Daniel da Silva Bispo

Avaliação do habitat e das assembléias de
macroinvertebrados bentônicos de riachos em
uma Área de Proteção Ambiental

Assessment of habitat and benthic macroinvertebrate assemblages
of streams in an Environmental Protection Area

São Paulo

2013

Daniel da Silva Bispo

Avaliação do habitat e das assembléias de
macroinvertebrados bentônicos de riachos em
uma Área de Proteção Ambiental

Assessment of habitat and benthic macroinvertebrate assemblages
of streams in an Environmental Protection Area

Dissertação apresentada ao Instituto
de Biociências da Universidade de
São Paulo, para a obtenção de Título
de Mestre em Ciências. Programa:
Ecologia.

Orientador(a): Profa. Dra. Ana Lúcia
Brandimarte

São Paulo

2013

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELO SERVIÇO DE BIBLIOTECA DO
INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS / USP**

B622 Bispo, Daniel da Silva

Avaliação do habitat e das assembléias de macroinvertebra-
dos bentônicos de riachos em uma área de proteção ambiental
/ Daniel da Silva Bispo -- São Paulo: D. S. Bispo, 2013.
v, 55p. : il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Instituto
de Biociências, Departamento de Ecologia.

1. Macroinvertebrados 2. Riachos 3. Habitat I. Universidade
de São Paulo, Instituto de Biociências, Departamento de
Ecologia II. Título.

LC: QH541.5.F7

Aos meus pais,
Sergio & Beth.
Amo vocês

Agradecimentos

À minha querida orientadora, Profa. Dra. Ana Lúcia Brandimarte, pela orientação, pelo apoio e confiança desde os tempos de estágio, sempre disposta a solucionar problemas, propor melhorias e obter subsídios para o desenvolvimento do projeto.

Aos Professores Dr. Roberto Minehisa Shimizu e Dra. Marisa Dantas Bitencourt, pela colaboração e acompanhamento do projeto.

Ao Prof. Dr. Marcelo Luiz Martins Pompêo, presente nas principais etapas de minha vida acadêmica, sempre auxiliando e incentivando.

Ao Prof. Dr. Sergio Tadeu Meirelles, pelo auxílio nas análises estatísticas.

Ao pessoal do LabLimno, pelos ensinamentos e ajuda, além das conversas descontraídas e pausas para o café: Sheila, Paula, Rafael, Estefânia, Patrícia, Evelyn, Daniel Clemente e Maíra.

Às meninas, que tanto adoro “encher o saco”, Cássia, Belisa, Carol e Fernanda, pela ajuda no campo e laboratório, pelas conversas, apoio e incentivo. Um agradecimento duplo para a Fernanda, que me auxiliou nas análises estatísticas aos 40 do segundo tempo. Vocês são demais!

Ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia do IB-USP, seus coordenadores, professores, técnicos e funcionários. Em especial, ao Valmir pela ajuda no campo.

À Capes, pela bolsa de mestrado.

À toda minha família, em especial, meus pais (Sergio e Beth), meus irmãos (Caio e Val) e meu sobrinho (Gabriel). Amo vocês!

Aos meus amigos de longa data, Bruno (Brisa), Thiago (Sapo), Hugo, Renato & Michelle (Casal Talaras), Paulo (Japoneis), Daniel Matteo (Ovo), Marlon (Nolds), Daniel Tamashiro (Amarelo), Juarez & Tati (Casal Choros), Oliver, Anderson Viana (Pulga), Everton (Gordo), André (DJ), Alcyr (Zug) e tantos outros que não caberiam aqui, valeu!

ABSTRACT

Headwater streams are relevant suppliers of water, sediment, and biota. They support low autochthonous primary productivity and suffer strong influence from riparian vegetation as in these streams the basic energy for communities maintenance has its origin in the allochthonous particulate organic matter. Hence, deforestation and inadequate soil use negatively affect stream conditions, being among the main causes of environmental degradation in developing nations. A rapid assessment of the physical habitat quality can provide a general idea about stream conditions and detect anthropic changes in a rapid, easy and low cost manner. The combination of this tool with the assessment of other physical, chemical and biological features, especially the benthic macroinvertebrate assemblage composition, is essential to the development of monitoring strategies in those ecosystems. The general aim of this study was to identify the main anthropic changes on streams of Environmental Protection Area Embu Verde and to select those with better habitat conditions for benthic fauna. So it would be possible to know the assemblages composition and its relation with the habitat. First we evaluated 23 sampling sites using a Habitat Assessment Protocol and some relevant variables. Therewith we selected four streams, grounded primarily on the similarity of the surroundings features, little variation on the environmental degradation level and potential of habitats to macroinvertebrates. Then we made an assessment of stream riparian vegetation and substrate types to improve the understanding of the relation between macroinvertebrates and the physical environment. The major anthropic change in the sampling area is the deforestation of the natural riparian cover, and we observed evidences of its negative effects on streams, as bank erosion and fine sediment deposition. Variables that better explained fauna variations are related to the stream size, water kinetic energy and substrate types. Substrate was determinant to the composition of benthic macroinvertebrate assemblages as these ones variate more with the substrates types than with the sampling sites. Chironomidae dominated in all the sampling sites and substrate types. Family diversity and richness increased with the stability of inorganic substrates.

RESUMO

Os riachos em trechos de cabeceira são fontes importantes de água, sedimento e biota, apresentam baixa produtividade primária autóctone e são fortemente influenciados pela vegetação ripária, pois nesses trechos, a energia básica para sustentação das comunidades é proveniente do *input* de matéria orgânica particulada alóctone. Portanto, o desmatamento e o uso inadequado do solo afetam negativamente as condições dos riachos, o que é considerado umas das principais causas de degradação ambiental em países em desenvolvimento. Uma avaliação rápida da qualidade do habitat físico pode prover uma idéia geral das condições dos riachos e detectar alterações antrópicas de maneira rápida, fácil e de baixo custo. A combinação desta ferramenta com a avaliação de outros fatores físicos, químicos e biológicos, especialmente, a composição das assembléias de macroinvertebrados bentônicos, é essencial para o desenvolvimento de estratégias de monitoramento nesses ecossistemas. O objetivo geral do presente estudo foi identificar as principais alterações antrópicas sobre os riachos da APA Embu Verde e selecionar aqueles que apresentaram melhores condições de habitat para a fauna bentônica, a fim de conhecer a composição dessas assembléias e sua relação com o habitat. Para atender os objetivos, primeiramente foram avaliados 23 sítios amostrais, por meio de um Protocolo de Avaliação de Habitat e algumas variáveis relevantes. A partir daí, foram selecionados 4 riachos com base, prioritariamente, na semelhança das características do entorno, pequena variação no nível de degradação ambiental e potencialidade de oferta de habitats para os macroinvertebrados. Procedeu-se, então, à avaliação da vegetação ripária, do canal dos riachos e dos tipos de substratos para melhor compreensão da relação dos macroinvertebrados com o meio físico. A principal alteração antrópica na APA Embu Verde é o desmatamento da vegetação ripária natural, sendo evidenciados indícios de efeitos negativos sobre os riachos, como erosão nas margens e deposição de sedimentos finos. As variáveis que melhor explicaram a variação da fauna estão relacionadas ao porte do riacho, energia cinética de suas águas e aos tipos de substrato. Este último foi determinante para a composição das assembléias de macroinvertebrados bentônicos, pois estas variaram mais entre os tipos de substratos do que entre os sítios amostrais. A família Chironomidae foi dominante em todos os sítios e tipos de substratos. A diversidade e riqueza de família aumentaram com a estabilidade dos substratos inorgânicos.

INTRODUÇÃO GERAL

Nas últimas décadas, os ecossistemas aquáticos têm sido fortemente alterados em função de diversos impactos ambientais decorrentes de atividades antrópicas. Essa situação se agrava em áreas com elevadas densidades populacionais e desordenadamente urbanizadas, como a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), onde a pressão sobre os recursos naturais é intensa, a degradação ambiental é evidente e o suprimento de água é limitado (Braga Jr., 2000; Raimundo, 2006; Silva & Porto, 2003). Esta condição que já transformou severamente as paisagens naturais pré-existentes nas porções mais centrais da RMSP, agora se dirige para as fronteiras ou periferias da metrópole, instalando-se sobre os últimos remanescentes de ambientes naturais na região (Raimundo, 2006).

Este é o caso do município de Embu das Artes, localizado na porção oeste da RMSP, no qual ocorre um crescente processo de expansão urbana e aumento populacional (IBGE, 2013). Contudo, a região oferece alto potencial de desenvolvimento social e econômico se sua gestão estiver associada à conservação de seus recursos naturais. E por isso, após debates, audiências públicas e articulações, foi apresentada a Lei Municipal Complementar nº 06/2008, que propunha a criação da Unidade de Conservação Municipal de Uso Sustentável – Área de Proteção Ambiental – APA Embu Verde, aprovada em 3 de dezembro de 2008 (Cichoski, 2013). A região atualmente ocupada pela APA abriga alguns poucos e pequenos, porém, importantes fragmentos da Mata Atlântica, contando com uma grande biodiversidade, espécies ameaçadas de extinção e uma complexa rede hidrográfica de pequenos riachos, que representam um dos trechos de cabeceira da sub-bacia do rio Cotia (Franco *et al.*, 2007; Prefeitura da Estância Turística de Embu, 2008). Porém, o problema do desmatamento e uso inadequado do solo no entorno desses riachos é crítico.

Devido à sua importância e ocorrência de diversas pressões antrópicas nessa área, há necessidade do desenvolvimento de estratégias de monitoramento para avaliação das condições dos riachos locais. No entanto, a detecção das principais alterações sobre esses ecossistemas é o primeiro passo em caminho ao monitoramento. Neste contexto, os protocolos de avaliação de habitat são instrumentos que visam avaliar a estrutura e o funcionamento dos ecossistemas aquáticos, visto que podem ser utilizados em programas de manejo e conservação, baseando-se em parâmetros de fácil entendimento e utilização simplificada. Os resultados da aplicação desses protocolos aliados aos resultados de análises da qualidade da água dão à avaliação um caráter holístico (Callisto *et al.*, 2002; CETESB, 2002).

Ainda que esses métodos retratem as condições dos riachos, uma avaliação da biota aquática em seu habitat natural é mais vantajosa, visto que os organismos integram as condições ambientais por longos períodos de tempo, o que permite detectar perturbações ambientais que ocorreram em momentos anteriores à amostragem (Metcalf, 1989). Como a maior parte dos ecossistemas aquáticos está sujeita a distúrbios ambientais, que podem vir a interferir nos processos físicos, químicos ou biológicos associados à manutenção da vida aquática, é muito provável que a biota seja afetada, apresentando, então, mudanças no seu

comportamento, estrutura e organização (Karr, 1991). Neste cenário, os macroinvertebrados bentônicos têm sido utilizados como indicadores das condições ambientais em inventários de biodiversidade (Callisto *et al.*, 2001).

A biodiversidade tem dois componentes principais: riqueza e equitatividade. Em riachos, o aumento da poluição da água e/ou sedimentação em seu leito, freqüentemente, causam uma redução em ambos, nas comunidades de macroinvertebrados bentônicos (Margalef, 1983). E, ainda, mudanças em sua composição taxonômica são também indicadores comuns da resposta dessas comunidades a alterações na qualidade de água e habitat (Alba-Tercedor, 1996).

Neste contexto foi desenvolvido o presente trabalho com dois objetivos principais. O primeiro consistiu em identificar as principais alterações antrópicas sobre riachos da APA Embu Verde e determinar se o PAH é uma ferramenta confiável para monitoramento futuro (Capítulo 1). O segundo destinou-se a avaliar quatro extensões de riachos, em função de diferenças nas características ambientais e tipos de substratos, a fim de conhecer a composição das assembléias de macroinvertebrados bentônicos (Capítulo 2). Ao final são apresentadas considerações que integram os dois capítulos e recomendações para o futuro monitoramento na região da APA Embu Verde.

Referências Bibliográficas

- Alba-Tercedor J. 1996. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos, IV Simposio del Agua en Andalucía (SIAGA). *Almería*, 2, 203–213.
- Braga Jr., B.P.F. 2000. The management of urban water conflicts in the Metropolitan Region of São Paulo. *Water International*, 25 (2), 208-213.
- Callisto, M; Moretti, M; Goulart, M. 2001. Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta para avaliar a saúde de riachos. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 14 (1), 71-82.
- Callisto, M.; Ferreira, W.; Moreno, P.; Goulart, M.D.C.; Petrucio, M. 2002. Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ). *Acta Limnológica Brasiliensia* 1 (14), 91-98.
- Cichoski, C. 2013. *Avaliação do monitoramento participativo como ferramenta de Aprendizagem Social na área de preservação ambiental Embu Verde (Embu das Artes – SP)*. (Dissertação de Mestrado em Ciência Ambiental). Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental. Universidade de São Paulo. 118p.
- Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB). 2002. *Estudos preliminares para o uso de índices biológicos no biomonitoramento de ambientes aquáticos continentais – riachos e corredeiras na Bacia Hidrográfica do Rio Atibaia*. São Paulo: CETESB, 85p. (Relatório Técnico).
- Franco, G.A.D.C.; Souza, F.M.; Ivanauskas, N.M.; Mattos, I.F.A.; Baitello, J.B.; Aguiar, O.T.; Catarucci, A.F.M.; Polissel, R.T. 2007. Importância dos remanescentes florestais de Embu (SP, Brasil) para conservação da flora regional. *Biota Neotropica* 7 (3), 145-161.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). 2013. *Censo demográfico 2010 – IBGE Cidades*. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1> (último acesso em 30/04/2013).

Karr, J. 1991. Biological integrity: a long neglected aspect of water resource management. *Ecological Applications*, 1 (1) 66-84.

Margalef R., 1983. *Limnologia*. Omega, Barcelona, 1010 p.

Metcalf, J. L. 1989. Biological water quality assessment of running waters based on macroinvertebrates communities: history and present status in Europe. *Environmental Pollution* 60: 101-139.

Prefeitura da Estância Turística de Embu. 2008. *Atlas socioambiental de Embu das Artes*. Coord.:Melo, M.A.; Franco, M.I. – Embu, 96p.

Raimundo, S. 2006. A paisagem natural remanescente na Região Metropolitana de São Paulo. *São Paulo em Perspectiva*, 20 (2), 19-31.

Silva, R.T.; Porto, M.F.A. 2003. Gestão urbana e gestão das águas: caminhos da integração. *Estudos Avançados*, 17 (47), 129-145.

Using a habitat assessment protocol to detect anthropic changes on headwater streams in an Environmental Protection Area.

ABSTRACT

Streams in the Protection Environmental Area Embu Verde are often threatened by anthropic pressure, and their natural physical structure is changing. The assessment of the physical habitat has been used as a rapid, low cost, and simple use tool to detect these impacts. This research identified the main anthropic changes in those streams and evaluated whether a habitat assessment protocol (HAP) is a reliable tool for the future monitoring in the region. We used the comparison of the results of HAP application on 23 sampling sites with environmental variables relevant to the streams to validate the protocol. Changes on the Permanent Preservation Area, mainly, deforestation of riparian vegetation and some negative consequences as soil erosion and siltation were clearly evident. The linear regression between these two variables and scores of the HAP resulted in low, but statistically significant, relation (HAP I: $r^2 = 0.42$, $p = 0.0009$; HAP II: $r^2 = 0.40$, $p = 0.0011$). This result suggests the HAP is a tool able to identify, at least in some level, the anthropic disturbances on the sampling sites, but that it may be used with some caution. For the application in a future monitoring of the region, some alterations on the used protocol should be made after more detailed studies and biological assessment.

Key words: Environmental Protection Area Embu Verde; low order streams; Permanent Preservation Area; riparian vegetation

O uso de um Protocolo de Avaliação de Habitat para detecção de alterações antrópicas nos trechos de cabeceiras de riachos em uma Área de Proteção Ambiental.

