: metodologias para su estudio. Argentina: Ed. Sur., Tomo III, 1397p.
- Maseke, F. O.; Kitaka, N.; Kipkemboi, J.; Gettel, G. M.; Irvine, K.; McClain, M. E. (2014) Macroinvertebrate functional feeding groups in Kenyan highland streams: evidence for a diverse shredder guild. *Freshwater Science*, 33(2): 435-450.
- Merritt, R. W. & Cummins, K. W. (1996) An introduction to the aquatic insects of North America. Dubuque: Kendall/Hunt, 722p.
- Monteiro, C. H. B. (Coordenador geral) (2009) Plano de manejo da estação ecológica de Angatuba. Secretaria de Meio Ambiente, Instituto Florestal. São Paulo.
- Motta, R. L. & Uieda, V. S. (2004) Diet and trophic groups of an aquatic insect community in a tropical stream. *Brazilian Journal of Biology*, 64(4): 809-817.
- Pennak, R. W. (1978) Freshwater invertebrates of the United States. 2.ed., New York: John Wiley & Sons, 803p.
- Reynaga, M. C. (2009) Hábitos alimentarios de larvas de Trichoptera (Insecta) de una cuenca subtropical. *Ecología austral*, 19(3): 207-214.
- Sanseverino, A. M. & Nessimian, J. L. (2008) The food of larval Chironomidae (Insecta, Diptera) in submerged litter in a Forest stream of the Atlantic Forest (Rio de Janeiro, Brazil). *Acta Limnologica Brasiliensia*, 20(1): 15-20.a
- Silva, F. L.; Moreira, D. C.; Bochini, G. L.; Ruiz, S. S. (2008) Hábitos alimentares de larvas de Chironomidae (Insecta: Diptera) do córrego Vargem Limpa, Bauru, SP, Brasil. *Biotemas*, 21(2): 155-159.
- Tomanova, S.; Goitia, E.; Helešic, J. (2006) Trophic levels and functional feeding groups of macroinvertebrates in neotropical streams. *Hydrobiologia*, 556(1): 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(1): 15-30.

Veloso, H. P.; Rangel Filho, A. L. R.; Lima, J. C. A. (1991) Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal. Rio de Janeiro: Fundação IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 124p.

Tabela I. Táxons das ordens Coleoptera (Col), Diptera (Dip), Ephemeroptera (Eph), Odonata (Odo) e Trichoptera (Tri), amostrados em cinco pontos ao longo do Ribeirão Grande (Angatuba, SP), nas estações seca (ES) e chuvosa (EC), com indicação da ocorrência (somente para os táxons que não foi possível analisar a dieta) e do número de indivíduos com conteúdo digestivo analisado por ponto e estação (+ = presença, - = ausência, A = adulto, L = larva).

Táxon amostrado	Sigla	ES					EC				
		P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5
Col-Elmidae											
<i>Heterelmis</i> (A)	Hete	-	-	-	+	-	-	4	2	4	-
<i>Heterelmis</i> (L)	Hete	+	+	6	+	-	+	+	2	+	-
<i>Macrelmis</i> (L)	Macr	-	5	3	2	-	+	+	+	+	-
<i>Neoelmis</i> (A)	Neoe		+	2	+		+	+	10	+	
<i>Neoelmis</i> (L)	Neoe	+	3	+	+	-	+	7	+	+	+
Col-Psephenidae											
<i>Psephenus</i> (L)	Psep	2	1	2	5	-	+	+	+	+	+
Dip-Chironomidae											
Chironominae		31	135	128	116	232	+	+	+	+	+
Orthoclaadiinae		108	170	167	81	203	+	+	+	+	+
Tanypodinae		8	31	13	8	+	+	+	+	+	+
Dip-Psychodidae	Psyc	6	+	+	-	+	-	-	-	+	+
Dip-Simuliidae	Simu	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Eph-Baetidae											
<i>Americabaetis</i>	Amer	10	10	10	10	-	+	10	7	10	8
<i>Baetodes</i>	Baet	10	10	10	8	-	6	10	6	5	+
<i>Camelobaetidius</i>	Came	+	+	10	9	-	+	+	10	7	-
<i>Tupiar</i>	Tupi	-	9	+	+	-	-	-	-	-	-
Eph-Leptohyphidae											
<i>Traverhyphes</i>	Trav	+	7	+	+	-	-	10	10	10	10
Eph-Leptophlebiidae											
<i>Hagenulopsis</i>	Hage	-	+	10	7	-	-	+	6	6	+
<i>Thraulodes</i>	Thra	-	8	10	10	-	+	10	10	10	-
Odo-Coenagrionidae											
<i>Argia</i>	Argi	+	+	-	+	-	2	3	1	+	-
Tri-Glossosomatidae											
<i>Mexitrichia</i>	Mexi	-	-	-	-	-	-	+	4	6	-
<i>Protoptila</i>	Prot	-	-	-	-	-	-	+	10	+	-
Tri-Hydropsychidae											
<i>Smicridea</i>	Smic	+	10	10	10	-	+	10	10	10	+
Tri-Hydroptilidae											
<i>Metrichia</i>	Metr	+	+	10	+	-	+	+	+	-	-
<i>Neotrichia</i>	Neot	+	+	+	4	-	+	+	+	6	-
Tri-Philopotamidae											
<i>Chimarra</i>	Chim	-	-	4	+	-	+	+	10	+	-
<i>Wormaldia</i>	Worm	-	+	-	-	-	-	+	10	+	-

