

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

FFCLRP – DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENTOMOLOGIA

**Os fatores ambientais afetam a diversidade e abundância de Ephemeroptera
(Insecta) associada ao substrato rochoso em riachos de montanha?**

Lucas de Souza Machado Costa

Dissertação apresentada à Faculdade de Filosofia,
Ciências e Letras de Ribeirão Preto da USP, como parte
das exigências para obtenção do título de Mestre em
Ciências, Área: Entomologia

Ribeirão Preto – SP

2010

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

FFCLRP – DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENTOMOLOGIA

**Os fatores ambientais afetam a diversidade e abundância de Ephemeroptera
(Insecta) associada ao substrato rochoso em riachos de montanha?**

Lucas de Souza Machado Costa

Orientador: Pitágoras da Conceição Bispo

Dissertação apresentada à Faculdade de Filosofia,
Ciências e Letras de Ribeirão Preto da USP, como
parte das exigências para obtenção do título de
Mestre em Ciências, Área: Entomologia

Ribeirão Preto – SP

2010

Ficha Catalográfica

Costa, Lucas de Souza Machado

Os fatores ambientais afetam a diversidade e abundância de Ephemeroptera (Insecta) associada ao substrato rochoso em riachos de montanha?

Dissertação apresentada à Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da USP, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências, Área: Entomologia viii + 55p.

Orientador: Pitágoras da Conceição Bispo

1. Insetos aquáticos. 2. Ambientes lóticos. 3. Ephemeroptera. 4. Integridade Ambiental

Dedico esse trabalho aos meus pais e minha irmã,
que sempre me incentivaram em tudo na vida. Vocês
são meus alicerces, ídolos e exemplos.

[...] Talvez não tenhamos conseguido fazer o melhor, mas lutamos para que o melhor fosse feito.
[...] Não somos o que deveríamos ser. Mas graças a Deus, não somos o que éramos.

Martin Luther King

Sumário

Agradecimentos	vi
Resumo	1
Abstract	2
Considerações iniciais	3
Capítulo 1: Introdução	4
Riachos	5
Ephemeroptera	8
Insetos aquáticos e qualidade ambiental	10
Referências bibliográficas	13
Capítulo 2: Manuscrito	22
Introdução	23
Material e métodos	27
Área de estudo	27
Coletas e identificação	28
Caracterização ambiental	28
Análise de dados	29
Resultados	31

Discussão	33
Referências bibliográficas	38
Figuras e tabelas	45
Anexo I	53
Anexo II	57

Agradecimentos

À CAPES pela bolsa concedida durante o mestrado e à FAPESP (processo 04/09711-8) pelo apoio financeiro, o qual foi de grande importância para o desenvolvimento deste trabalho.

À Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto – Universidade de São Paulo, através do programa de Pós- Graduação em Entomologia, por todo apoio fornecido durante o mestrado.

A Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Campus de Assis, pelo apoio.

Ao Prof. Dr. Pitágoras C. Bispo, pelos momentos de ensinamento no laboratório e coletas em campo. E por ser mais que um orientador, um amigo com quem pude sempre contar desde a graduação até a elaboração desse trabalho.

Agradeço também aos funcionários da USP e Unesp pela grande dedicação e disposição em sempre ajudar: Renata Andrade, Vera e Gilberto Milani.

Aos colegas Gabriel, Marcos e Ricardo pelo auxílio durante as coletas e triagens no laboratório. As técnicas Verinha e Raquel por estarem sempre prontas a ajudar nas atividades desenvolvidas. E a toda comunidade Labiana pelo ótimo ambiente de trabalho que é o laboratório de Biologia Aquática de Assis carinhosamente apelidado de LABIA.

A professora Vera Cristina, minha professora de invertebrados durante a graduação na Unesp de Assis, por “emprestar” seu laboratório e materiais.

Ao Rodolfo Mariano pelo auxílio ao encaminhar algumas dúvidas e por sempre se mostrar prestativo.

Ao Paciência que como o próprio nome já diz sempre teve “saco” para me ajudar a resolver algumas dificuldades que encontrei pelo caminho.