RESUMO

Os riachos da Área de Proteção Ambiental (APA Embu Verde) sofrem constantes pressões antrópicas e a estrutura física natural destes ambientes está sendo alterada. A avaliação do habitat físico tem sido utilizada como uma ferramenta rápida, de fácil aplicação e baixo custo para a detecção destes impactos. Este estudo identificou as principais alterações antrópicas sobre aqueles riachos e avaliou se um protocolo de avaliação de habitat (PAH) é uma ferramenta confiável para monitoramento futuro na região. Para validar o protocolo, comparamos os resultados da aplicação do PAH em 23 sítios amostrais com algumas variáveis ambientais relevantes para estes ecossistemas. A alteração da Área de Preservação Permanente (APP), sobretudo, desmatamento da vegetação ripária e algumas consequências negativas deste como a erosão nas margens e deposição de sedimentos finos foram bem evidenciadas. O resultado da regressão linear entre estas variáveis e os *scores* do PAH demonstrou fraca relação, entretanto, estatisticamente significativa (PAH I: $r^2 = 0.42$, $p = 0.0009$; PAHII: $r^2 = 0.40$, $p = 0.0011$). Isto sugere que o PAH é uma ferramenta hábil para identificar, pelo menos em algum nível, as perturbações antrópicas que os sítios amostrais são expostos, mas deve ser utilizado com cautela. Algumas modificações no protocolo utilizado devem ser realizadas por meio de estudos mais detalhados e avaliação biológica, para monitoramento futuro na região.

Palavras-chave: APA Embu Verde; riachos de baixa ordem; APP; vegetação ripária

1. Introdução

Os riachos em trechos de cabeceira são componentes relevantes das redes hidrográficas, pois contribuem com mais que 3/4 da extensão dos canais de riachos nas bacias de drenagem (Hansen, 2001). São fontes importantes de água, sedimento e biota, e região crucial para processamento da matéria orgânica, ciclagem de nutrientes e manutenção da biodiversidade (Clarke *et al.*, 2008; Dudgeon, 2008; Vannote *et al.*, 1980). Sendo assim, a conservação destes ecossistemas é vital para a manutenção da estrutura e funcionamento do conjunto de redes hidrográficas (Gomi *et al.*, 2002).

Uma característica essencial destes ecossistemas é que estão estritamente associados ao seu entorno, principalmente no que se refere à vegetação ripária e ao uso do solo (Allan, 1995; Dudgeon, 2008; Naimann & Décamps, 1997). A vegetação ripária exerce papel fundamental no controle do regime hidrológico, térmico e de luminosidade, nas características do substrato, forma dos canais, deposição de sedimentos finos, química da água, disponibilidade de habitat e suprimento de matéria orgânica (Barrella *et al.*, 2001; Death & Collier, 2010; Naimann & Décamps, 1997). Portanto, o desmatamento desta vegetação e o uso inadequado do solo afetam negativamente as condições dos riachos, o que é considerado uma das principais causas de degradação ambiental em países em desenvolvimento (Dudgeon, 2008; Moulton & Wantzen, 2006).

No contexto regional, o problema do desmatamento e uso do solo no entorno de riachos em trechos de cabeceira é crítico, até mesmo em Unidades de Conservação Municipal de Uso Sustentável, onde teoricamente, deveriam coexistir conservação e uso sustentável dos recursos naturais (Brasil, 2000). Porém, o desinteresse das agências governamentais, escassez de recursos financeiros, de profissionais capacitados, de tempo e disponibilidade de ferramentas adequadas, são alguns dos fatores que limitam o desenvolvimento e estratégias de manejo nesses locais. Este é o caso da Área de Proteção Ambiental (APA Embu Verde), que devido à sua importância e à ocorrência de diversas pressões antrópicas, carece do desenvolvimento de estratégias de monitoramento para avaliação das condições dos riachos locais. Porém, a detecção das principais alterações sobre estes ecossistemas é o primeiro passo em caminho ao monitoramento.

Uma avaliação rápida da qualidade do habitat físico pode prover uma idéia geral das condições dos riachos e detectar alterações antrópicas de maneira rápida, fácil e de baixo custo. Ao contrário da maioria das avaliações, o Protocolo de Avaliação de Habitat não requer medidas precisas ou o emprego de técnicas robustas, podendo ser utilizado para detectar padrões de degradação associados ao uso do solo, escolha de prioridades de mitigação, restauração (Barbour *et al.*, 1999; CETESB, 2002; Callisto *et al.*, 2002) e planejamento amostral.

O objetivo desta pesquisa é identificar as principais alterações antrópicas sobre os riachos e determinar se o PAH é uma ferramenta confiável para monitoramento futuro na APA Embu Verde.

2. Material e Métodos

2.1. Área de Estudo

O presente estudo foi realizado no município de Embu das Artes (23° 39'05" S e 46° 51'05" O) que faz parte da Reserva da Biosfera do Cinturão Verde da Cidade de São Paulo e contém 59% de seu território em Área de Proteção aos Mananciais (São Paulo, 1975). Pertence à Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) (Figura 1), uma região desordenadamente urbanizada, onde a pressão sobre os recursos naturais é intensa, a degradação ambiental é evidente e o suprimento de água é limitado (Braga Jr., 2000; Raimundo, 2006; Silva & Porto, 2003), inserida parcialmente na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Alto Tietê (URGHI 06) (São Paulo, 1991).

Figura 1 – Mancha urbana e remanescente florestais da RMSP. Azul escuro: limites do município de Embu das Artes. Vermelho: limites da APA Embu Verde. (modificado da Fundação SOS Mata Atlântica/INPE).

A área amostral está inserida na porção oeste da RMSP e do município de Embu das Artes, compreendendo a recente (desde 2008) Unidade de Conservação Municipal de Uso Sustentável (APA Embu Verde), com 15,7 km² (Prefeitura da Estância Turística de Embu, 2008), e uma pequena extensão não protegida, totalizando 17,2 km². A vegetação é classificada como Floresta Ombrófila Densa Montana (Kronka *et al.*, 2005). O relevo se apresenta com predomínio de morros baixos alongados e paralelos entre si, variando de 525 a 940 metros de altitude (EMPLASA, 2006). Os solos predominantes são do tipo cambissolos, na maioria, ácidos e de baixa fertilidade natural, não sendo apropriados para atividades de agricultura (Ross & Moroz, 1997). A região recebe precipitação média anual de aproximadamente 1300 mm (CEPAGRI, 2013).

Uma combinação de usos rurais com atividades hortifrutigranjeiras e de usos urbanos, com baixa densidade populacional e demográfica, distribuídos principalmente em chácaras, condomínios fechados e em menor número, loteamentos irregulares, juntamente com atividades de mineração, são características gerais da região. Talvez, por isso, ainda contém alguns pequenos fragmentos florestais de relevância ecológica, visto também que a urbanização representa pouco menos que 2% da área amostral. O uso e ocupação do solo da área é um mosaico heterogêneo da paisagem, classificado predominantemente por mata (35%), chácaras (17%), capoeira (15%), campo (8%) e atividades de mineração (6%) (EMPLASA, 2006; Franco *et al.*, 2007; IBGE, 2013; Sekiguchi, 2010) (ANEXO I).

2.2. Sítios Amostrais

A hidrografia representa um dos trechos de cabeceira da sub-bacia do rio Cotia, caracterizada por uma rede complexa de pequenos riachos. Um total de 23 destes corpos d'água, cada um com extensão amostral de aproximadamente 40 metros, localizados em altitudes entre 741 e 869 metros foram selecionados e georreferenciados com GPS Garmin (ANEXO II). A seleção foi baseada na facilidade de acesso e exclusão de riachos altamente degradados. A extensão do riacho e sua respectiva Área de Preservação Permanente (APP), 30 metros de largura para ambas as margens, como prediz o antigo Código Florestal (Brasil, 1965), representam o sítio amostral. O estudo de campo foi realizado entre os meses de março e abril de 2012.

2.3. Protocolo de Avaliação de Habitat (PAH)

Os protocolos de avaliação de habitat são ferramentas sujeitas a complementações e adequações de acordo com as especificidades regionais e locais (Barbour *et al.*, 1999; Wantzen *et al.*, 2006). O presente PAH foi elaborado com base nas fichas de campo apresentadas no protocolo "*Rapid Bioassessment Protocols for Use in Wadable Streams and Rivers*" desenvolvido pela Agência Ambiental dos Estados Unidos (USEPA) (Barbour *et al.*, 1999). Consiste de duas fichas modificadas por adaptações realizadas para riachos tropicais (Callisto *et al.*, 2002; CETESB, 2002). A avaliação física (PAH I) fornece uma descrição de alterações antrópicas relevantes, tais como: A) *paisagem predominante*; B) *erosão nas margens*; C) *poluição difusa*; D) *poluição pontual*; E) *material flutuante na água*; F) *odor na água*; G) *oleosidade na água*; H) *transparência da água*; I) *odor no sedimento*; J) *oleosidade no fundo*; L) *tipo de fundo predominante* (ANEXO III). Os itens (C) *poluição difusa*, (D) *poluição pontual* e (E) *material flutuante na água*, foram acrescentados, substituindo os itens *alterações antrópicas* e *cobertura vegetal do leito*, pois esses parâmetros são avaliados em outra ficha. Para cada atributo específico foi designado um valor de acordo com a intensidade da alteração, variando de 0 a 2. A pontuação final foi obtida a partir da soma dos valores de todos os atributos avaliados e, assim, categorizados.

A avaliação do habitat (PAH II) fornece informações ecológicas relevantes para a integridade biótica do ecossistema, que incluem: 1) *substrato para epifauna e disponibilidade*

de abrigo; 2) regimes de velocidade/profundidade; 3) deposição de sedimento; 4) condição do fluxo no canal; 5) alteração no canal; 6) estabilidade das margens; 7) proteção vegetal da margem; 8) largura da vegetação ripária (ANEXO IV). O item *frequência de corredeiras* foi retirado da ficha, considerando sua dificuldade de preenchimento nas condições dos riachos estudados. Além disso, foi acrescentado o item (3) *deposição de sedimento* e alterado o item (8) *largura da vegetação ripária*, considerando a categoria *muito boa* como vegetação de largura superior a 30 metros, *boa*, 20-30m, *ruim*, 10-20m, e *péssima*, <10m (Brasil, 1965). Cada atributo é descrito em categorias e pontuados de 0 a 20. A pontuação final é também obtida a partir do somatório dos valores de cada atributo e categoriza a qualidade do habitat dos sítios estudados.

2.4. Variáveis Ambientais

A largura do canal foi obtida com auxílio de uma trena. A medida de luminosidade, na faixa do visível do espectro, que atinge a superfície da água foi obtida utilizando-se um luxímetro digital, marca Minipa, modelo MLM-1332. As leituras foram realizadas a 15 centímetros da lâmina d'água. Foram realizadas medidas de oxigênio dissolvido (mg/L), temperatura (°C), pH, condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) e turbidez (NTU), por meio de uma sonda multiparâmetros, marca Horiba, modelo U-52. Concomitantemente, foram registrados os horários em que foram feitas as medições. Todas as medições foram realizadas em tríplicas de forma sistemática, no início, meio e final das extensões de amostragem dos riachos.

2.5. Análise dos Dados

Para as análises, os horários das medições foram convertidos em seno, tornando possível verificar se houve relação entre estes e as variáveis ambientais. A partir de informações como o horário do nascer do sol (SIMEPAR, 2013), horário da medição, fator de irradiância solar (Ometto, 1981) e latitude do município, foi obtido o ângulo do sol no momento das medições. Posteriormente, foi calculado o radiano do ângulo e, por fim, o seno do radiano do ângulo do sol (ANEXO V).

As variáveis ambientais foram analisadas por meio da Análise de Componentes Principais (PCA), utilizando o software estatístico PAST (Hammer *et al.*, 2001). As variáveis foram padronizadas pela amplitude de variação $[(x - x_{\min}) / (x_{\max} - x_{\min})]$. Uma análise de regressão linear foi realizada para comparar os resultados da PCA com a pontuação final (scores) do PAH, por meio do software estatístico STATISTICA 7.0.

3. Resultados

3.1. Protocolo de Avaliação de Habitat (PAH)

Scores do PAH I. A maioria dos sítios (48%) obteve pontuação total entre 12 e 17, categorizada em condição física *boa*, 39% obtiveram pontuação entre 18 e 22, categorizados em *muito boa*, com pontuação entre 6 e 11, 13% foram categorizados em *ruim*, e nenhum sítio foi categorizado em *péssima* (ANEXO VI).

Todos os sítios estão inseridos em paisagens que sofrem algum tipo de pressão antrópica. Evidências de erosão foram observadas em mais de 70% deles; concomitantemente, os sedimentos finos predominaram no fundo em 56% dos trechos. Evidências de poluição difusa e pontual foram observadas em pelo menos 50% dos sítios (Figura 2).

Figura 2 – Porcentagem de riachos da APA Embu Verde (SP) com suas respectivas pontuações para cada atributo do PAH I. A) paisagem predominante; B) erosão nas margens; C) poluição difusa; D) poluição pontual; E) material flutuante na água; F) odor na água; G) oleosidade na água; H) transparência da água; I) odor no sedimento; J) oleosidade no fundo; L) tipo de fundo predominante.

Scores do PAH II. Apenas 1 sítio amostral foi classificado na categoria de condições de habitat *muito boa*, pois obteve pontuação total entre 121 e 160. A maioria (70%) dos sítios foi classificada na categoria de condições de habitat *boa*, com pontuação entre 81 e 120. A categoria *ruim* foi representada por 26% dos sítios que obtiveram as pontuações mais baixas, entre 41 e 80. Nenhum sítio foi classificado na categoria de *péssima* (ANEXO VII, Figura 3).

Figura 3 – Pontuação final do PAH II por riacho da APA Embu Verde (SP). As categorias de classificação estão representadas pelas cores nas barras: a. azul = muito boa; b. verde = boa; c. vermelho = ruim.

Proteção vegetal da margem, largura da vegetação ripária e estabilidade das margens obtiveram os menores valores dentre os atributos. Somente P7 apresentou 30 metros de largura de vegetação ripária em ambas as margens. Os maiores valores foram obtidos nos atributos condição do fluxo no canal e alteração no canal. E altos valores do atributo substrato para epifauna/abrigo disponível foram obtidos em apenas 2 sítios (P7 e P11)

3.2. Variáveis Ambientais

Os valores médios de largura do canal variaram de 0,54m (sítio 3) a 3,92m (sítio1). A luminosidade média que atinge a superfície do canal variou de 628 lux (sítio 8) a 36067 lux (sítio 22). As concentrações médias de oxigênio dissolvido na água variaram de 4,44 mg/L (sítio 22) a 9,47 mg/L (sítio 1). Os valores médios de temperatura da água variaram de 19,5°C (sítio 3) a 26,6°C (sítio 15). Já os valores médios de pH variaram de 6,08 (sítio 8) a 7,21 (sítio 20). Com relação aos valores médios de condutividade elétrica, variaram de 41 μ S/cm (sítio 17) a 238 μ S/cm (sítio 5). E os valores médios de turbidez, variaram de 4,1 NTU (sítio 11) a 143,3 NTU (sítio 18) (ANEXO VIII).

Os dois primeiros eixos da PCA explicaram 51,1% da variação dos dados, sendo 31,7% pelo eixo 1 e 19,4% pelo eixo 2 (Figura 4). Os sítios separados pelo eixo 1 são caracterizados pelos maiores valores de pH, condutividade elétrica e luminosidade e, menores valores de oxigênio dissolvido. No eixo 2 estão relacionados principalmente pelos maiores valores de temperatura da água e turbidez (ANEXO IX).

Figura 4 – Análise de Componentes Principais (PCA) das variáveis ambientais de riachos da APA Embu Verde (SP). Oxigênio dissolvido (OD), condutividade elétrica (cond.), luminosidade (lum.), temperatura da água (temp.), turbidez (turb.), largura do canal (larg.) e seno (sen.).

3.3. Variáveis Ambientais versus Scores do PAH

Uma fraca relação negativa entre o eixo 1 da PCA e os scores do PAH I foi constatada, indicando uma tendência de menores valores do PAH I com a redução da concentração de oxigênio dissolvido e aumento dos valores de pH, condutividade elétrica e luminosidade. Entretanto, foi estatisticamente significativa ($r^2 = 0.42$, $p = 0.0009$) (Figura 5a). A mesma relação foi constatada para os scores do PAH II, uma tendência que também foi estatisticamente significativa ($r^2 = 0.40$, $p = 0.0011$) (Figura 5b).

Figura 5 – Regressão linear entre os scores do PAH e eixo 1 da PCA: (a) PAH I e (b) PAH II.