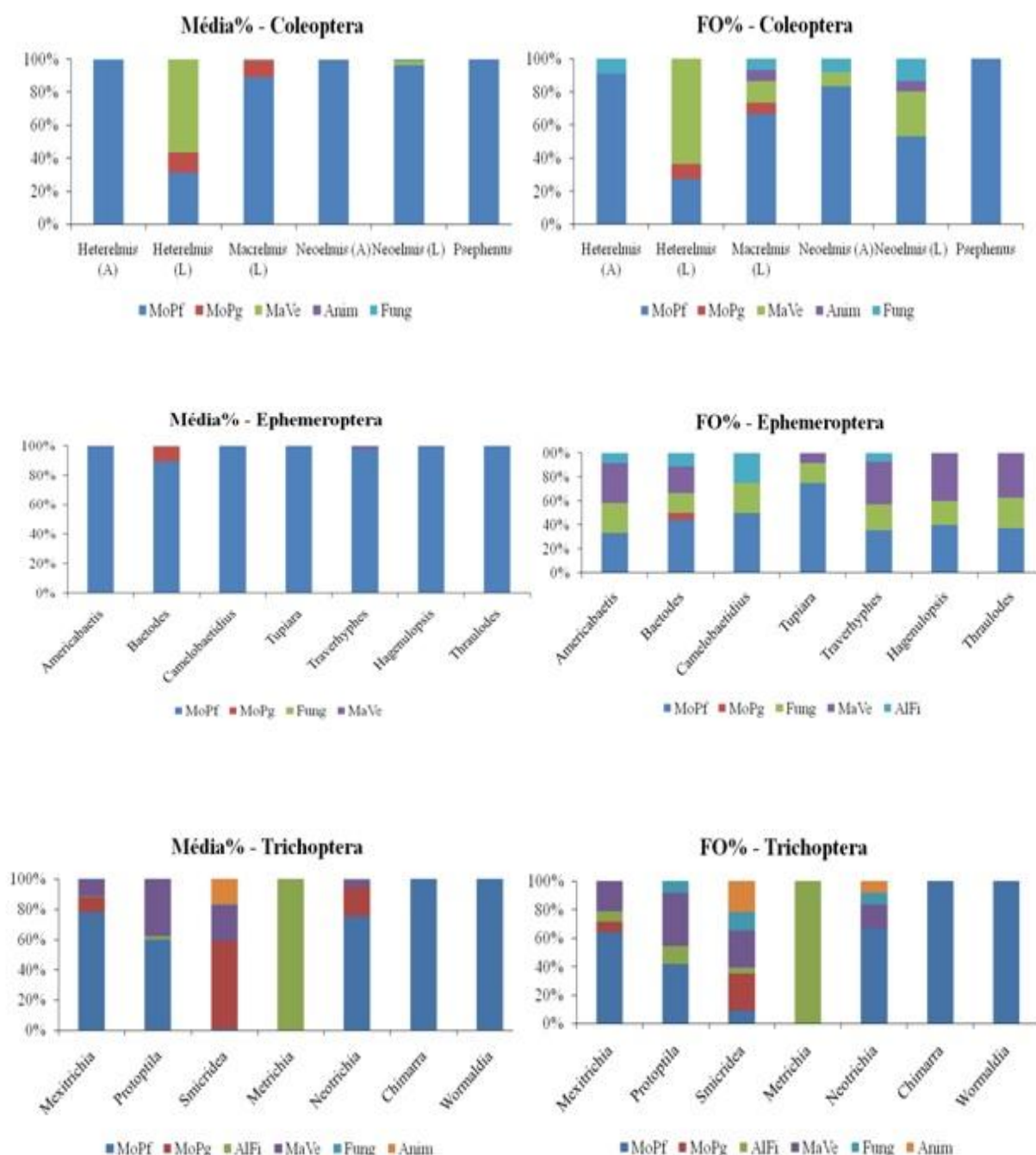


Figura 1. Caracterização geral da dieta dos gêneros das ordens Coleoptera, Ephemeroptera e Trichoptera, realizada a partir da média do percentual relativo (Média%) e da frequência relativa de ocorrência (FO%) de cada item alimentar encontrado no trato digestivo do total de indivíduos analisados por gênero. Itens da dieta: matéria orgânica particulada fina (MoPf) e grossa (MoPg), alga filamentosa (AlFi), material vegetal (MaVe), fungo (Fung), material animal (Anim).