Um agradecimento especial ao Igor Takebe “Japa”, que me iniciou na identificação de Ephemeroptera, e me ajudou bastante durante a identificação, além é claro dos momentos de descontração durante as quintas-feiras no Terra Brasilis.

Aos amigos da República TFM (Dib, Brunin, Bruno, Remoto e Jairin) por sempre me alojarem e me aguentarem durante as disciplinas em Ribeirão Preto, pelas idas a cachaçaria, Caipiras e outras saídas em Ribeirão.

Aos moradores da República Rank-Baço de Assis, por não serem apenas amigos, mas sim minha segunda família com a qual tenho certeza que sempre posso contar tanto nas horas de festa e alegrias, como nas horas de tristeza e necessidade. Um muito obrigado Rolinha, Aurélio, Lombarde, Xileno, Cana, Rancharia e Coruja por me acolherem na minha volta a Assis. E também um obrigado especial a Pandinha, a nossa nona moradora com quem também sempre podemos contar.

Outras pessoas muito especiais que estiveram ao meu lado durante minha vida escolar, de graduação e durante o mestrado, Gil, Pequeno, Fernando “Gordo”, Khnayfes, Ana, Du, Caveira, Zagati, Lukinha, Gabi, Fernanda e muitos outros presentes em momentos importantes da minha vida.

A Ellen por todo carinho, atenção e confiança. Te adoro morena!

Um obrigado muito mais que especial ao meu pai, José Carlos, minha mãe, Lúcia Helena por me darem toda estrutura e condições para continuar os estudos, além

de me passar os valores e amor necessários para me tornar a pessoa que sou. E também minha irmã Priscilla, que sempre me apoiou nas minhas escolhas e me deu força para continuar. Amo muito vocês!

Obrigado a Deus por me ajudar ao longo da jornada e me proporcionar tantas alegrias e pessoas tão boas a meu lado.

Resumo

A fauna de Ephemeroptera foi coletada em 24 riachos de fundo rochoso na Serra do Mar do Estado de São Paulo, com o intuito de testar as seguintes hipóteses: 1) riachos próximos, com integridade ambiental, tamanhos (vazão) e variáveis ambientais semelhantes apresentam composição faunística similares; 2) a diversidade alfa (riqueza) aumenta com a tamanho (vazão) e a integridade ambiental e diminui com o aumento da condutividade; 3) a abundância aumenta com a vazão e a condutividade e decresce com a integridade ambiental; 4) riachos com menor tamanho possuem menor diversidade alfa e maior diversidade beta; 5) a diversidade beta aumenta com integridade ambiental. Durante o presente trabalho, foram coletadas 3464 ninfas de Ephemeroptera distribuídas em 4 famílias representadas por 22 gêneros (26 considerando a estimativa Jackknife 2). Houve relação significativa entre a distância geográfica e a composição da fauna de Ephemeroptera (Teste de Mantel). A regressão linear múltipla mostrou que a abundância foi relacionada positivamente com a vazão e negativamente com a condutividade. As abundâncias de *Cloeodes*, *Paracloeodes* e *Hylister* foram positivamente relacionadas com a vazão, enquanto abundância de *Tricorythopsis* foi relacionada positivamente com a vazão e negativamente a condutividade. Já as abundâncias de *Traverhyphes* e *Camelobaetidius*, além do tamanho(vazão) foram relacionados negativamente também aos escores de RCE. A beta diversidade não diferiu entre riachos com diferentes vazões e índices de integridade ambiental.

Palavras- chave: 1. Insetos aquáticos. 2. Ambientes lóticos. 3. Ephemeroptera. 4. Integridade ambiental

Abstract

The fauna of Ephemeroptera based on immature individuals were collected in 24 streams of rocky bottom in Serra do Mar in São Paulo State, in order to test the following hypotheses: 1) near streams, with similar environmental integrity, size and environmental variables have similar faunal composition; 2) alpha diversity (richness) increases with the flow and environmental integrity and decrease of electrical conductivity; 3) abundance increases with decreasing the environmental integrity and increasing with the flow and conductivity; 4) streams with smaller size have lower beta diversity than larger streams; 5) beta diversity increases with increasing the integrity. During this work we collected 3464 mayfly nymphs divided into 4 families represented by 22 genera (26 considering Jackknife 2 estimate). There was a significative relationship between the geographical distance and the faunal composition of Ephemeroptera according Mantel test. The multiple linear regression showed the positive relationship between abundance and flow and negative with conductivity. The abundances of *Cloeodes*, *Paracloeodes* and *Hylister* were positively related with flow, while the abundance of *Tricorythopsis* was related positively with discharge and negatively with conductivity. The abundances of *Traverhyphes* and *Camelobaetidius*, beyond the flow were also negatively related to the scores of RCE. Furthermore, beta diversity did not differ between streams with different flow and levels of environmental integrity.