4. Discussão

4.1. Protocolo de Avaliação de Habitat (PAH)

O PAH contribuiu por meio de metodologia simples, viável e de rápida aplicação na identificação de alterações antrópicas que interferem na estrutura e funcionamento dos pequenos riachos. Entretanto, ao analisar os resultados há necessidade de certa cautela, visto que diferenças mínimas nas pontuações finais podem subestimar ou superestimar a qualidade ambiental. E, ainda, atributos menos relevantes quando recebem maiores pontuações podem obscurecer a qualidade categorizada (Jesús-Crespo & Ramirez, 2011; USDA, 1998), sobretudo no PAH I, no qual os atributos não são igualmente relevantes. Contudo, deve ser lembrado que o resultado depende do conhecimento do avaliador e de sua capacidade de identificar os fenômenos e alterações do local avaliado (Barbour *et al.*, 1999; CETESB, 2002).

A principal evidência constatada pelo PAH diz respeito à alteração da Área de Preservação Permanente (APP), com desmatamento da vegetação ripária natural para diferentes atividades associadas ao uso do solo. Desta forma, algumas consequências negativas sobre os riachos puderam ser observadas como uma característica recorrente nos sítios amostrais e que deveria receber atenção especial dos gestores da Área de Proteção Ambiental (APA Embu Verde). A perda desta vegetação afeta negativamente a proteção e estabilidade das margens, resultando em erosão e deposição de sedimentos finos, como consequência, há alteração no regime hidrológico e na complexidade dos substratos, reduzindo as condições de habitats adequadas à manutenção da biodiversidade aquática (Allan, 1995; Dudgeon, 2008; Iwata *et al.*, 2003; Moulton & Wantzen, 2006; Naimann & Décamps, 1997).

As características da paisagem local, alteração da APP e facilidade de acesso aos sítios amostrais propiciam maior proximidade das fontes de poluição difusa com os pequenos riachos, principalmente estradas e atividades hortifrutigranjeiras. Outras causas de poluição orgânica são as fontes de poluição pontual, especialmente lançamento de esgoto doméstico, visto que apenas 45% de esgoto do município são coletados e que, deste total, apenas 15% são encaminhados para a Estação de Tratamento de Esgoto (Prefeitura da Estância Turística de Embu, 2008). Estes impactos antrópicos causam alteração na qualidade da água podendo levar à eutrofização, uma das cinco principais ameaças à biodiversidade aquática tropical (Dudgeon, 2008).

4.2. Variáveis Ambientais

Os riachos de trechos de cabeceira são pequenos e frágeis a perturbações ambientais, sobretudo, relacionadas ao desmatamento da vegetação ripária (Barrella *et al.*, 2001; Iwata *et al.*, 2003; Naimann & Décamps, 1997), que juntamente com a descarga de esgotos, representam duas das principais causas de degradação destes ambientes nos países em desenvolvimento (Dudgeon, 2008; Moulton & Wantzen, 2006).

Os sítios amostrais da APA Embu Verde sofrem pressão antrópica e os valores de algumas variáveis ambientais pode ser um indicativo da degradação ambiental. Os resultados da PCA demonstraram que a variação entre estes locais são explicadas principalmente pelos maiores valores de pH, condutividade e luminosidade, variáveis que estão altamente relacionadas entre si, e menores valores das concentrações de oxigênio dissolvido. E, ainda, que os valores das variáveis ambientais não foram influenciados pelos horários das medições.

As águas estudadas, no geral, são ligeiramente ácidas, mas os valores de pH na faixa observada não devem ser prejudiciais à biota (Allan, 1995; Dudgeon, 2008). Uma maior concentração de íons foi registrada em alguns locais, geralmente associada a altos valores de luminosidade que atinge a superfície do canal do riacho. Isso pode ser devido à falta de cobertura vegetal nas margens, aumentando assim o carreamento de partículas para os canais. As concentrações de oxigênio dissolvido na água, no geral, são consideradas adequadas à manutenção da vida aquática, porém, alguns sítios apresentaram valores da ordem de 4,4 mg/L que podem ser considerados mínimos e até mesmo críticos para a biota dos riachos (Allan, 1995; Dudgeon, 2008).

4.3. Relação entre o PAH e as Variáveis Ambientais

Embora seja fraca a relação entre o PAH e as variáveis ambientais, observamos uma tendência estatisticamente significativa de maiores valores de pH, condutividade elétrica e luminosidade e menores valores da concentração de oxigênio dissolvido nos sítios amostrais que obtiveram menores pontuações pelo PAH. Isto sugere que o PAH é uma ferramenta hábil para identificar, pelo menos em algum nível, os sítios amostrais que são expostos a perturbações antrópicas. Alteração da cobertura vegetal ripária e fontes de poluição orgânica são fatores que podem influenciar aquelas variáveis ambientais dos riachos (Barrella *et al.*,

2001; Dudgeon, 2008; Iwata *et al.*, 2003; Naimann & Décamps, 1997; Wantzen *et al.*, 2006). Estes fatores puderam ser observados pelos atributos do PAH I como, erosão das margens (B), poluição difusa (C) e poluição pontual (D), e também pelos atributos do PAH II, estabilidade das margens (6), proteção vegetal das margens (7) e largura da vegetação (8). Entretanto, outros fatores que não são avaliados visualmente também podem influenciar estas variáveis ambientais, como por exemplo, precipitação, concentração de nutrientes, *input* de matéria orgânica alóctone e processos microbianos de decomposição (Allan, 1995; Dudgeon, 2008; Naimann & Décamps, 1997).

5. Conclusão

1. A principal alteração antrópica na APA é o desmatamento da vegetação ripária natural;
2. Há indícios de efeitos negativos da falta de vegetação ripária sobre os riachos;
3. O PAH é uma ferramenta útil para iniciar biomonitoramento na região, mas deve ser utilizado com cautela.

6. Referências Bibliográficas

Allan, J.D. 1995. *Stream ecology. Structure and function of running waters*. Chapman & Hall, London, 388p.

Barbour, M.T.; Gerritsen, J.; Snyder, B.D.; Stribling, J.B. 1999. *Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadable rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates and fish*. Second Edition. EPA 841-B-99-002. U.S. Environmental Protection Agency; Office of Water, Washington, D.C. Disponível em: <http://www.epa.gov/OWOW/monitoring/techmon.html> (último acesso em: 20 de agosto de 2010).

Barrella, W.; Petrere Júnior, M.; Smith, W.S. & Montag, L.F.A. 2001. *As relações entre as matas ciliares, os rios e os peixes*. In: Rodrigues, R.R. & Leitão, H.F. (Eds.) *Matas Ciliares: conservação e recuperação*. EDUSP, FAPESP, São Paulo, p. 187-207.

Braga Jr., B.P.F. 2000. The management of urban water conflicts in the Metropolitan Region of São Paulo. *Water International*, 25 (2), 208-213.

Brasil. 2000. *Lei Federal nº 9.985, 18 de julho de 2000*.

Brasil. 1965. *Lei Federal nº 4.771, 15 de setembro de 1965*.

Callisto, M.; Ferreira, W.; Moreno, P.; Goulart, M.D.C. & Petrucio, M. 2002. Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ). *Acta Limnologica Brasiliensia* 14 (1), 91-98.

Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura (CEPAGRI). 2013. *Clima dos municípios paulistas*. Disponível em: <http://www.cpa.unicamp.br/outras-infomacoes/clima-dos-municipios-paulistas.html> (último acesso em 30/04/2013).

Clarke, A.; Nally, R.M.; Bond, N. & Lake, P.S. 2008. Macroinvertebrate diversity in headwater streams: a review. *Freshwater Biology* 53, 1707-1721.

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB). 2002. *Estudos preliminares para o uso de índices biológicos no biomonitoramento de ambientes aquáticos continentais – riachos e corredeiras na Bacia Hidrográfica do Rio Atibaia*. São Paulo: CETESB, 85p. (Relatório Técnico).

Death, R.G.; Collier, K.J. 2010. Measuring stream macroinvertebrate responses to gradient of vegetation cover: when is enough enough?. *Freshwater Biology* 55, 1447-1464.

Dudgeon, D. 2008. *Tropical stream ecology*. Aquatic Ecology (Academic Press), 316p.

Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S.A (EMPLASA). 2006. *Mapa de uso e ocupação do solo da Região Metropolitana de São Paulo – RMSP*. CD's 2 e 3. EMPLASA/FEHIDRO.

Franco, G.A.D.C.; Souza, F.M.; Ivanauskas, N.M.; Mattos, I.F.A.; Baitello, J.B.; Aguiar, O.T.; Catarucci, A.F.M.; Polissel, R.T. 2007. Importância dos remanescentes florestais de Embu (SP, Brasil) para conservação da flora regional. *Biota Neotropica* 7 (3), 145-161.

Gomi, T.; Sidle, R.C.; Richardson, J.S. 2002. Understanding processes and downstream linkages of headwater systems. *BioScience* 52, 905-916.

Hammer, Ø.; Harper, D.A.T.; Ryan, P.D. 2001. PAST: paleontological statistics software package for education and data analysis. *Paleontological Electronics* 4 (1), 1-9.

Hansen, W.F. 2001. Identifying stream types and management implications. *Forest Ecology and Management* 143, 39-46.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). 2013. *Censo demográfico 2010 – IBGE Cidades*. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1> (último acesso em 30/04/2013).

Iwata, T.; Nakano, S.; Inoue, M. 2003. Impacts of past riparian deforestation on stream communities in a tropical rainforest in Borneo. *Ecological Applications*, 13, 461-473.

Jesús-Crespo, R.; Ramirez, A. 2011. The use of a Stream Visual Assessment Protocol to determine ecosystem integrity in a watershed in Puerto Rico. *Physics and Chemistry of the Earth* 36, 560-566.

Kronka, F.J.N.; Nalon, M.A.; Matsukuma, C.K.; Kanashiro, M.M.; Ywane, M.S.S.; Pavão, M.; Lima, L.M.P.R.; Guillaumon, J.R.; Baitello, J.B.; Barradas, A.M.F. 2005. *Inventário florestal da vegetação natural do Estado de São Paulo*. Imprensa Oficial, São Paulo.

Moulton, T.P.; Wantzen, K.M. 2006. Conservation of tropical streams – special question or conventional paradigms?. *Aquatic Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst.* 16, 659-663.

Naimann, R.J.; Décamps, H. 1997. The ecology of interfaces: riparian zones. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 28, 621-658.

Ometto, J.C. 1981. *Bioclimatologia vegetal*. Agronomica Ceres, São Paulo, 440p.

Prefeitura da Estância Turística de Embu. 2008. *Atlas socioambiental de Embu das Artes*. Coord. Melo, M.A. & Franco, M.I. – Embu, 96p.

Raimundo, S. 2006. A paisagem natural remanescente na Região Metropolitana de São Paulo. *São Paulo em Perspectiva*, 20 (2), 19-31.

Ross, J.L.S.; Moroz, I.C. 1997. São Paulo – Governo do Estado de São Paulo / *Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo*. São Paulo, USP/IPT/FAPESP. Escala 1:500. 000, 64p.

São Paulo. 1975. *Lei Estadual nº 898, 18 de dezembro de 1975*.

São Paulo. 1991. *Lei Estadual nº 7663, 30 de dezembro de 1991*.

Sekiguchi, P.M. 2010. *Geoprocessamento como ferramenta de identificação de fragilidade ambiental da Área de Proteção Ambiental Embu Verde – SP*. (Monografia de Graduação em Gestão Ambiental). Escola de Artes, Ciências e Humanidades. Universidade de São Paulo. 68p.

Silva, R.T.; Porto, M.F.A. 2003. Gestão urbana e gestão das águas: caminhos da integração. *Estudos Avançados*, 17 (47), 129-145.

SIMEPAR. *Horário de nascer e pôr do sol*. Disponível em: <http://www.simepar.br> (último acesso em 20/05/2013).

United States Department of Agriculture (USDA). 1998. *Stream Visual Assessment Protocol*. NWCC-TN-99-1. National Water and Climate Center, Portland, Oregon.

Vannote, R.L.; Minshall, G.W.; Cummins, K.W.; Sedell, J.R.; Cushing, C.E. 1980. The river continuum concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 37: 130-137p.

Wantzen, K.M.; Siqueira, A.; Cunha, C.N.; Sá, M.F.P. 2006. Stream-valley systems of the Brazilian Cerrado: impact assessment and conservation scheme. *Aquatic Conserv. Mar. Freshw. Ecosys.* 16, 713-732.

Benthic macroinvertebrate assemblages in headwater stream sections in an Environmental Protection Area.

ABSTRACT

The distribution pattern of aquatic organisms results from the interaction between habit, physical conditions, which comprise the habitat (substrate, flow, turbulence), and the food availability. Hence, changes in physical features of aquatic ecosystem and surroundings can bring direct and indirect negative consequences to the structure of benthic invertebrate fauna due to the decline of substrate heterogeneity and, consequently, of habitats. Aiming to know the composition of assemblages of benthic macroinvertebrates, as a response to differences on environmental features and substrate types, we examined sections of four streams in Environmental Protection Area Embu Verde (SP). Relations between assemblages and some relevant abiotic features were evaluated. The Permanent Preservation Area along streams is mainly occupied by secondary Atlantic Forest on initial stages of regeneration. Streams have small volume and are narrow, shallow, well oxygenated, with water slightly acidic to neutral waters, relatively transparent, and low turbulence. Stream bed is changing with the increase of fine sediments deposition, increasing the homogeneity of habitats. Macroinvertebrate assemblages responded more to substrates differences than to the sampling site differences, reinforcing the relevance of the influence of substrate composition on the habitat structure for colonization. Chironomidae dominated in all the sites and substrate types. Family diversity and richness increased with the stability of inorganic substrates.

Keywords: Environmental Protection Area Embu Verde; low order streams; substrate; structure of macroinvertebrates assemblages;

Assembléias de macroinvertebrados bentônicos nos trechos de cabeceiras de riachos em uma Área de Proteção Ambiental.

RESUMO

O padrão de distribuição dos organismos aquáticos é resultado da interação entre o hábito, as condições físicas, que compreendem o habitat (substrato, fluxo, turbulência), e a disponibilidade alimentar. Portanto, alterações nas características físicas do ecossistema aquático e seu entorno podem acarretar consequências negativas diretas e indiretas para a estruturação da fauna de macroinvertebrados bentônicos, devido à redução da heterogeneidade do substrato e, conseqüentemente, do habitat. Este estudo foi desenvolvido na APA Embu Verde e avaliou quatro extensões de riachos, em função de diferenças nas características ambientais e tipos de substratos, a fim de conhecer a composição das assembléias de macroinvertebrados bentônicos. Para tal, foram avaliadas as relações existentes entre as assembléias e algumas características abióticas relevantes. A Área de Preservação Permanente (APP) ao longo de riachos da área amostral é ocupada basicamente por Mata Atlântica secundária em estágios iniciais de regeneração. Os riachos têm pequeno volume e são estreitos, rasos, bem oxigenados, com águas ligeiramente ácidas a neutras, relativamente translúcidas e com pouca turbulência. O leito dos riachos está sofrendo alteração com o aumento da deposição de sedimentos finos, homogeneizando os habitats aquáticos. As assembléias de macroinvertebrados responderam mais a diferenças entre os tipos de substratos do que entre os sítios amostrais, reforçando a importância da influência da composição do substrato na estruturação dos habitats para sua colonização. A família Chironomidae foi dominante em todos os sítios amostrais e tipos de substratos. A diversidade e riqueza de famílias aumentaram com a estabilidade dos substratos inorgânicos.

Palavras-chave: APA Embu Verde; riachos de baixa ordem; substrato; estrutura de assembléias de macroinvertebrados;

1. Introdução

Os riachos em trechos de cabeceira são fortemente influenciados pela vegetação ripária, pois esses trechos apresentam baixa produtividade primária autóctone, e a energia básica para sustentação das comunidades é proveniente do *input* de matéria orgânica particulada alóctone (Roque *et al.*, 2003; Uieda & Motta, 2007; Vannote *et al.*, 1980). Portanto, a conservação da vegetação ripária é fundamental para a manutenção da biota aquática aí presente. Neste sentido, alterações da paisagem causadas pelas mais diversas atividades humanas ameaçam a biodiversidade aquática e dentre as cinco principais causas, a degradação do habitat é uma delas (Dudgeon, 2008). O problema do desmatamento e uso do solo no entorno de riachos em trechos de cabeceira é bastante crítico e, embora a deposição de sedimentos seja um processo natural, a perda da vegetação ripária vem afetando negativamente a proteção e estabilidade das margens, resultando em erosão e deposição de sedimentos finos que, por sua vez, alteram o regime hidrológico e a complexidade dos substratos, reduzindo as condições de habitats adequadas à manutenção da biodiversidade aquática (Allan, 2007; Dudgeon, 2008; Iwata *et al.*, 2003; Moulton & Wantzen, 2006; Naimann & Décamps, 1997; Raimundo, 2006; Silva & Porto, 2003).