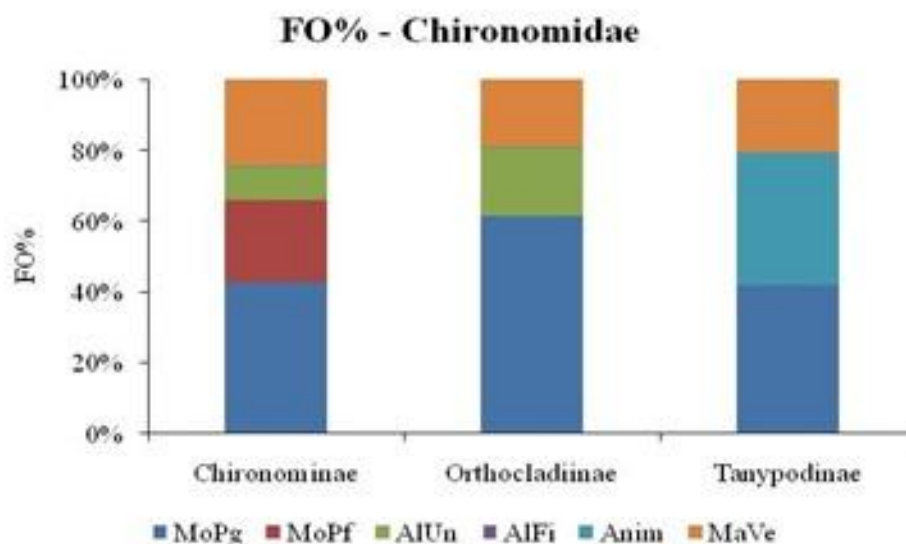


Figura 2. Caracterização geral da dieta das subfamílias de Chironomidae, analisada através da frequência relativa de ocorrência (FO%) de cada item alimentar encontrado no trato digestivo do total de indivíduos analisados por subfamília. Itens da dieta: matéria orgânica particulada fina (MoPf) e grossa (MoPg), alga unicelular (AlUn), alga filamentosa (AlFi), material animal (Anim), material vegetal (MaVe).