Keywords: 1. Aquatic insects. 2. Lotic environment. 3. Ephemeroptera. 4. Environmental integrity

Considerações iniciais

A presente dissertação é apresentada em dois capítulos. O primeiro capítulo se refere a uma introdução geral sobre as características de ambientes lóticos e sobre a ordem Ephemeroptera. Este capítulo está sendo apresentado, pois a dissertação será disponibilizada na internet pelo PPG em entomologia, assim, esta introdução geral pode ser útil e ponto de partida para alunos de graduação que se interessem pelo estudo da fauna de insetos aquáticos. No segundo capítulo, são apresentados e discutidos os dados levantados durante o período de mestrado.

Capítulo 1: Introdução

Introdução

Riachos

Os ambientes de águas continentais tradicionalmente podem ser classificados em lóticos (águas correntes), representados por rios e córregos, e lênticos (águas paradas ou com pouca movimentação), representado por lagos, brejos e pântanos. Segundo Strahler (1957), os ambientes lóticos podem ser classificados, para facilitar seu estudo, em ordens. Um ambiente lótico de primeira ordem é aquele que se origina de uma nascente, um de segunda ordem se forma a partir do encontro de dois de primeira ordem, um de terceira ordem se origina a partir da confluência de dois de segunda ordem e assim por diante. Via de regra, dois riachos de ordem “n” originam um riacho de ordem “n+1”. Embora esse sistema de classificação seja muito útil, vale ressaltar que rios de mesma ordem podem ter características diferentes, como a velocidade da correnteza e tipo de substrato predominante. Neste sentido, e considerando a dificuldade de estabelecer as ordens nos mapas a nossa disposição, utilizamos as ordens apenas para estabelecer o universo do nosso trabalho (riachos de 1ª a 4ª ordens). Uma vez que trabalhamos com riachos de montanha com águas rápidas, usamos a vazão como expressão do tamanho tridimensional do riacho (largura, profundidade e velocidade). A vazão deve ter uma correlação com a ordem, pois enquanto a última tem relação com o número de tributários que um riacho recebe, a primeira tem relação com o volume de água recebida da soma dos tributários a montante.

Quando se compara o efeito do tamanho do ambiente lótico sobre a fauna, uma importante consideração a se fazer é que a variação longitudinal dos fatores físicos e limnológicos influenciam diretamente a estrutura da biota. Considerando essa variação longitudinal, Vannote *et al.* (1980) propuseram a Teoria do *Continuum* Fluvial. Segundo esta teoria, em trechos de baixa ordem haveria habitualmente uma cobertura

vegetal densa o que atenuaria a penetração da luz e também propiciaria um maior aporte de material alóctone, sob a forma de matéria orgânica grossa (CPOM - “coarse particulate organic matter”). Já em trechos de ordem intermediária, com o aumento da largura do rio, haveria um aumento da penetração solar e uma menor carga de matéria orgânica alóctone, predominando a produção autotrófica. A matéria orgânica da montante chegaria principalmente como partículas finas (FPOM - “fine particulate organic matter”). Nos rios de ordem ainda maior, a condição heterotrófica predominaria novamente e aumentaria a turbidez, limitando a penetração da luz e, por conseqüência, reduziria a produção autotrófica, tornando a fauna dependente de material oriundo da montante, com presença marcante de DOM (“dissolved organic matter”) e FPOM. Assim, nos ambientes lóticos poderia ser percebido uma mudança da fonte de energia dos riachos (alóctone para autóctone, e autóctone novamente para alóctone) num gradiente longitudinal, predominando em riachos de cabeceira e grandes ordens maiores taxas de respiração enquanto que em riachos intermediários de produção autotrófica. A Teoria do Continuum Fluvial foi criada baseada em riachos da América do Norte, em ambientes temperados, podendo não ser aplicado em ambientes lóticos de outras regiões (Winterburn et al. 1981; Perry & Schaeffer, 1987). Assim, em trabalhos na Nova Zelândia (Winterbourn et. al. 1981) o padrão de entrada de energia no riacho, segundo a Teoria do Continuum, influenciando a estruturação da biota aquática não foi encontrado. Entretanto, Baptista (1998), percebeu um aumento na quantidade de FPOM e diminuição de CPOM, além de um aumento da diversidade da fauna de insetos aquáticos num gradiente longitudinal, em riachos neotropicais .