O padrão de distribuição dos organismos aquáticos é resultado da interação entre o hábito, as condições físicas, que compreendem o habitat (substrato, fluxo, turbulência), e a disponibilidade alimentar (Resh & Rosenberg, 1984; Merritt & Cummins, 1996). Os substratos, dos quais os invertebrados bentônicos são altamente dependentes, são componentes complexos dos ecossistemas aquáticos (Allan, 2007; Resh & Rosenberg, 1984). São compostos por materiais que apresentam tamanhos e partículas diferentes, arranjadas em mosaico, podendo ser de origem orgânica, como folhas, galhos, algas e briófitas, ou inorgânica, como pedras, seixos e materiais sedimentados (areia, silte, argila) (Allan, 2007; Resh & Rosenberg, 1984). Em geral, a diversidade e abundância de espécies aumentam com a estabilidade do substrato (Minshall & Minshall, 1977; Kikuchi & Uieda, 2005).

Alterações nas características físicas do ecossistema aquático e seu entorno podem acarretar consequências negativas diretas e indiretas para estruturação da fauna de macroinvertebrados bentônicos por meio da uniformização dos substratos de fundo e a redução na heterogeneidade desses habitats (Barbour *et al.*, 1999; Hynes, 1970). Com isso, as comunidades posicionadas a jusante, que dependem dos processos biológicos ocorridos a montante, também sofrem alterações, uma vez que os macroinvertebrados bentônicos dos trechos de cabeceira exercem papel central nesses sistemas, atuando indiretamente na liberação e disponibilização de nutrientes para as algas da cadeia alimentar planctônica (Allan, 2007; Townsend *et al.*, 2006).

Partindo destas considerações, o presente estudo analisa riachos em trechos de cabeceira da APA Embu Verde, os quais sofrem diversas pressões antropogênicas e que são caracterizados pela alteração da Área de Preservação Permanente (Capítulo 1). O objetivo central consiste em avaliar quatro extensões de riachos, em função de diferenças nas

características ambientais e tipos de substratos, a fim de conhecer a composição das assembléias de macroinvertebrados bentônicos.

2. Material e Métodos

2.1. Sítios Amostrais

Este estudo foi realizado em 4 sítios dos 23 avaliados anteriormente (Capítulo 1), sendo que sua seleção foi baseada, prioritariamente, na semelhança das características do entorno, pequena variação no nível de degradação ambiental e potencialidade na distribuição de habitats para coleta dos macroinvertebrados bentônicos (presença dos tipos de substratos). A extensão do riacho analisada, aproximadamente 50 metros, e sua respectiva Área de Preservação Permanente (APP), 30 metros de largura para ambas as margens, como prediz o antigo Código Florestal (Brasil, 1965), representam os sítios amostrais:

(P1) Pesqueiro do Luís (antigo 2) – está localizado a 840 metros de altitude, em terreno particular, a jusante de um lago pesqueiro aparentemente abandonado, e caracterizado por boa qualidade física e de habitat, exibindo uma estrada de terra em sua margem esquerda. O riacho é de 1ª ordem, estreito e raso, com presença mínima de rápidos e em maior abundância remansos e corredeiras, com fundo predominantemente coberto por argila, areia e cascalhos, mas com a existência de alguns matacões, blocos e seixos;

(P2) Sítio Pardal (antigo 7) – está localizado a 858 metros de altitude, em um sítio familiar, e caracterizado por qualidade física e de habitat muito boa. O riacho é de 2ª ordem, com porte um pouco maior que os demais, presença de remansos, rápidos e corredeiras, com fundo predominantemente pedregoso;

(P3) Estrada do Sol (antigo 18) – está localizado a 797 metros de altitude, em terreno particular, caracterizado por boa qualidade física e de habitat, exibindo uma estrada de terra em sua margem esquerda. O riacho é de 1ª ordem, sendo o mais estreito e raso entre os amostrados, com fluxo de água muito baixo, contendo pequenas poças e alguns trechos de rápidos, e fundo predominantemente coberto por silte, argila e areia, com presença mínima de seixos e ausência de blocos e matacões;

(P4) Sítio Paiquerê (antigo 11) – está localizado a 841 metros de altitude, em um sítio familiar, caracterizado por qualidade física muito boa e de habitat boa, exibe uma estrada de terra em sua margem direita. O riacho é de 1ª ordem, estreito e raso, com presença de remansos, rápidos e corredeiras, com fundo coberto predominantemente por areia e argila, se destaca pela maior abundância de matacões e laje.

2.2. Período de Amostragem

O estudo de campo para caracterização dos riachos, dos substratos e a coleta de macroinvertebrados bentônicos foi realizada nos dias 17 e 22 de maio (P1 e P3) e, 13 e 26 de junho (P2 e P4) de 2012. Esse é um período relativamente seco e recebe precipitação média histórica de 55 mm (meses de maio e junho) (CEPAGRI, 2013). Foi registrada chuva (2,5 mm)

nas 24 horas que antecederam apenas a coleta do dia 17/05/2012, a 25 km do município de Embu (CEPAGRI, 2013).

2.3. Vegetação Ripária

Foi desenvolvida uma avaliação simplificada da zona ripária na Área de Preservação Permanente (APP), a partir de 3 variáveis distintas (CETESB, 2002): a) espessura da serapilheira – medida com uma régua (cm); b) altura do dossel – medida por meio de um telêmetro; c) circunferência à altura do peito (CAP) – medida com uma fita métrica a 1,30m do solo. Em cada margem, as medições foram realizadas sistematicamente em 24 pontos de parada, de 10 em 10 metros (Figura 1).

Figura 1 – Desenho esquemático hipotético, representando a margem esquerda do canal de um riacho. Os valores da ordenada e abscissa representam as faixas de largura da uma APP e a extensão do canal de um riacho, respectivamente, e os quadrados, cada ponto de parada. O ponto inicial do sítio amostral está representado pelo 0.

2.4. Caracterização dos Riachos

A largura e profundidade dos canais foram medidas com trena e régua. As variáveis físicas e químicas da água foram avaliadas por meio da medição de oxigênio dissolvido (mg/L), temperatura (°C), pH, condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) e turbidez (NTU). As leituras foram realizadas utilizando sonda multiparâmetros, marca Horiba, modelo U-52. A velocidade superficial da correnteza foi mensurada através do método de objetos flutuantes e calculada pela fórmula $V=d/t$, onde V é a velocidade, d é a distância percorrida e t é o tempo gasto para percorrer tal distância. Todas as medições foram realizadas em quádrupla de forma sistemática, no início, meio e final das extensões dos riachos.

2.5. Caracterização dos Substratos

Foi realizada uma caracterização do substrato (Bain *et al.*, 1985) por meio de observação visual, utilizando um quadrado de 25 x 25cm, classificando o tipo de substrato predominante na superfície como sedimentos finos (<2mm), cascalhos (2 – 16mm), seixos (17 – 64mm), blocos (65 – 256mm), matacões (>256mm) e laje. Os tipos de substratos foram

codificados de acordo com suas granulações: 1, sedimentos finos; 2, cascalhos; 3, seixos; 4, blocos; 5, matacões; e 6, laje. Este método, além de proporcionar informações sobre o tipo de substrato de acordo com os valores médios dos códigos, permite obter informações sobre a heterogeneidade de habitats para a fauna de macroinvertebrados por meio da variação dos desvios padrão.

2.6. *Assembléias de Macroinvertebrados Bentônicos*

As amostras foram coletadas com amostrador do tipo Surber com malha de 500 μ m, área de 225 cm². Para cada tipo de substrato: a) Areia (AR); b) Seixos & Cascalhos (SX); c) Blocos & Cascalhos (BL); d) Detritos Vegetais (MO) foram coletados 5 unidades amostrais, exceto em P3, substrato BL, no qual foram coletadas 3 unidades. Essas amostras foram coletadas em diferentes mesohabitats (remansos, rápidos e corredeiras), sem distinção entre eles. A remoção dos organismos foi realizada sob perturbação do substrato em direção contrária a correnteza com uma pá por 1 minuto. Posteriormente, as amostras foram preservadas com formalina neutralizada 4%. No laboratório, foram lavadas com água corrente e quando necessário, foi utilizada flutuação com solução de cloreto de sódio para facilitar a remoção dos organismos (Brandimarte & Anaya, 1998). Os macroinvertebrados bentônicos foram identificados em nível de família por meio de chaves taxonômicas (Angrisano, 1995; Brinkhurst & Marchese, 1989; Calor, 2007; Carvalho & Calil, 2000; Costa *et al.* 2006; Merrit & Cummins, 1996).

A caracterização das assembléias foi realizada por meio das seguintes métricas: abundância (número médio de indivíduos); densidade relativa (número médio de indivíduos de determinada família em relação ao total de indivíduos); riqueza (número de famílias); riqueza de EPT (número de famílias das ordens Ephemeroptera, Trichoptera e Plecoptera); diversidade (índice de Shannon-Wiener); uniformidade (equitatividade de Pielou) (Barbour *et al.*, 1999; Townsend *et al.*, 2006).

2.7. *Análise dos Dados*

A análise não paramétrica de Kruskal-Wallis foi utilizada para comparar os valores das variáveis analisadas para a caracterização da vegetação ripária, dos riachos e das assembléias de macroinvertebrados bentônicos, considerando $\alpha=5\%$ como nível de significância. Este teste foi realizado por meio do software STATISTICA 7.0.

Uma análise de relação entre as variáveis ambientais e os macroinvertebrados bentônicos (abundância) foi realizada por meio de Análise de Correspondência Canônica (CCA). As variáveis ambientais foram padronizadas pela amplitude de variação $[(x-x_{\min})/(x_{\max}-x_{\min})]$ e os dados das assembléias de macroinvertebrados por $\log(x+1)$. Esta análise foi realizada por meio do software CANOCO 4.5. A CCA detectou multicolinearidade entre as variáveis de altura de dossel e circunferência a altura do peito e, portanto, foram excluídas da análise.

3. Resultados

3.1. Vegetação Ripária

A largura da vegetação ripária nos sítios amostrais é desigual. Apenas P2 apresentou cobertura arbórea em ambas às margens, com largura superior a 30 metros. Os outros sítios apresentaram em uma das margens, extensões menores de cobertura arbórea, devido principalmente à sua substituição por estradas de terra (ANEXOS X, XI e XII).

Em geral, os maiores valores das variáveis analisadas foram observados em P2 e menores em P3. A espessura média da serapilheira, exceto em P2, margem esquerda, esteve sempre abaixo de 3,0 cm. A circunferência média à altura do peito esteve sempre abaixo de 0,80 cm. A altura média do dossel não ultrapassou 8,5 metros (Figura 2).

Comparando as variáveis entre os sítios amostrais, as diferenças nos valores de espessura da serapilheira e altura do dossel foram estatisticamente significativas. Com relação aos valores de circunferência a altura do peito, foi evidenciada diferença significativa entre as faixas de largura (Tabela 1).

Figura 2 – Biplot dos valores de (a) espessura da serapilheira (cm), (b) circunferência a altura do peito (CAP) (m) e (c) altura de dossel (m) da vegetação ripária de riachos da APA Embu Verde (SP). 1 a 4 – sítios amostrais; MD – margem direita; ME – margem esquerda.

Tabela 1 – Resultados da análise não paramétrica de Kruskal-Wallis, utilizada para verificar a existência de diferenças entre os sítios amostrais, as margens e as faixas de largura das variáveis da vegetação ripária de riachos da APA Embu Verde (SP). O asterisco (*) representa diferenças significativas ($\alpha = 0,05$).

Variáveis	Sítios			Margens			Faixas de Largura		
	n	H	p	n	H	p	n	H	p
Serapilheira	48	14,82	0,002*	96	1,19	0,274	48	6,45	0,091
CAP	48	5,30	0,151	96	2,84	0,092	48	23,10	0,000*
Dossel	48	33,18	0,000*	96	2,17	0,141	48	6,93	0,074

3.2. Caracterização dos Riachos

Os valores médios de largura e profundidade do canal do riacho foram maiores em P2 (1,63 m e 16 cm) e menores em P3 (0,43 m e 4 cm). Para a correnteza superficial, os valores médios foram mais elevados em P4 (0,21 m/s) e menores, em P3 (0,05 m/s). As concentrações médias de oxigênio dissolvido na água variaram de 6,42 mg/L (P3) a 7,67 mg/L (P4). Os valores médios de temperatura da água e de condutividade elétrica variaram, respectivamente, de 19,8°C (P3) a 21,8°C (P1) e de 36 μ S/cm (P3) a 68 μ S/cm (P4). Todas essas variáveis foram significativamente diferentes entre os sítios amostrais (Figura 3). Já os valores médios de pH variaram de 6,70 (P1) a 7,05 (P4) e, turbidez, de 21,9 NTU (P3) e 41,3 NTU (P1), mas não apresentaram diferenças significativas entre os sítios (ANEXO XIII).

Figura 3 – Biplot dos resultados da análise não paramétrica de Kruskal-Wallis comparando os valores de (a) largura do canal (m), (b) profundidade do canal (cm), (c) correnteza superficial (m/s), (d) oxigênio dissolvido na água (mg/L), (e) temperatura da água (°C) e (f) condutividade da água (μS/cm) de riachos da APA Embu Verde (SP).

3.3. Caracterização dos Substratos

O tipo de substrato superficial predominante nos sítios amostrais foi representado por sedimentos finos, compostos por areia, silte e argila (Figura 4a). Os substratos do tipo matacão e laje foram os menos representativos. Uma tendência decrescente na representatividade dos substratos, de acordo com o aumento da granulação pôde ser observada (Figura 4b).

Figura 4 – Tipos de substratos superficiais nas extensões dos sítios amostrais. a) Composição de substratos por riacho da APA Embu Verde (SP); b) Biplot do número de quadrados codificados para cada tipo de granulação de substrato. 1, sedimentos finos; 2, cascalhos; 3, seixos; 4, blocos; 5, matacões; 6, lajes.

As maiores heterogeneidades de habitats foram observadas em P4 e P2, respectivamente, com contribuições de substratos mais grosseiros. Em P4, o maior desvio padrão, foi devido a uma maior representatividade de matacões e laje. Já em P1 foi observada baixa heterogeneidade e em P3, homogeneidade de habitats (Tabela 2).

3.4. Assembléias de Macroinvertebrados Bentônicos

Foi registrado um total de 23.879 indivíduos distribuídos em 39 famílias. Os grupos de insetos foram representados pelas ordens Ephemeroptera, Odonata, Plecoptera, Megaloptera,

Coleoptera, Trichoptera, Diptera e Heteroptera, e não insetos, por Turbellaria, Hirudinea, Oligochaeta, Amphipoda, Decapoda e Collembola (ANEXO XIV).

Tabela 2 – Descrição da codificação dos tipos de substratos e habitats em riachos da APA Embu Verde (SP). Os códigos são representados pelos valores médios e desvios padrão.

Pontos	Códigos	Descrição
P1	1.3 ± 0.7	Composto predominantemente por sedimentos finos (75%) com baixa heterogeneidade de habitats. Seixos, blocos e matacões representam apenas 9% dos substratos
P2	2.5 ± 1.4	Composto por substratos de granulações grosserias com boa heterogeneidade de habitats. Cascalhos, seixos, blocos e matacões representam 60% dos substratos
P3	1.4 ± 0.5	Composto predominantemente por sedimentos finos com homogeneidade de habitats. Juntamente com cascalhos representam 97% dos substratos; matacões e laje são ausentes
P4	2.3 ± 1.9	Composto por substratos de granulações mais grosserias com boa heterogeneidade de habitats. Matacões e laje representam 20% dos substratos

As maiores abundâncias de indivíduos foram registradas em P1 (11.537), seguido por P3 (5.816), P2 (3.603) e P4 (2.923). Esses valores foram estatisticamente diferentes entre os sítios amostrais (Figura 5). Contudo, a riqueza de famílias e de EPT, assim como os valores dos índices de diversidade e equitatividade não diferiram estatisticamente (Tabela 3).