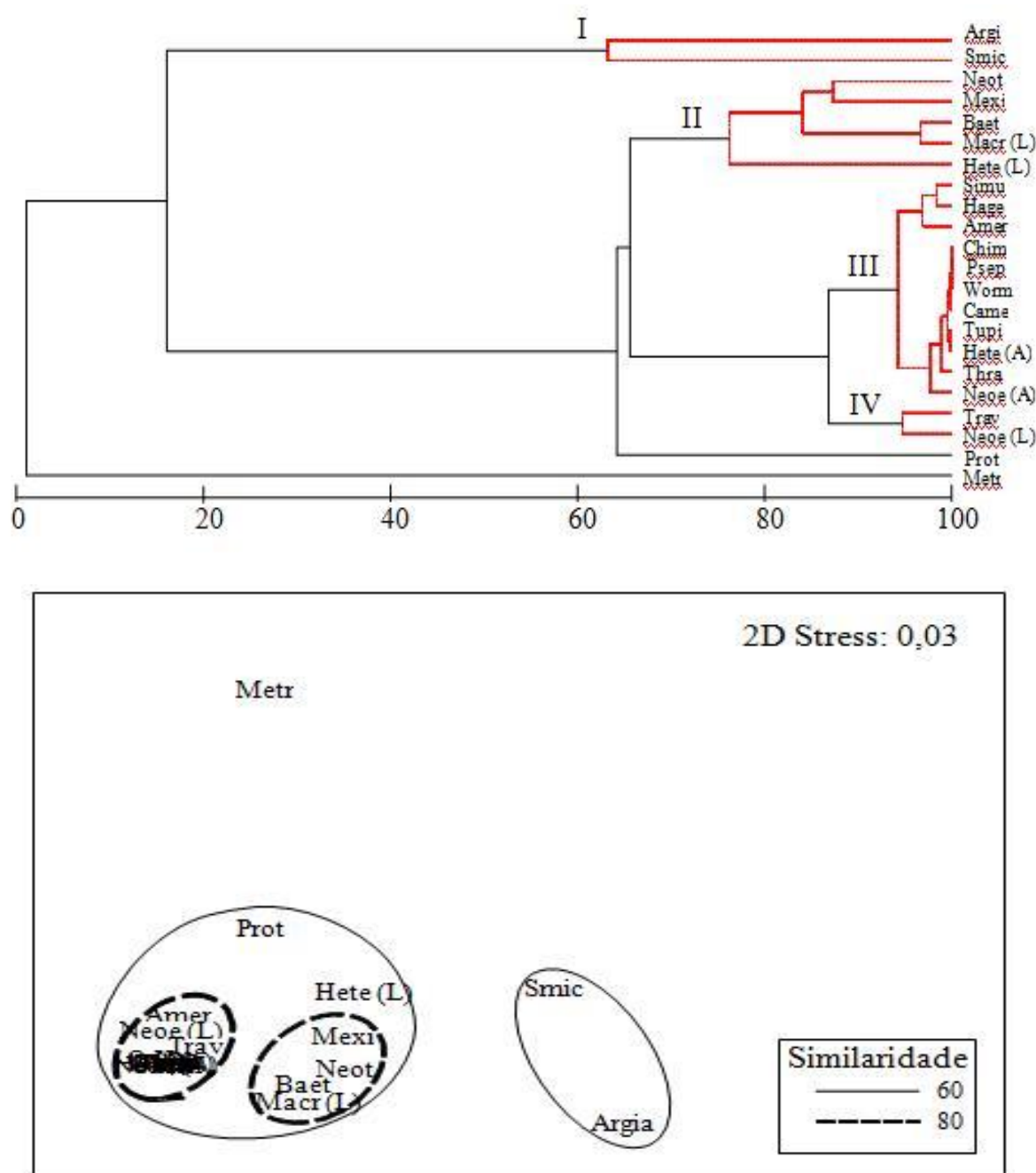


Figura 3. Dendrograma de agrupamento (acima) e ordenação de NMDS (abaixo), construídos a partir dos dados da dieta geral dos insetos aquáticos analisados, considerando a média do percentual relativo dos itens consumidos (Média%). O resultado do teste SIMPROF é apresentado no dendrograma por linhas vermelhas, indicando que as amostras assim conectadas não podem ser significativamente diferenciadas. Siglas dos gêneros apresentadas na Tabela I. Os grupos indicados no cluster (I, II, III, IV) estão descritos no texto.