Figura 5 – Biplot dos resultados da análise não paramétrica de Kruskal-Wallis comparando a abundância média de indivíduos de riachos da APA Embu Verde (SP).

Tabela 3 – Valores médios de riqueza de famílias (S), diversidade de Shannon-Wiener (H'), equitatividade de Pielou (J) e riqueza de EPT de sítios amostrais da APA Embu Verde (SP).

Sítios	S	H'	J	EPT
1	12	1,1534	0,4778	3
2	11	1,1239	0,4943	3
3	11	0,9851	0,4435	3
4	9	1,1049	0,5483	2

A família Chironomidae (Diptera) foi dominante em todos os sítios amostrais com densidade relativa sempre superior a 70%, sendo seguida, em porcentagens menores, por Naididae (Oligochaeta), variando de 4,0% (P3) a 13,3% (P1). Com densidades relativas inferiores a 5%, as famílias Elmidae (Coleoptera) e Ceratopogonidae (Diptera), com algumas variações, foram representativas em todos os sítios. As famílias Leptophlebiidae (Ephemeroptera), Gomphidae, Libellulidae (Odonata) e Simuliidae (Diptera), foram representativas em apenas 2 sítios, com densidades relativas inferiores a 3%. Também com densidades relativas baixas, as famílias Megapodagrionidae (Odonata) e Leptoceridae (Trichoptera) foram representativas exclusivamente em P2 e, as famílias Cordullidae (Odonata) e Planariidae (Turbellaria), em P3.

Em termos de substrato, a abundância de indivíduos foi estatisticamente diferente e o maior número observado foi no substrato de detritos vegetais (MO) (Figura 6). Os maiores valores médios de riqueza de famílias e de EPT foram observados nos substratos MO e BL, respectivamente. Contudo, esses valores foram muito baixos no substrato AR. Em relação aos índices de diversidade e equitatividade, os maiores valores médios foram obtidos nos substratos BL e SX (Figura 7).

Figura 6 – Biplot dos resultados da análise não paramétrica de Kruskal-Wallis comparando a abundância média de indivíduos entre os tipos de substratos de riachos da APA Embu Verde (SP). AR = areia; SX = seixos & cascalhos; BL = blocos & cascalhos; MO = detritos vegetais.

3.5. Variáveis Ambientais versus Macroinvertebrados Bentônicos

Os dois primeiros eixos da CCA explicaram 91,5% da variação dos dados, sendo 51,7% pelo eixo 1 e 34,3% pelo eixo 2 (Figura 8). O eixo 1 está positivamente associado principalmente aos valores de largura e profundidade do canal, velocidade da corrente, abundância de seixos e blocos e, ao código de granulação dos substratos. E, ainda, negativamente à abundância de cascalhos. O eixo 2 está associado principalmente à abundância de sedimentos finos e valores de oxigênio dissolvido e temperatura da água. (ANEXO XV). As variáveis analisadas evidenciaram a formação de 4 grupos. O 1º grupo é formado pelas famílias Leptophlebiidae (Ephemeroptera), Leptoceridae (Trichoptera) e

Megapodagrionidae (Odonata), associadas a abundâncias de seixos e blocos, código de granulação, largura e profundidade do canal, distinguindo P2. O 2º grupo pelas famílias Cordullidae, Libellulidae (Odonata), Planariidae (Turbellaria) e Simuliidae (Diptera), associadas pela abundância de cascalhos e baixa velocidade da corrente, distinguindo P3. O 3º grupo pela família Gomphidae (Odonata), associada à abundância de sedimentos finos, entre P1 e P3. E o 4º grupo é formado pelas famílias Chironomidae, Ceratopogonidae (Diptera), Naididae (Oligochaeta) e Elmidae (Coleoptera), localizado ao centro, representando as famílias mais abundantes em todos os sítios amostrais.

Figura 7 – Biplot dos resultados da análise não paramétrica de Kruskal-Wallis comparando os diferentes tipos de substratos quanto à (a) riqueza de famílias, (b) riqueza de EPT, (c) o índice de diversidade de Shannon-Wiener, e (d) equitatividade de Pielou de riachos da APA Embu Verde (SP). S = riqueza; H' = diversidade de Shannon-Wiener; J = equitatividade; AR = areia; SX = seixos & cascalhos; BL = blocos & cascalhos; MO = detritos vegetais.

Figura 8 – Ordenação biplot da Análise de Correspondência Canônica (CCA) de riachos da APA Embu Verde (SP). OD = oxigênio dissolvido na água; Temp = temperatura da água; K = condutividade da água; m/s = velocidade da correnteza; NTU = turbidez; DP = desvios padrão das médias dos substratos codificados; Matac. = abundância de matacão; Larg. = largura do canal; Z = profundidade do canal; Serap. = profundidade da serapilheira; Cód. = média dos substratos codificados; Bloc. = abundância de blocos; Seix. = abundância de seixos; Casc. = abundância de cascalhos; Fin. = abundância de sedimentos finos.

4. Discussão

4.1. Vegetação Ripária

A manutenção da largura de preservação da APP é um fator crítico em APAs Municipais, principalmente em regiões metropolitanas, onde a descontinuidade da cobertura vegetal causada pelo uso do solo e, principalmente, a proximidade de atividades antropogênicas com os corpos d'água são uma peculiaridade bastante relevante. Essa característica, sobretudo em trechos de cabeceiras, pode resultar em consequências negativas para as condições dos riachos devido à estreita relação existente entre as matas ciliares e o ecossistema aquático nesses trechos (Barrella *et al.*, 2001; Naimann & Décamps, 1997; Vannote *et al.*, 1980).

Isoladamente, as variáveis avaliadas não refletem o grau de preservação das APPs dos sítios amostrais da APA Embu Verde. Entretanto, foi possível observar que estas apresentam alterações antrópicas, em maior ou menor grau, conforme indicado pela largura de preservação. A análise simplificada da vegetação ripária mostrou diferenças significativas na profundidade de serapilheira e altura do dossel entre os sítios amostrais. Além disso, foram observadas diferenças na circunferência à altura do peito entre as faixas de largura, refletindo a interferência das estradas de terras em uma das margens de três dos quatro sítios amostrais. Entretanto, esses resultados não indicam diferenças expressivas entre os estados de conservação dos diferentes sítios, visto que a Mata Atlântica na área amostral é basicamente secundária e em estágios iniciais de regeneração. Este tipo de vegetação, no geral, é

caracterizada pela altura das plantas lenhosas situadas entre 1,5 – 8,0 metros e serapilheira, quando presente, formando uma camada fina pouco decomposta (CONAMA, 1994), coincidindo com os resultados obtidos na APA. Com essas características, a vegetação pode não cumprir eficientemente seu papel de controlar o regime hidrológico, térmico e de luminosidade, a deposição de sedimentos finos, química da água, disponibilidade de habitat e suprimento de matéria orgânica (Barrella *et al.*, 2001; Death & Collier, 2010; Naimann & Décamps, 1997).

4.2. Características dos Riachos

Os riachos são estreitos, rasos, de águas ligeiramente ácidas a neutras, com baixo volume, relativamente límpidas e translúcidas, com pouca turbulência. Suas águas, ainda, podem ser consideradas bem oxigenadas, adequadas para a manutenção da biota aquática em riachos tropicais, mesmo em P3, no qual as menores concentrações de oxigênio dissolvido podem estar relacionadas ao menor porte e energia cinética de suas águas (Dudgeon, 2008). Com isso, a baixa velocidade da corrente pode atuar como fator limitante de exigências respiratórias e alimentares para alguns organismos (Merrit & Cummins, 1996). A temperatura da água se apresentou ligeiramente baixa, variando naturalmente em função da temperatura do ar; e as diferenças entre os sítios amostrais refletem os dias e horários das coletas, não evidenciando valores prejudiciais à biota. Já os valores de condutividade elétrica não são considerados altos.

4.3. Características dos Substratos

O substrato é o meio físico sobre o qual os invertebrados aquáticos se movem, procuram alimento, encontram abrigo, constroem casas e depositam ovos (Resh & Rosenberg, 1984). Sua disponibilidade e distribuição são elementos cruciais do habitat físico em ecossistemas aquáticos (Barbour *et al.*, 1999), visto que é um componente multifatorial, pois a textura, o grau de compactação, tamanho da partícula e a área de superfície podem atuar na regulação da composição e abundância das espécies (Minshall & Minshall, 1977).

Geralmente, os substratos de cascalhos e seixos com baixa abundância de sedimentos finos fornecem alta qualidade de habitat para invertebrados e peixes (Allan, 2007). No entanto, a perda da vegetação ripária em APPs, resultou em maior exposição do solo e algumas alterações na morfologia dos rios, que ao longo do tempo, causou o acúmulo progressivo de sedimentos finos em seu leito. Sendo assim, os substratos mais grosseiros (i.e. blocos, seixos, cascalhos) estão sendo recobertos e, as reentrâncias e zonas mais profundas preenchidas, acarretando a perda da diferenciação entre remansos, rápidos e corredeiras, a uniformização dos substratos de fundo e a redução na heterogeneidade de habitats (Barbour *et al.*, 1999; Hynes, 1970).

4.4. Assembléias de Macroinvertebrados Bentônicos

Nos riachos da APA Embu Verde, a fauna bentônica foi representada, principalmente, pelas famílias Chironomidae e Naididae. A dominância da primeira se explica pelo fato de apresentar ampla distribuição na maioria dos ecossistemas aquáticos e, muitas vezes ocorrer em altas densidades, riqueza e abundância, devido à grande variedade de habitat que suas larvas são capazes de ocupar, existindo espécies detritívoras, fragmentadoras, coletoras acumuladoras e filtradoras (Armitage *et al.*, 1995; Merrit & Cummins, 1996; Ribeiro & Uieda, 2005). Soma-se a isto, a sua tolerância a situações extremas e grande capacidade competitiva (Callisto *et al.*, 2001). Naididae, por sua vez, é caracterizada por habitar ambientes de menor oxigenação e com substratos de granulometrias mais finas, também apresentam exigências tróficas mais generalistas, e em ambientes com fatores ambientais mais restritivos à diversidade, podem ser favorecidos (Merrit & Cummins, 1996).

Com relação à distribuição espacial, os macroinvertebrados bentônicos responderam mais a diferenças entre os tipos de substratos do que entre os sítios amostrais, sugerindo a importante influência da composição do substrato na estruturação desses habitats para a colonização dos macroinvertebrados. Este resultado também pode estar relacionado à escala de estudo, visto que em maiores escalas espaciais seria possível observar variações em função das características peculiares de cada bacia hidrográfica (i.e. geologia, clima, etc.) (Bonada *et al.*, 2006). Além disso, pode estar relacionado à relativa semelhança existente entre os sítios amostrais.

Os maiores valores médios de riqueza de famílias e de EPT nos substratos MO e BL, provavelmente estão relacionados à estabilidade e às múltiplas funções desses substratos (Kikuchi & Uieda, 2005). O substrato vegetal comporta um número maior de espécies, caracterizando-se como bastante estável, principalmente aqueles estruturados por troncos e galhos, impondo resistência contra a correnteza e, além disso, é um recurso alimentar (Kikuchi & Uieda, 2005). Por outro lado, esse substrato apresentou os menores valores médios de diversidade e equitatividade devido à alta dominância de Chironomidae e, em menor número, Naididae.

A estabilidade do substrato refere-se ao grau de resistência ao movimento, sendo geralmente proporcional ao tamanho das partículas que o compõem (Resh & Rosenberg, 1984). O substrato rochoso, mais estável, fornece condições ideais para as populações crescerem. Assim, o número de invertebrados freqüentemente aumenta em uma sequência crescente de acordo com o tamanho da partícula, ou seja, desde areia até rochas (Kikuchi & Uieda, 2005; Minshall & Minshall, 1977). No substrato rochoso, a comunidade bentônica é biologicamente controlada, ao contrário das áreas arenosas nas quais é fisicamente controlada. O substrato arenoso oferece baixa estabilidade, sendo também considerado área de baixa produtividade bëntonica (Lennat *et al.*, 1981). Portanto, a redução na riqueza e abundância é freqüentemente associada a áreas de deslocamento de areia (Kikuchi & Uieda, 2005), o que explica a baixa riqueza de famílias observadas neste substrato nos riachos da APA Embu Verde.

4.5. Variáveis Ambientais versus Macroinvertebrados Bentônicos

As variáveis que melhor explicaram a variação da fauna estão relacionadas ao porte do riacho (largura e profundidade), energia cinética de suas águas (velocidade da corrente) e aos tipos de substratos (abundância de blocos, seixos, cascalhos e, código granulométrico). A combinação específica desses fatores ambientais é determinante na estruturação das comunidades de macroinvertebrados bentônicos (Resh & Rosenberg, 1984; Merritt & Cummins, 1996).

O primeiro grupo de variáveis evidenciado pela CCA se relaciona ao P2 que se diferenciou por ser o riacho de maior porte, com boa heterogeneidade de habitats e predominância de substratos mais grosseiros, portanto, mais estáveis. As famílias a ele associadas (Leptophlebiidae, Leptoceridae e Megapodagrionidae) foram mais representativas nos substratos de detritos vegetais (MO) e blocos & cascalhos (BL), corroborando com os dados da literatura sobre a preferência de habitats dessas famílias (Carvalho & Calil, 2000; Carvalho & Nessimian, 1998; Costa *et al.*, 2004, Moretto, 2012). As ninfas de Leptophlebiidae (Ephemeroptera) vivem associadas a rochas, troncos ou vegetação submersa e foram mais abundantes nos substratos MO e BL. As larvas de Leptoceridae (Trichoptera) foram mais abundantes em MO e algumas espécies são características de ambientes lóticos e dependem de fragmentos vegetais para construção de casas (Moretto, 2012). A família Megapodagrionidae (Odonata), prefere detritos vegetais, pedras e sedimento, foram também mais abundantes em MO e BL.

O segundo grupo foi associado a P3 que se diferenciou por ser o riacho de menor porte com maior homogeneidade de habitats, predominando o substrato arenoso, abundância elevada de cascalhos e baixa velocidade da corrente. A família Cordullidae (Odonata) foi mais abundante em AR e MO, corroborando com a literatura (Carvalho & Nessimian, 1998). Libellulidae, foi mais abundante em MO, SX e AR, o que é explicado pela grande variedade de habitat e tipos de substratos que são capazes de ocupar (Carvalho & Calil, 2000; Carvalho & Nessimian, 1998). A família Simuliidae foi mais abundante em SX e BL, corroborando com sua preferência por esses substratos (Kikuchi & Uieda, 2005; Merritt & Cummins, 1996). Embora esta família seja frequentemente associada a zonas de águas correntes rápidas, pois seus representantes necessitam da correnteza para se alimentarem (Merritt & Cummins, 1996), essa característica de habitat é inexistente nesse sítio amostral.

Associada à abundância de sedimentos finos, a família Gomphidae se posicionou entre P1 e P3, na CCA. Algumas de suas espécies apresentam o hábito de se esconder em sedimentos finos e a maioria das larvas emerge em areias às margens do leito ou, superfícies rugosas de toras e rochas (Merritt & Cummins, 1996).

5. Conclusão

1. O tipo de substrato foi determinante para a composição das assembléias de macroinvertebrados bentônicos;
2. A família Chironomidae foi dominante em todos os sítios amostrais e tipos de substratos;

3. A diversidade e riqueza aumentam com a estabilidade dos substratos inorgânicos.

Referências Bibliográficas

Angrisano, E. B. 1995. Insecta Trichoptera In: Lopretto E. C.; Tell G. (eds). *Ecossistemas de Aguas Continentales: metodologías para su estudio*. Ediciones Sur, La Plata Argentina, 3, 1197-1123.

Allan, J.D. 2007. *Stream ecology. Structure and function of running waters*. Chapman & Hall, London, 388p.

Armitage, P.D.; Cranston, P.S.; Pinder, L.C.V. 1995. *The Chironomidae: biology and ecology of non-biting midges*. Chapman & Hall.