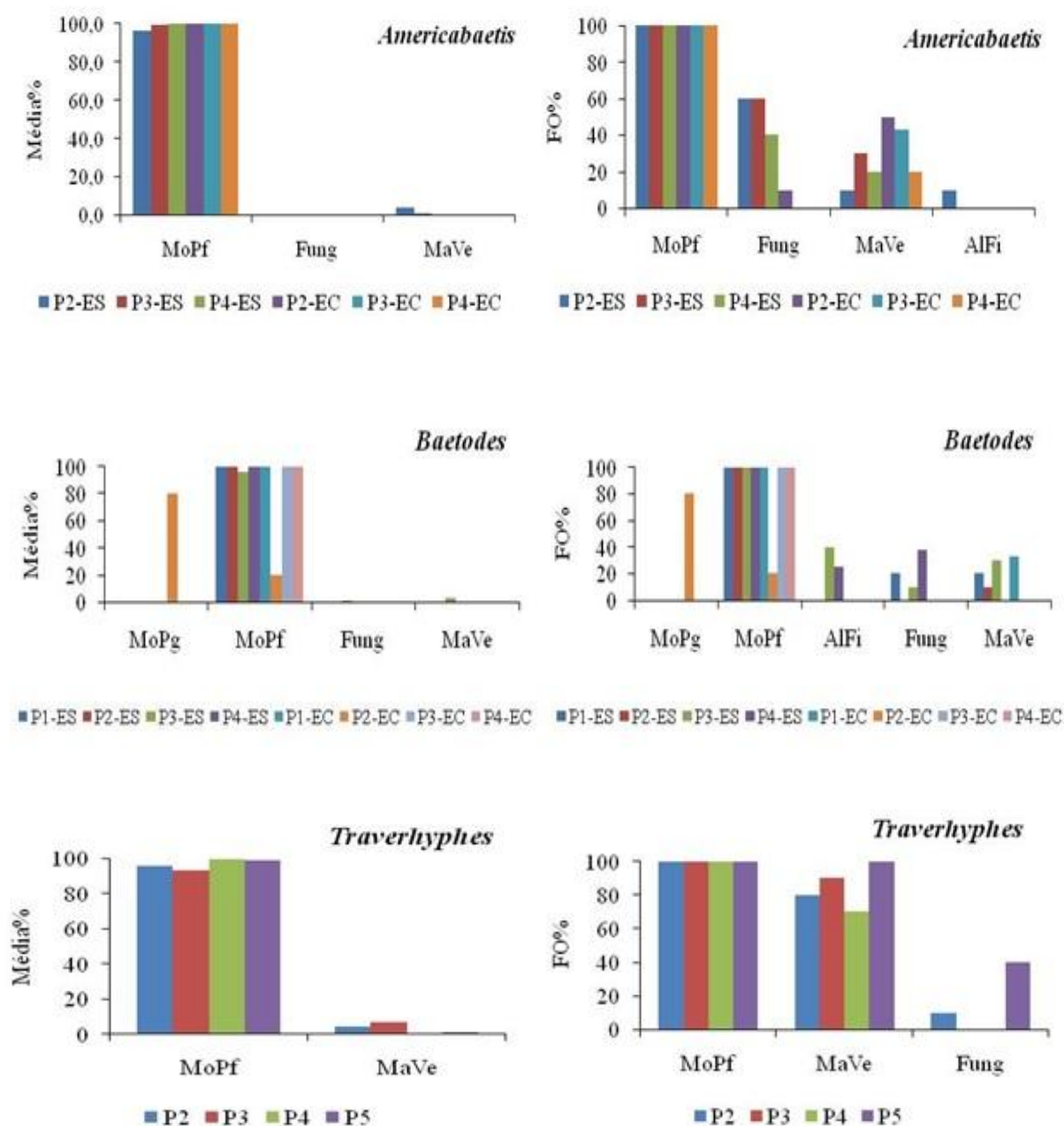


Figura 4. Análise espacial (cinco pontos) e sazonal (ES- estação seca, EC- estação chuvosa) da dieta de três gêneros de Ephemeroptera, realizada a partir da média do porcentual relativo (Média%) e da frequência relativa de ocorrência (FO%) de cada item alimentar encontrado no trato digestivo do total de indivíduos analisados por gênero. Itens da dieta: matéria orgânica particulada fina (MoPf) e grossa (MoPg), alga filamentosa (AlFi), material vegetal (MaVe) e fungo (Fung).

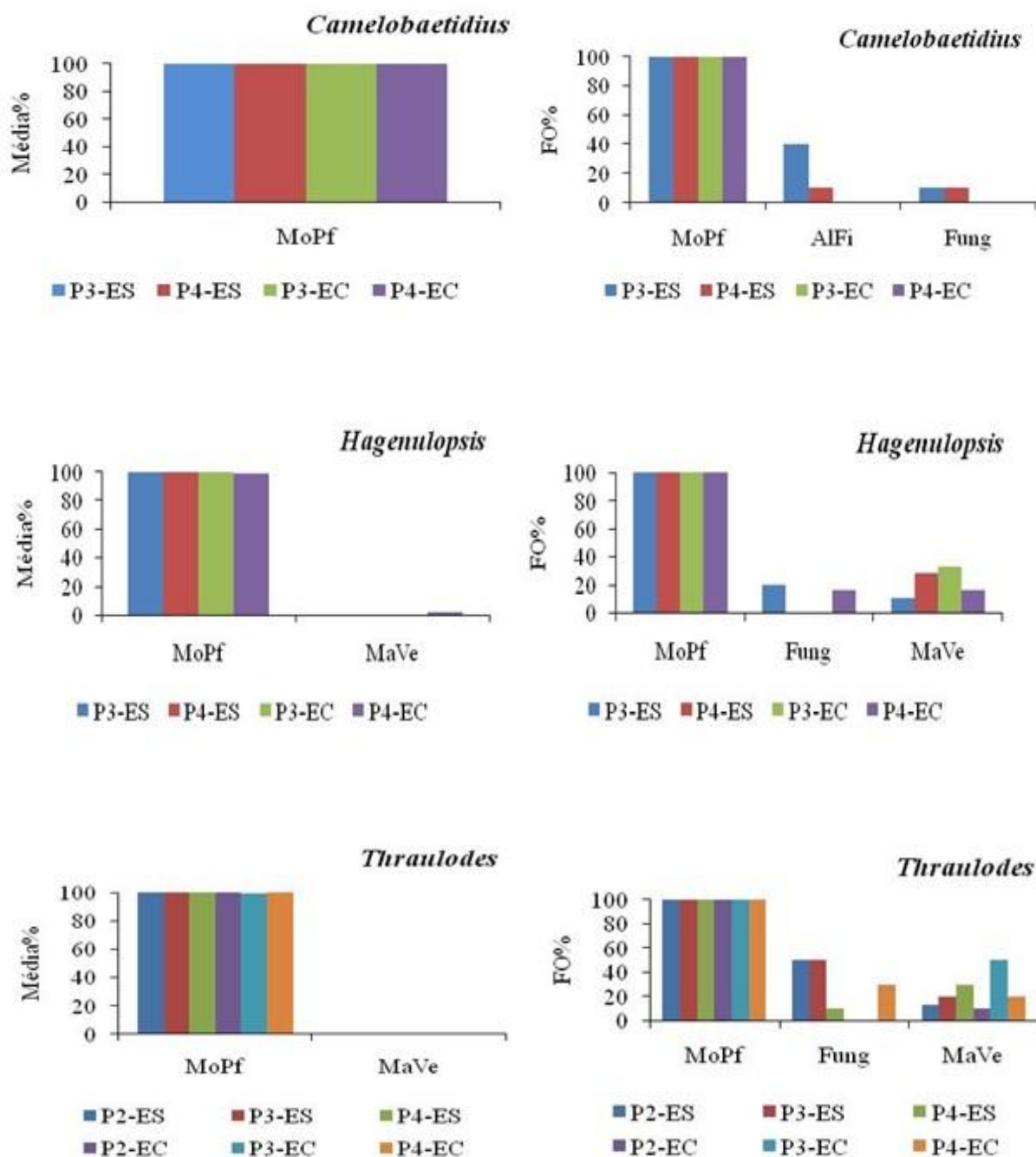


Figura 5. Análise espacial (cinco pontos) e sazonal (ES- estação seca, EC- estação chuvosa) da dieta de três gêneros de Ephemeroptera, realizada a partir da média do porcentual relativo (Média%) e da frequência relativa de ocorrência (FO%) de cada item alimentar encontrado no trato digestivo do total de indivíduos analisados por gênero. Itens da dieta: matéria orgânica particulada fina (MoPf), alga filamentosa (AlFi), material vegetal (MaVe) e fungo (Fung).