Bain, M.B.; Finn, J.T.; Booke, H.E. 1985. Quantifying stream substrate type for habitat analysis studies. *North American Journal of Fisheries Management*, 5, 499-500.

Barbour, M.T.; Gerritsen, J.; Snyder, B.D.; Stribling, J.B. 1999. *Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadable rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates and fish*. Second Edition. EPA 841-B-99-002. U.S. Environmental Protection Agency; Office of Water, Washington, D.C. Disponível em: <http://www.epa.gov/OWOW/monitoring/techmon.html> (último acesso em: 20 de agosto de 2010).

Barrela, W.; Petreire Júnior, M.; Smith, W.S.; Montag, L.F.A. 2001. *As relações entre as matas ciliares, os rios e os peixes*. In: Rodrigues, R.R.; Leitão Filho, H.F. (Eds.) *Matas Ciliares: conservação e recuperação*. EDUSP, FAPESP, São Paulo, 187-207.

Bonada N.; Prat N.; Resh V. H.; Statzner B. 2006. Developments in aquatic insects biomonitoring: A comparative analysis of recent approaches. *Annual Review of Entomology*, 51: 495-523.

Brandimarte, A. L.; Anaya, M. 1998. Botton fauna using a solution of sodium chloride. *Verhandlungen für Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie*, 26, 2358-2359.

Brasil. 1965. *Lei Federal nº 4.771, 15 de setembro de 1965*.

Brinkhurst, R.O.; Marchese, M.R. 1989. *Guía para la identificación de oligoquetos acuáticos continentales de sud y centroamerica*. Argentina, 2ed, 6, 179p.

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.

Calor, A.R. 2007. *Trichoptera*. In: Guia on line de identificação de larvas de insetos aquáticos do Estado de São Paulo. Disponível em: http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/index_trico (último acesso em: 15 de março de 2013).

Carvalho, A.L.; Nessimian, J.L. 1998. Odonata do Estado do Rio de Janeiro, Brasil: habitats e hábitos das larvas. In: Nessimian, J.L.; Carvalho, A.L. (Ed.). *Ecologia de insetos aquáticos. Série Oecologia Brasiliensis*. PPGE-UFRJ. Rio de Janeiro, 5, 03-28.

Carvalho, A.L.; Calil, E.R. 2000. Chaves de identificação para as famílias de Odonata (Insecta) ocorrentes no Brasil, adultos e larvas. *Papéis Avulsos de Zoologia*, 41 (15), 223-241.
Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura (CEPAGRI). 2013. *Clima dos municípios paulistas*. Disponível em: <http://www.cpa.unicamp.br/outras-infomacoes/clima-dos-municipios-paulistas.html> (último acesso em 30/04/2013).

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB). 2002. *Estudos preliminares para o uso de índices biológicos no biomonitoramento de ambientes aquáticos continentais* –

riachos e corredeiras na Bacia Hidrográfica do Rio Atibaia. São Paulo: CETESB, 85p. (Relatório Técnico).

CONAMA. Resolução nº 01 de 31 de janeiro de 1994. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo. Brasília (DF).

Costa, S.; Ide, S.; Simonka, C.E. 2006. *Insetos imaturos: metamorfose e identificação*. 1ed. Ribeirão Preto: Holos, 249p.

Costa, J.M.; Souza, L.O.I. & Oldrini, B.B. 2004. Chave para identificação das famílias e gêneros das larvas conhecidas de Odonata do Brasil: Comentários e registros bibliográficos (Insecta, Odonata). *Publ. Avul. Mus. Nac.* 99, 1-44.

Death, R.G. & Collier, K.J. 2010. Measuring stream macroinvertebrate responses to gradient of vegetation cover: when is enough enough?. *Freshwater Biology* 55, 1447-1464.

Dudgeon, D. 2008. *Tropical stream ecology*. Aquatic Ecology (Academic Press), 316p.

Hynes, H.B.N. 1970. *The ecology of running waters*. 3ª ed. Canada, Toronto, Press, 555p.

Iwata, T.; Nakano, S. & Inoue, M. 2003. Impacts of past riparian deforestation on stream communities in a tropical rainforest in Borneo. *Ecological Applications*, 13, 461-473.

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. *Entomol. Vect.*, 2 (12), 193-231.

Lennat, D.R. Penrose, D.L. & Eagleson, K.W. 1981. Variable effects of sediment addition on stream benthos. *Hydrobiologia*, 79, 187-194.

Merrit, R.W.; Cummins, K.W. 1996. *An introduction to the aquatic insects of North America*. 3ed. Kendall/Hunt, 861p.

Minshall, G.W. & Minshall, J.N. 1977. Microdistribution of benthic invertebrates in a Rocky Mountain (U.S.A) streams. *Hydrobiologia*, 55, 231-249.

Moretto, R.A. 2012. *Diversidade de Hydropsychidae Curtis e Leptoceridae Leach (Insecta, Trichoptera) em riachos do Parque Estadual Intervales, Serra de Paranapiacaba, Estado de São Paulo*. (Dissertação de Mestrado em Entomologia). Programa de Pós-Graduação em Entomologia. Faculdade de Ciências, Filosofia e Letras de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo. 79p.

Moulton, T.P. & Wantzen, K.M. 2006. Conservation of tropical streams – special question or conventional paradigms?. *Aquatic Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst.* 16, 659-663.

Naimann, R.J. & Décamps, H. 1997. The ecology of interfaces: riparian zones. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 28, 621-658.

Raimundo, S. 2006. A paisagem natural remanescente na Região Metropolitana de São Paulo. *São Paulo em Perspectiva*, 20 (2), 19-31.

Resh, V.H. & Rosenberg, D.M. 1984. *The ecology of aquatic insects*. 1ª ed., New York, Praeger Publishers, 625p.

Ribeiro, L. O. & V. S. Uieda. 2005. Estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos de um riacho de serra em Itatinga, São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 22: 613-618.

Roque, F.O.; Pepinelli, M.; Fragoso, Wanderley, A.F.; Barillari, P.R.; Yoshinaga, M.Y.; Trivinho-Strixino, S.; Verani, N.F.; Lima, M.I.S. 2003. Ecologia de macroinvertebrados, peixes e vegetação ripária de um córrego de primeira ordem em região de cerrado do Estado de São

Paulo (São Carlos, SP). In: Henry, R. *Ecótonos nas interfaces dos ecossistemas aquáticos*. 1ª ed. São Carlos: RiMA, 349p.

Silva, R.T.; Porto, M.F.A. 2003. Gestão urbana e gestão das águas: caminhos da integração. *Estudos Avançados*, 17 (47), 129-145.

Townsend, C.R.; Begon, M.; Harper, J.L. 2006. *Fundamentos de ecologia*. 2ed. Porto Alegre: Artmed, 592p.

UIEDA, V.S.; MOTTA, R.L. 2007. Trophic organization and food structure of southeastern Brazilian streams: a review. *Acta Limnol. Bras.*, 19 (1), 15-30.

Vannote, R.L.; Minshall, G.W.; Cummins, K.W.; Sedell, J.R.; Cushing, C.E. 1980. The river continuum concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 37: 130-137.

Wantzen, K.M.; Siqueira, A.; Cunha, C.N.; Sá, M.F.P. 2006. Stream-valley systems of the Brazilian Cerrado: impact assessment and conservation scheme. *Aquatic Conserv. Mar. Freshw. Ecosys.* 16, 713-732.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

É importante destacar que o Protocolo de Avaliação de Habitat (PAH) não pretende e nem deve ser rígido e conclusivo, seu aprimoramento deve ser um processo contínuo de adequações e para isto há necessidade de estudos mais detalhados que possa torná-lo preditivo de variáveis abióticas e, principalmente, da biota aquática. Estes estudos requerem dados mais robustos sobre a qualidade da água, avaliação biológica e um número maior de riachos e sítios amostrais. Com isto, esta ferramenta torna-se mais precisa para avaliação e monitoramento da integridade ecológica dos riachos em trechos de cabeceira na APA.

Alteração de Áreas de Preservação Permanente (APPs) e algumas consequências negativas, como aumento da deposição de sedimentos finos no leito dos riachos e, conseqüentemente, homogeneização de habitats aquáticos, foram bem evidenciadas. A diminuição na complexidade dos substratos reduz as condições de habitats adequadas à manutenção da biodiversidade aquática, visto que as assembléias de macroinvertebrados responderam mais a diferenças entre os tipos de substratos do que entre os sítios amostrais, reforçando a importância da influência da composição do substrato na estruturação dos habitats para sua colonização.

O uso inadequado do solo e o desmatamento da vegetação ripária necessitariam receber atenção especial dos gestores da APA Embu Verde, se houver intenção de proteger e/ou reabilitar os riachos da região, no que diz respeito aos habitats, biota e qualidade da água. Neste sentido, este estudo pode servir de guia inicial para o desenvolvimento de medidas de reabilitação, avaliações e monitoramento futuros. Para tanto, além do estabelecimento de programas de monitoramento, outras medidas são fundamentais como projetos de educação ambiental e manejo e restauração da vegetação ripária, a fim de mitigar os impactos sobre os riachos. Além disso, é premente a ampliação da infraestrutura para o recolhimento e tratamento de efluentes domésticos e a busca pelo controle ou, pelo menos, minimização, das fontes de poluição difusa.

ANEXOS: Capítulo 1

ANEXO I – Classificação e área de uso e ocupação do solo na região de estudo (Embu das Artes, SP) em 2003.

Uso do solo	km²	%
Mata	6,11	35,6
Chácara	2,91	17,3
Capoeira	2,57	14,9
Campo	1,38	8,0
Mineração	1,01	5,9
Hortifrutigranjeiro	0,91	5,3
Reflorestamento	0,81	4,7
Loteamento desocupado	0,46	2,7
Aterro sanitário	0,34	2,0
Urbanização	0,32	1,9
Indústria	0,08	0,5
Outro uso	0,07	0,4
Solo exposto	0,05	0,3
Favela	0,05	0,3
Vegetação de várzea	0,04	0,2
Equipamento urbano	0,01	0,1
Espelho d água	0,01	0,1
Total	17,2	100,0

ANEXO II – Localização e altitude dos sítios amostrais na APA Embu Verde (SP).

Referência	Código	Alt. (m)	X	Y
Pedra Acorde	1	831	311806	7386178
Pesqueiro do Luis	2	840	312137	7386214
Junção Acorde	3	791	311865	7386333
Ao lado da Acorde	4	745	311882	7386343
Escola Tomé	5	744	311270	7386349
Alameda Parda	6	865	305104	7381481
Alameda Parda	7	858	305111	7381463
Sítio Paiquerê	8	773	304953	7382768
Sítio Paiquerê	9	742	304947	7382824
Sítio Paiquerê	10	752	304984	7382802
Sítio Paiquerê	11	797	305037	7382861
Sítio Paiquerê	12	808	305097	7382843
Estrada da Pedreira	13	821	305419	7383212
Estrada da Pedreira	14	814	305415	7383202
Estrada da Pedreira	15	821	305484	7383218
Rua Interna	16	827	308835	7384594
Paineiras	17	753	309626	7385468
Estrada do Sol	18	841	309381	7384313
Plantação de Chuchu	19	787	307339	7385298
Lagos	20	790	306633	7385182
Estr. João Sá	21	791	307331	7385293
Estr. João Sá	22	795	306443	7384636
Estr. João Sá	23	798	306468	7384680

ANEXO III – Protocolo de Avaliação de Habitat (PAH): Avaliação Física (PAH I), modificado de Callisto *et al.* (2002).

ATRIBUTOS	PONTUAÇÃO		
	2	1	0
A. Paisagem predominante	Vegetação natural	Reflorestamento, campo de pastagem, agricultura	Residencial, comercial, industrial
B. Erosão nas margens do riacho	Nenhuma evidência	Moderada	Intensa
C. Poluição difusa	Nenhuma evidência	Fontes potenciais	Fontes óbvias
D. Poluição pontual	Nenhuma evidência	Lixo	Esgoto
E. Material flutuante na água	Nenhuma evidência	Espuma fina	Espuma espessa
F. Odor da água	Nenhum	Esgoto	Produtos químicos
G. Oleosidade na água	Nenhuma evidência	Moderada	Abundante
H. Transparência da água	Transparente	Turva	Opaca ou colorida
I. Odor do sedimento	Nenhum	Esgoto	Produtos químicos
J. Oleosidade do fundo	Nenhuma evidência	Moderada	Abundante
L. Tipo de fundo predominante	Pedras, cascalhos e areia	Sedimentos finos	Cimento/canalizado

ANEXO IV – Protocolo de Avaliação de Habitat (PAH): Avaliação do Habitat (PAH II), Parte 1, modificado da CETESB (2002).

PARÂMETROS DE 1 - 4 DEVEM SER AVALIADOS NO TRECHO DE AMOSTRAGEM																					
PARÂMETRO DO HABITAT	CATEGORIA DE CONDIÇÃO																				
	MUITO BOA					BOA					RUIM					PÉSSIMA					
1. Substrato para epifauna/ Abrigo disponível	Mais de 70% do substrato favorável à colonização Pela epifauna e abrigo para peixes; mistura de tocos, troncos submersos, escavação, seixos ou outro habitat estável ao ponto de permitir o desenvolvimento do potencial total de colonização (isto é, os troncos/tocos não são recém-caídos e não transitórios).					40 - 70% de mistura de habitats estáveis; favoráveis ao potencial total de colonização; habitat adequado para a manutenção de populações; presença de substrato extra na forma de material recém-caído, mas ainda não preparado para a colonização (pode atingir o valor máximo da escala).					20 - 40% de mistura de habitats estáveis; disponibilidade de habitat menor do que desejável; Substrato frequentemente perturbado ou removido.					Menos de 20% de habitat estável; ausência óbvia de habitat; substrato instável ou ausente.					
PONTOS ____	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
2. Regimes de velocidade / profundidade	Estão presentes todos os 4 regimes de velocidade / profundidade (lenta - funda, lenta-rasa, rápida - funda, rápida-rasa). lenta = <0,3m/s funda = >0,5m					Apenas 3 dos 4 regimes presentes (se faltar rápida-rasa, a pontuação é menor do que se faltar os outros regimes).					Apenas 2 dos 4 regimes presentes (se faltar rápida-rasa ou lenta-rasa a pontuação é menor).					Dominado por um regime de velocidade / profundidade (geralmente lenta-funda).					
PONTOS ____	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
3. Deposição de sedimento	Pouco ou nenhum desenvolvimento de ilhas ou bancos pontuais, e menos de 5% do fundo afetado pela deposição de sedimento.					Pequeno desenvolvimento recente na formação de bancos, a maioria de cascalho, areia ou sedimento fino, 5 - 30% do fundo afetado; leve deposição nas poças.					Deposição moderada de cascalho, areia ou sedimento fino (novos) sobre bancos antigos e novos; 30 - 50% do fundo afetado; depósitos de sedimentos nas obstruções, constrictões e curvas, predomina deposição moderada nas poças.					Intensos depósitos de material fino; aumento no desenvolvimento dos bancos; mais de 50% do fundo com mudanças frequentes; poças quase ausentes pela deposição substancial de sedimento.					
PONTOS ____	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
4. Condição do fluxo no canal	A água alcança as bases de ambas as margens mais baixas e uma porção mínima do substrato do canal fica exposto.					A água cobre >75% do canal disponível; ou <25% do substrato do canal fica exposto.					A água cobre 25-75% do canal disponível, e/ou a maior parte dos substratos da corredeira fica basicamente exposta.					Muito pouca água no canal que basicamente está presente como poças estagnadas.					
PONTOS	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0