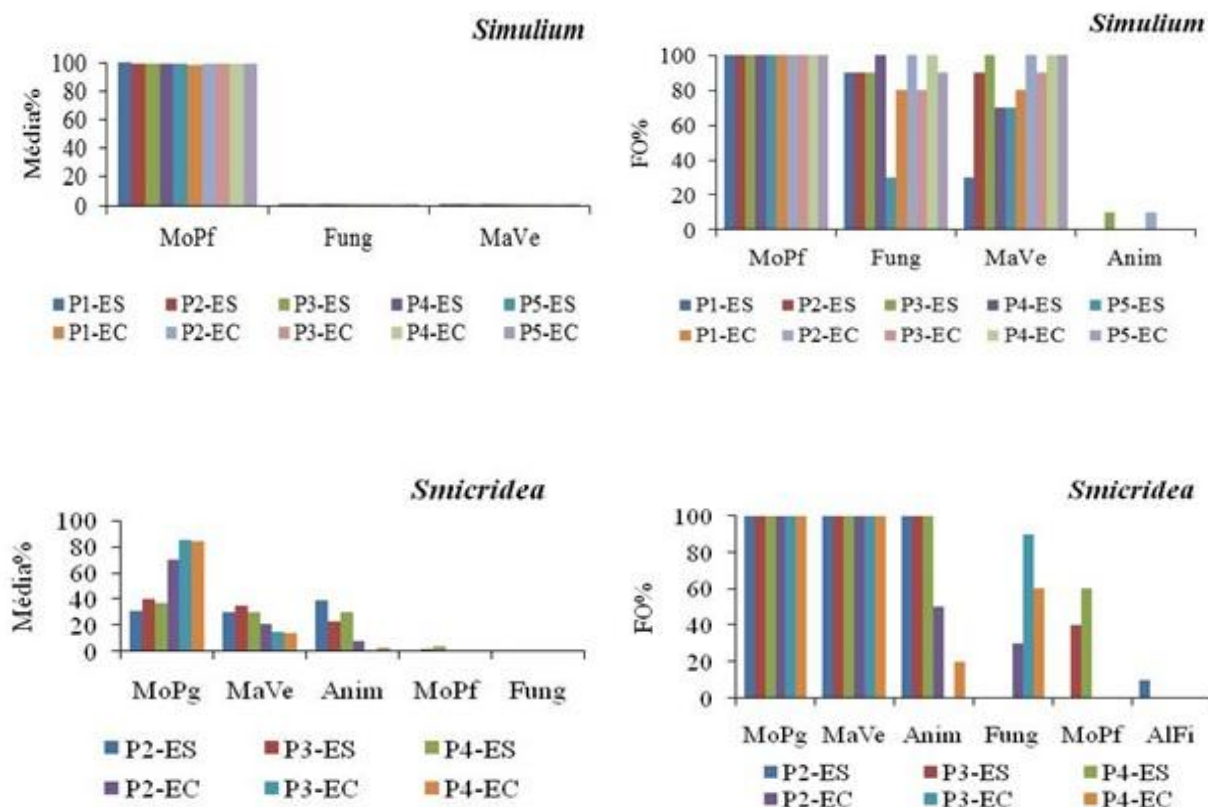


Figura 6. Análise espacial (cinco pontos) e sazonal (ES- estação seca, EC- estação chuvosa) da dieta de um gênero de Diptera e um de Trichoptera, realizada a partir da média do porcentual relativo (Média%) e da frequência relativa de ocorrência (FO%) de cada item alimentar encontrado no trato digestivo do total de indivíduos analisados por gênero. Itens da dieta: matéria orgânica particulada fina (MoPf) e grossa (MoPg), material vegetal (MaVe), fungo (Fung), algas filamentosas (AlFi) e material animal (Anim).

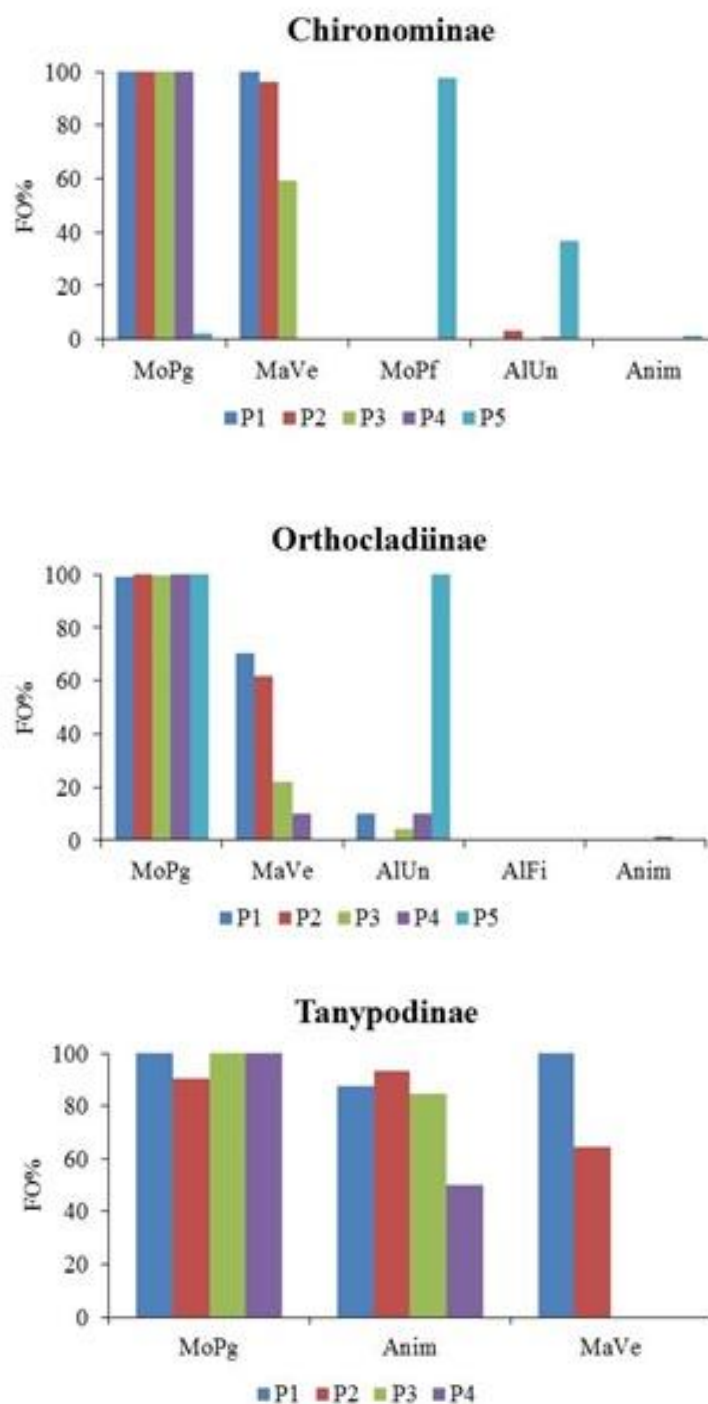


Figura 7. Análise espacial (cinco pontos) da dieta das três subfamílias de Chironomidae (Diptera), realizada a partir da frequência relativa de ocorrência (FO%) de cada item alimentar encontrado no trato digestivo do total de indivíduos analisados por subfamília. Itens da dieta: matéria orgânica particulada fina (MoPf) e grossa (MoPg), material vegetal (MaVe), alga unicelular (AlUn), alga filamentosa (AlFi) e material animal (Anim).

CONCLUSÕES GERAIS

CONCLUSÕES GERAIS

A análise da estrutura da fauna dos macroinvertebrados bentônicos numa escala espacial e sazonal permitiu chegar às seguintes conclusões:

- ✓ Espacialmente, foi encontrada maior dissimilaridade entre os pontos P1 e P5, ou seja, os ambientes com condições ambientais mais extremas. Esta diferença esteve relacionada principalmente pela menor abundância de Oligochaeta na área íntegra da nascente (P1) e a maior no trecho mais a jusante e impactado pela entrada de esgoto urbano (P5).
- ✓ Os pontos em área rural (P2) e suburbana (P3 e P4) apresentaram condições ambientais intermediárias e maior similaridade na estrutura da fauna.
- ✓ Sazonalmente, a estrutura da fauna se diferenciou, principalmente, pela maior abundância (cerca de 28 vezes) de Simuliidae na estação seca em relação à chuvosa.
- ✓ Assim, para os dois pontos extremos, o grau de integridade da mata ripária e a presença/ausência de impactos antrópicos foram fatores importantes na organização da fauna, sendo as variações sazonais menos evidentes. Por outro lado, nos pontos com características ambientais semelhantes e a presença de impactos antrópicos aqui considerados como intermediários, as variações sazonais do ambiente foram mais significativas para a estruturação da fauna do que os possíveis efeitos depressores das ações antrópicas.

A análise da dieta dos insetos aquáticos e das possíveis variações espaciais e sazonais nos itens mais consumidos permitiu tirar as seguintes conclusões:

- ✓ A maioria dos táxons analisados apresentou matéria orgânica particulada fina como recurso mais consumido (em volume e frequência), salientando a predominância do hábito detritívoro para a fauna analisada. Porém, foi freqüente, apesar de em baixo percentual, o consumo também de outros itens associados à matéria orgânica, como material vegetal e fungos.
- ✓ Somente três táxons apresentaram uma dieta não baseada em matéria orgânica, consumindo algas filamentosas (*Metrichia*), material animal (*Argia*) e epilíton (*Psychodidae*).
- ✓ A elevada estabilidade espaço-temporal da dieta da maioria dos táxons ressalta a grande disponibilidade e constância dos recursos mais utilizados por esta fauna.