ANEXO IV - Continuação

PARÂMETROS DE 5 - 8 DEVEM SER AVALIADOS EM TRECHO MAIS AMPLO DO QUE O DE AMOSTRAGEM																					
PARÂMETRO DO HABITAT	CATEGORIA DE CONDIÇÃO																				
	MUITO BOA					BOA					RUIM					PÉSSIMA					
5. Alteração no canal	Canalização ou dragagem ausentes ou mínimas; rio com curso normal.					Presença de alguma canalização, geralmente em áreas de pilares de pontes; evidência de canalização anterior, i.e., podem ocorrer dragagens (com mais de 20 anos), mas não canalizações recentes.					A canalização pode ser extensa; presença de diques ou estruturas de escoras em ambas as margens; 40 - 80% do trecho do rio canalizado e degradado.					Margens escoradas com gabião ou cimento; mais de 80% do trecho do rio canalizado e degradado. Habitat no canal muito alterado ou totalmente removido.					
PONTOS ____	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
6. Estabilidade das margens (pontue cada margem)	Margens estáveis; evidência de erosão ou falha na margem ausente ou mínima; baixo potencial para problemas futuros; <5% da margem afetada.					Moderadamente estável; pequenas áreas de erosão, na maioria recuperada; 5 - 30% da margem do trecho apresenta áreas de erosão.					Moderadamente instável; 30 - 60% da margem do trecho apresenta áreas de erosão; alto potencial para erosão durante as enchentes.					Instável; muitas áreas erodidas; áreas "nuas" frequentes ao longo das seções retas e curvas; colapsos de margem óbvios; 60 - 100% da margem apresenta cicatrizes de erosão.					
ME ____	ME	10	9			8	7	6			5	4	3			2	1	0			
MD ____	MD	10	9			8	7	6			5	4	3			2	1	0			
7. Proteção vegetal das margens (pontue cada margem)	Mais de 90% da superfície da margem e zonas ripárias imediatas cobertas por vegetação nativa, incluindo arbóreas, arbustivas, sub-arbóreas ou macrófitas não lenhosas; degradação vegetal por pastejo ou corte mínimo ou não evidente; quase todas as plantas crescendo naturalmente.					70 - 90% da superfície da margem coberta por vegetação nativa, mas com uma categoria de planta não bem representada; degradação evidente, mas sem afetar visivelmente a estrutura da mata; mais da metade dos indivíduos de porte arbóreo permanece.					50 - 70% da superfície da margem coberta por vegetação; degradação óbvia; manchas de solo nu ou ocorrência de plantas com cortes rasos; menos da metade dos indivíduos de porte arbóreo permanece.					Menos de 50% da superfície da margem coberta por vegetação marginal muito intensa; vegetação removida, em média, a 5cm ou menos de altura da planta.					
ME ____	ME	10	9			8	7	6			5	4	3			2	1	0			
MD ____	MD	10	9			8	7	6			5	4	3			2	1	0			
8. Largura da vegetação ripária (pontue cada margem)	Largura da zona ripária > 30m*; o impacto humano (ou seja, estacionamentos, estradas, desmatamentos, gramados ou cultivos) não impactam a zona. *Obs: de acordo com o Código Florestal					Largura da zona ripária de 20 - 30m; as atividades humanas produzem apenas impacto mínimo na zona.					Largura da zona ripária de 10 - 20m; as atividades humanas impactam a zona significativamente.					Largura da zona ripária < 10m; pouca ou nenhuma vegetação ripária, devido às atividades humanas.					
ME ____	ME	10	9			8	7	6			5	4	3			2	1	0			
MD ____	MD	10	9			8	7	6			5	4	3			2	1	0			

ANEXO V – Dados de conversão do horário das medições de variáveis ambientais em seno.

data	hora	sol	min	fator	1h	12h	ângulo	radiano	sen
15/03/2012	9:22	7:09	133	-2,4	13,8	69,1	30,6	0,534	0,509
15/03/2012	9:22	7:09	133	-2,4	13,8	69,1	30,6	0,534	0,509
15/03/2012	9:24	7:09	135	-2,4	13,8	69,1	31,1	0,542	0,516
15/03/2012	13:34	7:09	385	-2,4	13,8	69,1	49,0	0,855	0,755
15/03/2012	13:37	7:09	388	-2,4	13,8	69,1	49,0	0,855	0,755
15/03/2012	13:39	7:09	390	-2,4	13,8	69,1	48,0	0,838	0,743
20/03/2012	9:29	7:11	138	-0,5	13,4	67,1	30,8	0,538	0,512
20/03/2012	9:31	7:11	140	-0,5	13,4	67,1	31,3	0,546	0,519
20/03/2012	9:31	7:11	140	-0,5	13,4	67,1	31,3	0,546	0,519
10/04/2012	9:28	7:18	130	7,6	11,8	59,0	25,6	0,446	0,432
10/04/2012	9:32	7:18	133	7,6	11,8	59,0	26,2	0,457	0,441
10/04/2012	9:36	7:18	137	7,6	11,8	59,0	26,9	0,470	0,453
10/04/2012	9:51	7:18	153	7,6	11,8	59,0	30,1	0,525	0,501
10/04/2012	9:54	7:18	156	7,6	11,8	59,0	30,7	0,535	0,510
10/04/2012	10:01	7:18	163	7,6	11,8	59,0	32,1	0,559	0,531
22/03/2012	11:33	7:12	261	0,3	13,3	66,3	57,9	1,010	0,847
22/03/2012	11:35	7:12	263	0,3	13,3	66,3	58,3	1,017	0,851
22/03/2012	11:36	7:12	264	0,3	13,3	66,3	58,5	1,021	0,853
22/03/2012	10:35	7:12	203	0,3	13,3	66,3	45,0	0,785	0,707
22/03/2012	10:36	7:12	204	0,3	13,3	66,3	45,2	0,789	0,710
22/03/2012	11:20	7:12	248	0,3	13,3	66,3	55,0	0,959	0,819
12/04/2012	9:26	7:19	127	8,4	11,6	58,2	24,6	0,429	0,416
12/04/2012	9:28	7:19	129	8,4	11,6	58,2	24,9	0,435	0,422
12/04/2012	9:31	7:19	132	8,4	11,6	58,2	25,5	0,445	0,431
12/04/2012	9:51	7:19	152	8,4	11,6	58,2	29,4	0,513	0,491
12/04/2012	10:02	7:19	163	8,4	11,6	58,2	31,5	0,550	0,523
12/04/2012	10:06	7:19	167	8,4	11,6	58,2	32,3	0,564	0,534
12/04/2012	10:16	7:19	177	8,4	11,6	58,2	34,2	0,597	0,562
12/04/2012	10:19	7:19	180	8,4	11,6	58,2	34,8	0,607	0,571
12/04/2012	10:22	7:19	183	8,4	11,6	58,2	35,4	0,617	0,579
12/04/2012	10:39	7:19	200	8,4	11,6	58,2	38,7	0,675	0,625
12/04/2012	10:43	7:19	204	8,4	11,6	58,2	39,4	0,688	0,635
12/04/2012	10:47	7:19	207	8,4	11,6	58,2	40,0	0,698	0,643
12/04/2012	11:05	7:19	226	8,4	11,6	58,2	43,7	0,763	0,691
12/04/2012	11:13	7:19	234	8,4	11,6	58,2	45,2	0,790	0,710
12/04/2012	11:20	7:19	241	8,4	11,6	58,2	46,6	0,813	0,726
12/04/2012	12:07	7:19	288	8,4	11,6	58,2	55,7	0,972	0,826
12/04/2012	12:07	7:19	288	8,4	11,6	58,2	55,7	0,972	0,826
12/04/2012	12:08	7:19	289	8,4	11,6	58,2	55,9	0,975	0,828
12/04/2012	11:49	7:19	270	8,4	11,6	58,2	52,2	0,911	0,790
12/04/2012	11:57	7:19	278	8,4	11,6	58,2	53,7	0,938	0,806

ANEXO V - Continuação

12/04/2012	12:02	7:19	283	8,4	11,6	58,2	54,7	0,955	0,816
12/04/2012	15:07	7:19	468	8,4	11,6	58,2	25,9	0,452	0,437
12/04/2012	15:09	7:19	470	8,4	11,6	58,2	25,5	0,445	0,431
12/04/2012	15:10	7:19	471	8,4	11,6	58,2	25,3	0,442	0,427
10/04/2012	11:39	7:18	261	7,6	11,8	59,0	51,3	0,896	0,781
10/04/2012	11:39	7:18	261	7,6	11,8	59,0	51,3	0,896	0,781
10/04/2012	11:45	7:18	267	7,6	11,8	59,0	52,5	0,916	0,793
10/04/2012	10:52	7:18	214	7,6	11,8	59,0	42,1	0,735	0,670
10/04/2012	10:53	7:18	215	7,6	11,8	59,0	42,3	0,738	0,673
10/04/2012	11:07	7:18	229	7,6	11,8	59,0	45,0	0,786	0,708
20/03/2012	13:58	7:11	408	-0,5	13,4	67,1	43,1	0,752	0,683
20/03/2012	14:01	7:11	410	-0,5	13,4	67,1	42,6	0,744	0,677
20/03/2012	14:07	7:11	416	-0,5	13,4	67,1	41,3	0,721	0,660
10/04/2012	13:15	7:18	357	7,6	11,8	59,0	47,8	0,834	0,741
10/04/2012	13:18	7:18	360	7,6	11,8	59,0	47,2	0,824	0,734
10/04/2012	13:23	7:18	365	7,6	11,8	59,0	46,2	0,806	0,722
10/04/2012	15:01	7:18	463	7,6	11,8	59,0	26,9	0,469	0,452
10/04/2012	15:03	7:18	465	7,6	11,8	59,0	26,5	0,463	0,446
10/04/2012	15:03	7:18	465	7,6	11,8	59,0	26,5	0,463	0,446
10/04/2012	13:51	7:18	393	7,6	11,8	59,0	40,7	0,710	0,652
10/04/2012	13:55	7:18	397	7,6	11,8	59,0	39,9	0,696	0,641
10/04/2012	14:00	7:18	402	7,6	11,8	59,0	38,9	0,679	0,628
10/04/2012	14:30	7:18	432	7,6	11,8	59,0	33,0	0,576	0,545
10/04/2012	14:33	7:18	435	7,6	11,8	59,0	32,4	0,565	0,536
10/04/2012	14:39	7:18	441	7,6	11,8	59,0	31,3	0,546	0,520
10/04/2012	14:13	7:18	415	7,6	11,8	59,0	36,4	0,635	0,593
10/04/2012	14:14	7:18	416	7,6	11,8	59,0	36,2	0,632	0,591
10/04/2012	14:15	7:18	417	7,6	11,8	59,0	36,0	0,628	0,588

ANEXO VI – Pontuação final (*Score*) do *PAH I* de riacho amostrado na APA Embu Verde (SP) e respectivas pontuações individuais. A. paisagem predominante; B. erosão nas margens; C. poluição difusa; D. poluição pontual; E. material flutuante na água; F. odor na água; G. oleosidade na água; H. transparência da água; I. odor no sedimento; J. oleosidade no fundo; L. tipo de fundo predominante.

Sítio	Score	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	L
1	15	1	1	1	2	1	1	1	2	1	2	2
2	16	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1
3	15	1	0	2	1	0	2	2	2	2	2	1
4	18	1	1	2	1	2	2	2	2	2	2	1
5	8	0	0	0	0	2	0	2	0	1	2	1
6	20	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
7	19	0	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
8	18	0	1	2	2	2	2	2	1	2	2	2
9	18	0	2	2	2	2	2	2	1	2	2	1
10	20	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
11	20	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
12	16	0	1	2	2	2	2	2	1	2	2	0
13	16	0	2	0	1	2	2	2	2	2	2	1
14	13	0	2	0	1	1	2	1	2	1	2	1
15	15	0	1	0	1	2	2	2	2	2	2	1
16	16	1	1	1	1	2	2	2	1	2	2	1
17	16	0	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1
18	15	0	1	1	1	2	2	2	2	1	2	1
19	14	1	1	0	0	2	1	2	2	1	2	2
20	19	1	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2
21	18	0	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1
22	10	0	1	0	0	2	1	2	1	1	2	0
23	10	0	1	0	0	1	1	2	1	1	2	1

ANEXO VII – Pontuação final (*Score*) do *PAHII* de cada riacho amostrado na APA Embu Verde (SP) e respectivas pontuações individuais. 1. substrato para epifauna e disponibilidade de abrigo; 2. regimes de velocidade/profundidade; 3. deposição de sedimento; 4. condição do fluxo no canal; 5. alteração no canal; 6. estabilidade das margens; 7. proteção vegetal da margem; 8. largura da vegetação ripária. MD = margem direita, ME = margem esquerda.

Sítio	Scores	1	2	3	4	5	6		7		8	
							MD	ME	MD	ME	MD	ME
1	90	7	14	8	15	16	3	5	5	3	9	5
2	110	15	13	12	15	19	6	6	5	2	10	7
3	94	6	9	6	20	19	6	6	6	4	8	4
4	82	10	14	6	15	18	2	2	5	3	4	3
5	71	3	7	5	13	16	2	5	5	3	3	9
6	92	7	9	5	17	18	4	7	2	8	5	10
7	132	19	16	16	15	19	7	9	5	8	8	10
8	88	15	14	9	14	18	5	5	2	2	2	2
9	96	10	10	14	7	20	9	9	5	5	2	5
10	105	14	10	13	9	20	8	10	5	7	2	7
11	113	17	12	13	13	20	7	9	3	8	3	8
12	81	7	9	7	9	5	8	10	7	6	7	6
13	72	7	5	8	10	19	4	4	5	2	7	1
14	73	9	5	6	13	19	3	3	5	3	5	2
15	96	10	8	12	17	19	6	3	7	3	9	2
16	83	9	7	8	15	17	3	6	3	6	3	6
17	91	11	9	9	14	16	6	5	6	3	9	3
18	93	13	11	5	20	16	5	3	6	2	10	2
19	68	6	11	4	15	12	5	3	3	3	3	3
20	93	11	11	5	16	13	6	5	3	5	9	9
21	94	14	10	13	19	19	7	6	2	0	4	0
22	57	3	5	9	15	6	5	5	5	2	2	0
23	66	6	16	5	14	15	3	1	1	3	0	2

ANEXO VIII – Valores médios e desvios padrão das variáveis ambientais medidas em riachos da APA Embu Verde (SP). OD = oxigênio dissolvido da água, $\mu\text{S/cm}$ = condutividade elétrica da água, NTU = turbidez da água.

Sítio	OD (mg/L)	Temp. (°C)	pH	$\mu\text{S/cm}$	NTU	Larg. (m)	Lum. (lux)
1	9,47 $\pm$ 0,24	22.3 $\pm$ 0.7	6.23 $\pm$ 0.07	49,0 $\pm$ 13,0	38.0 $\pm$ 36.4	3,92 $\pm$ 1,46	3663 $\pm$ 862
2	7,57 $\pm$ 1,31	25.3 $\pm$ 0.2	6.70 $\pm$ 0.04	49,0 $\pm$ 6,0	60.6 $\pm$ 30.2	0,93 $\pm$ 0,06	732 $\pm$ 219
3	8,14 $\pm$ 0,61	19.5 $\pm$ 0.01	6.28 $\pm$ 0.17	56,0 $\pm$ 2,0	24.0 $\pm$ 13.5	0,54 $\pm$ 0,10	1398 $\pm$ 855
4	6,36 $\pm$,021	21.0 $\pm$ 0.6	6.51 $\pm$ 0.16	80,0 $\pm$ 4,0	13.1 $\pm$ 9.6	1,27 $\pm$ 0,80	3575 $\pm$ 3985
5	6,15 $\pm$ 1,62	20.6 $\pm$ 0.1	7.02 $\pm$ 0.14	238,0 $\pm$ 1,0	26.0 $\pm$ 1.9	1,00 $\pm$ 0,20	9670 $\pm$ 5841
6	7,78 $\pm$ 0,10	20.5 $\pm$ 0.4	6.94 $\pm$ 0.06	131,0 $\pm$ 9,0	10.8 $\pm$ 0.4	0,92 $\pm$ 0,15	1762 $\pm$ 1025
7	6,91 $\pm$ 0,06	20.3 $\pm$ 1.5	6.61 $\pm$ 0.31	46,0 $\pm$ 20,0	23.4 $\pm$ 27.9	1,61 $\pm$ 0,68	5490 $\pm$ 3100
8	7,07 $\pm$ 0,37	19,9 $\pm$ 0,7	6.08 $\pm$ 0.15	59,0 $\pm$ 12,0	143.3 $\pm$ 13.4	1,14 $\pm$ 0,09	628 $\pm$ 586
9	7,39 $\pm$ 0,87	20.8 $\pm$ 0.3	6.34 $\pm$ 0.09	55,0 $\pm$ 1,0	18.4 $\pm$ 16.6	0,90 $\pm$ 0,26	562 $\pm$ 270
10	7,01 $\pm$ 1,20	20.1 $\pm$ 0.1	6.51 $\pm$ 0.03	51,0 $\pm$ 1,0	23.6 $\pm$ 2.4	0,95 $\pm$ 0,17	1007 $\pm$ 524
11	8,43 $\pm$ 1,48	19.9 $\pm$ 0.1	6.73 $\pm$ 0.02	42,0 $\pm$ 1,0	4.1 $\pm$ 3.0	0,93 $\pm$ 0,21	1006 $\pm$ 485
12	5,54 $\pm$ 0,43	21.2 $\pm$ 0	6.76 $\pm$ 0.09	61,0 $\pm$ 0	60.5 $\pm$ 3.2	0,78 $\pm$ 0,09	3223 $\pm$ 344
13	6,09 $\pm$ 0,51	22.7 $\pm$ 1.7	6.49 $\pm$ 0.24	62,0 $\pm$ 10,0	12.7 $\pm$ 11.0	0,67 $\pm$ 0,06	851 $\pm$ 321
14	5,63 $\pm$ 0,13	24.4 $\pm$ 0	6.70 $\pm$ 0.03	69,0 $\pm$ 1,0	28.2 $\pm$ 15.8	0,71 $\pm$ 0,07	920 $\pm$ 541
15	7,34 $\pm$ 1,12	26.6 $\pm$ 0.5	6.99 $\pm$ 0.03	64,0 $\pm$ 4,0	66.8 $\pm$ 77.7	0,78 $\pm$ 0,05	993 $\pm$ 532
16	8,33 $\pm$ 0,49	20.5 $\pm$ 0.2	6.84 $\pm$ 0.07	53,0 $\pm$ 1,0	23.9 $\pm$ 14.1	0,93 $\pm$ 0,52	3750 $\pm$ 1188
17	7,29 $\pm$ 0,70	20.5 $\pm$ 0.1	7.15 $\pm$ 0.17	41,0 $\pm$ 0	16.3 $\pm$ 5.0	1,21 $\pm$ 0,69	2183 $\pm$ 1187
18	7,73 $\pm$ 1,22	19.9 $\pm$ 0.2	6.75 $\pm$ 0.01	69,0 $\pm$ 9,0	19.5 $\pm$ 15.1	0,42 $\pm$ 0,09	686 $\pm$ 583
19	6,10 $\pm$ 0,36	21.8 $\pm$ 0.2	6.93 $\pm$ 0.08	108,0 $\pm$ 2,0	22.4 $\pm$ 6.4	1,57 $\pm$ 0,37	6403 $\pm$ 1240
20	8,49 $\pm$ 0,04	22.1 $\pm$ 0.1	7.21 $\pm$ 0.06	90,0 $\pm$ 0	7.3 $\pm$ 0.9	1,14 $\pm$ 0,54	5657 $\pm$ 709
21	6,75 $\pm$ 1,13	21.9 $\pm$ 0.3	6.51 $\pm$ 0.55	51,0 $\pm$ 14,0	28.8 $\pm$ 44.2	0,70 $\pm$ 0,16	5117 $\pm$ 3603
22	4,44 $\pm$ 0,54	22.2 $\pm$ 0	7.00 $\pm$ 0.07	133,0 $\pm$ 1,0	12.0 $\pm$ 2.9	1,57 $\pm$ 0,38	36067 $\pm$ 5412
23	4,71 $\pm$ 0,50	22.1 $\pm$ 0.1	6.72 $\pm$ 0.03	134,0 $\pm$ 2,0	20.1 $\pm$ 10.7	2,08 $\pm$ 0,08	5577 $\pm$ 2773

ANEXO IX - Valores dos coeficientes das combinações lineares das variáveis ambientais nos dois primeiros eixos da Análise de Componentes Principais (PCA), mensuradas em 23 riachos da APA Embu Verde (SP). Em negrito as variáveis que melhor explicaram a distribuição nos eixos.

Variáveis	Axis1	Axis2
Oxigênio dissolvido (OD)	-0,446	-0,323
Temperatura (temp)	0,092	0,771
pH	0,515	-0,060
Condutividade (cond)	0,493	-0,019
Turbidez (turb)	-0,349	0,542
Largura (larg)	-0,002	0,012
Luminosidade (lum)	0,402	0,039
Seno (sen)	0,033	-0,044

ANEXOS: Capítulo 2

ANEXO X – Valores da profundidade de serapilheira (cm) nas Áreas de Preservação Permanente (APP) de riachos da APA Embu Verde (SP). MD = margem direita, ME = margem esquerda, 0, 10, 20 e 30 = gradientes de largura da APP. Em negrito, está representada a descontinuidade da largura da APP com cobertura vegetal.

Sítios	Serapilheira (cm)							
	MD				ME			
	0	10	20	30	0	10	20	30
1	2,0	3,2	3,1	3,4	3,0	3,0	0,0	1,0
1	2,7	2,6	1,0	1,7	1,0	2,5	0,0	3,0
1	1,0	2,8	2,5	1,0	2,0	3,0	0,0	1,5
1	2,2	3,3	3,6	2,6	5,0	7,0	0,0	1,0
1	1,5	1,5	2,6	2,4	5,0	5,0	0,0	4,0
1	3,0	2,0	0,5	1,5	2,5	2,5	0,0	3,5
2	0,0	1,5	0,5	0,5	2,0	3,0	4,5	4,0
2	0,8	0,7	0,6	0,0	3,0	4,5	1,0	2,0
2	2,2	1,5	2,5	3,2	2,5	4,5	4,5	6,5
2	2,0	1,5	3,3	2,5	2,2	2,2	4,5	3,5
2	1,6	4,0	2,0	0,7	1,5	2,0	4,0	2,0
2	3,0	1,6	2,8	3,0	3,0	2,5	4,0	2,0
3	2,0	2,5	2,7	3,5	2,5	0,0	0,0	0,0
3	3,0	0,7	2,8	1,8	0,5	0,0	0,0	0,0
3	2,8	2,5	2,6	3,7	3,2	0,0	0,0	0,0
3	5,5	0,9	1,2	1,0	2,7	0,0	0,0	0,0
3	1,5	3,4	5,4	4,4	2,4	0,0	0,0	0,0
3	2,4	2,5	2,3	6,0	2,6	0,0	0,0	0,0
4	1,5	0,0	0,0	4,0	1,5	1,0	2,0	0,5
4	1,0	0,0	0,0	4,0	1,5	2,0	1,2	1,7
4	0,5	0,0	0,0	3,0	3,5	1,4	1,7	1,5
4	2,3	0,0	0,0	2,8	2,3	3,8	1,3	3,0
4	3,0	0,0	0,0	1,5	0,5	0,7	1,4	1,3
4	0,5	0,0	0,0	2,0	1,0	1,1	1,8	1,5

ANEXO XI – Valores da circunferência a altura do peito (m) nas Áreas de Preservação Permanente (APP) de riachos da APA Embu Verde (SP). MD = margem direita, ME = margem esquerda, 0, 10, 20 e 30 = gradientes de largura da APP. Em negrito, está representada a descontinuidade da largura da APP com cobertura vegetal.

Sítios	CAP (m)							
	MD				ME			
	0	10	20	30	0	10	20	30
1	1,15	0,40	0,55	0,80	1,12	0,64	0,00	0,36
1	0,43	0,70	0,25	0,93	0,84	0,25	0,00	0,32
1	0,62	0,60	0,85	0,53	0,39	0,44	0,00	0,35
1	0,51	0,50	0,57	0,62	0,85	0,51	0,00	0,47
1	0,41	0,58	0,62	0,90	0,77	0,33	0,00	0,50
1	0,50	0,73	0,43	0,67	0,80	0,61	0,00	0,60
2	1,15	0,78	0,75	0,41	0,38	0,25	0,36	2,23
2	0,40	0,64	0,39	1,02	0,34	0,23	0,30	0,45
2	1,08	1,04	0,38	0,22	2,10	0,56	0,46	0,67
2	0,80	0,48	0,19	0,26	0,49	0,28	0,25	0,44
2	0,30	1,45	0,41	0,68	0,69	1,82	0,35	0,57
2	0,38	2,29	0,49	1,15	2,35	0,56	0,42	1,66
3	1,08	0,59	0,65	1,06	0,45	0,0	0,0	0,0
3	0,99	0,44	0,42	0,55	0,67	0,0	0,0	0,0
3	0,14	0,45	1,41	1,01	0,56	0,0	0,0	0,0
3	1,17	0,41	0,43	1,22	0,80	0,0	0,0	0,0
3	0,23	0,45	0,40	0,74	0,90	0,0	0,0	0,0
3	0,64	0,96	0,54	0,86	0,43	0,0	0,0	0,0
4	0,53	0,0	0,0	0,22	0,80	0,98	0,49	0,88
4	0,31	0,0	0,0	0,67	1,10	1,34	0,96	0,54
4	0,44	0,0	0,0	1,03	0,54	0,56	0,73	0,32
4	0,40	0,0	0,0	1,12	0,76	0,75	0,66	0,22
4	1,05	0,0	0,0	0,86	0,89	0,78	1,02	0,99
4	0,39	0,0	0,0	0,95	1,00	0,54	1,15	0,48

ANEXO XII – Valores da altura de dossel (m) nas Áreas de Preservação Permanente (APP) de riachos da APA Embu Verde (SP). MD = margem direita, ME = margem esquerda, 0, 10, 20 e 30 = gradientes de largura da APP. Em negrito, está representada a descontinuidade da largura da APP com cobertura vegetal.

Sítios	Altura de dossel (m)							
	MD				ME			
	0	10	20	30	0	10	20	30
1	7,5	7,5	10,5	7,5	8,2	3,0	0,0	3,3
1	8,5	9,0	7,5	3,5	18,0	4,0	0,0	4,5
1	4,5	3,5	4,5	6,0	7,0	8,5	0,0	4,3
1	1,8	4,0	6,5	5,0	4,5	4,5	0,0	4,6
1	4,0	5,0	4,0	5,5	4,5	3,5	0,0	6,0
1	8,0	4,5	5,5	4,5	2,3	2,6	0,0	6,5
2	8,3	5,4	6,8	9,5	7,5	9,0	8,0	14,0
2	11,0	7,8	10,0	5,5	6,8	7,0	9,3	12,0
2	4,5	3,0	9,0	6,0	6,7	7,0	7,5	5,5
2	7,6	8,5	4,5	12,0	9,0	7,5	8,0	9,0
2	8,0	7,5	8,5	15,0	5,0	4,5	7,5	7,0
2	10,0	8,4	12,0	9,5	10,0	9,5	8,0	8,5
3	7,5	7,0	9,0	7,6	5,6	0,0	0,0	0,0
3	8,0	9,6	7,5	8,0	6,0	0,0	0,0	0,0
3	9,0	6,5	7,0	7,5	4,5	0,0	0,0	0,0
3	5,5	9,0	8,0	8,5	5,5	0,0	0,0	0,0
3	6,5	7,5	8,0	7,5	7,5	0,0	0,0	0,0
3	6,0	8,5	5,5	6,0	7,4	0,0	0,0	0,0
4	5,5	0,0	0,0	10,0	7,0	8,4	6,8	7,0
4	6,7	0,0	0,0	8,0	7,0	5,0	9,5	9,0
4	4,5	0,0	0,0	7,5	6,5	5,5	8,7	8,5
4	8,0	0,0	0,0	9,5	8,0	10,5	9,4	7,0
4	4,0	0,0	0,0	6,5	8,3	7,4	9,3	8,5
4	5,7	0,0	0,0	6,0	7,5	6,0	10,0	9,0

ANEXO XIII – Valores das variáveis de caracterização de riachos da APA Embu Verde (SP). L = largura do canal (m), Z = profundidade do canal (cm), OD = oxigênio dissolvido da água (mg/L), cond. = condutividade elétrica da água ($\mu\text{S/cm}$), NTU = turbidez da água, Vel. = velocidade da correnteza (m/s).

Sítios	Morfologia			Água				
	L	Z	OD	°C	pH	Cond.	NTU	Vel.
1	0,86	7	7,14	22,5	6,5	47	45,6	0,19
1	0,94	5	7,80	21,3	6,4	53	63,2	0,16
1	0,98	8	6,60	21,5	6,8	45	5,6	0,16
1	0,92	10	7,50	21,7	7,1	46	51,0	0,19
2	1,20	16	7,01	21,3	6,81	52	33,4	0,12
2	2,40	12	6,00	20,7	6,8	51	44,2	0,19
2	1,24	16	6,60	20,6	6,6	49	33,6	0,19
2	1,68	21	7,20	21,0	6,7	46	41,5	0,20
3	0,50	5	6,54	20,1	6,56	39	22,1	0,05
3	0,32	4	6,60	19,6	6,75	33	19,3	0,04
3	0,45	4	6,10	19,6	7,01	36	23,5	0,06
3	0,48	5	6,44	19,9	6,98	37	23,0	0,06
4	1,15	7	7,81	21,2	7,02	66	22,5	0,15
4	0,73	7	8,22	21,5	7,04	68	22,6	0,33
4	0,92	12	7,55	21,0	7,2	71	23,7	0,20
4	1,04	8	7,10	21,6	6,97	68	22,0	0,18

Táxons Amostrados	
REINO ANIMAL	
Filo Plathyhelminthes	Ordem Plecoptera
Classe Turbellaria	Família Perlidae
Ordem Seriata	Família Griptopterygidae
Família Planariidae	Ordem Megaloptera
Filo Annelida	Família Corydalidae
Classe Hirudinea	Ordem Coleoptera
Ordem Rhyncobdellida	Família Elmidae
Família Glossiphoniidae	Ordem Trichoptera
Classe Oligochaeta	Família Hydrobiosidae
Ordem Haplotaxida	Família Hydropsychidae
Família Naididae	Família Leptoceridae
Filo Arthropoda	Família Odontoceridae
Subfilo Crustacea	Família Philopotamidae
Classe Malacostraca	Família Polycentropodidae
Ordem Amphipoda	Família Xiphocentropogonidae
Família Gammaridae	Ordem Diptera
Ordem Decapoda	Família Ceratopogonidae
Família Atyidae	Família Chironomidae
Família Aeglidae	Família Empididae
Família Trichodactylidae	Família Psychodidae
Subfilo Unirramia	Família Simuliidae
Classe Entognatha	Família Tabanidae
Ordem Collembola	Família Tipulidae
Família Isotomidae	Ordem Heteroptera
Família Sminthuridae	Família Veliidae
Classe Insecta	
Ordem Ephemeroptera	
Família Baetidae	
Família Caenidae	
Família Leptohyphidae	
Família Leptophlebiidae	
Família Oligoneuriidae	
Ordem Odonata	
Família Calopterygidae	
Família Cordullidae	
Família Gomphidae	
Família Megapodagrionidae	
Família Libellulidae	
Família Polythoridae	

ANEXO XV - Valores dos coeficientes das combinações lineares das variáveis ambientais nos dois primeiros eixos da Análise de Correspondência Canônica (CCA), mensuradas em riachos da APA Embu Verde (SP). Em negrito as variáveis que melhor explicaram a distribuição nos eixos. OD = oxigênio dissolvido na água; Temp = temperatura da água; K = condutividade da água; m/s = velocidade da correnteza; NTU = turbidez; DP = desvios padrão das médias dos substratos codificados; Matak = abundância de matacão; Larg = largura do canal; Z = profundidade do canal; Serap = profundidade da serapilheira; cód = média dos substratos codificados; Bloc = abundância de blocos; Seix = abundância de seixos; Casc = abundância de cascalhos; Fin = abundância de sedimentos finos.

Variáveis	Eixo 1	Eixo 2
Serap	0.5242	-0.0927
Cód	0.7742	-0.3881
DP	0.7045	0.0175
Fin	-0.5563	0.8270
Casc	-0.7660	-0.5712
Seix	0.7902	-0.4743
Bloc	0.8941	-0.4471
Matak	0.7256	-0.0463
Laje	0.2229	0.3034
Larg	0.9830	-0.1476
Z	0.9404	-0.3257
OD	0.4305	0.8043
Temp	0.6372	0.7641
pH	-0.1191	0.0714
K	0.6184	0.4298
NTU	0.6160	0.3232
m/s	0.8282	0.5128