Apesar da abordagem logitudinal ter dominado as discussões sobre a dinâmica ecológica de ambientes lóticos nos últimos 30 anos ela certamente esta não é a melhor abordagem para o estudo de ambientes lóticos. Mais do que um sistema com uma

importante variação longitudinal, os ecossistemas lóticos são organizados hierarquicamente e possuem uma grande variabilidade tanto espacial, quanto temporal. Riachos de cabeceira geralmente apresentam uma diversidade menor do que riachos maiores quando observados individualmente, porém quando o objeto de estudo é a bacia percebe-se que o conjunto dos riachos menores apresentam uma diversidade beta maior que o de riachos maiores (Clarke et al. 2008). Já uma visão temporal permite observar a dinâmica do riacho, apresentando suas alterações ao longo do tempo e suas respostas a possíveis perturbações ou agentes poluidores.

Além dessas variações funcionais a que se refere à Teoria do *Continuum* Fluvial, existem também outros fatores físicos e químicos de grande importância para a biota aquática podendo-se destacar: a luz, a temperatura, o oxigênio dissolvido, os sólidos em suspensão, os íons dissolvidos e outros materiais. Estes fatores estão intimamente ligados à distribuição dos organismos aquáticos (Hynes, 1970).

A biota de um ecossistema lótico é extremamente rica, sendo representada por vários filos, como Arthropoda (insetos, crustáceos e ácaros), Mollusca (bivalves e gastrópodes), Annelida (oligoquetos), Platyhelminthes, Nematoda. Desta grande fauna de invertebrados, os insetos aquáticos se destacam pela sua abundância e diversidade (Hynes, 1970). Sendo sua distribuição determinada pelas características físicas e químicas do riacho, além da disponibilidade de recursos alimentares e hábito das espécies (Merritt & Cummins, 1996).

Dentre os principais grupos de insetos aquáticos bentônicos estão os membros das ordens Trichoptera, Plecoptera, Ephemeroptera, Odonata, Megaloptera e alguns grupos de Diptera e Coleoptera. Esses insetos aquáticos são importantes elos no fluxo de energia e dinâmica de nutrientes do ambiente aquático (Wiggins, 1998), tanto consumindo matéria orgânica (viva ou morta), quanto servindo de presas ou

hospedeiros para outros organismos aquáticos (Brittain, 1982; Duffield & Nelson, 1993; Malmqvist, 1993; Giberson *et al.*, 1996; Wiggins, 1998).

Os insetos aquáticos, geralmente, apresentam diferentes mecanismos para obtenção de recursos alimentares, neste sentido de acordo com Cummins & Klug (1979), eles podem ser divididos em cinco categorias funcionais: fragmentadores (ingerem CPOM), coletores (ingerem FPOM), raspadores (alimentam-se de perifíton e ingerem FPOM aderidas à superfície do substrato), os perfuradores (ingerem fluidos celulares de macrófitas) e os predadores (alimentam-se de outros animais). Neste contexto, a distribuição dos organismos aquáticos pode ser influenciada pelos recursos alimentares predominantes em cada trecho.

Entre os insetos aquáticos, Ephemeroptera é um dos grupos mais importantes, sobretudo, em ambientes lóticos de baixas e médias ordens em locais com águas limpas e bem oxigenadas (Domínguez *et al.* 2001)

Ephemeroptera

Ephemeroptera é uma ordem relativamente pequena, sendo composta por aproximadamente 4000 espécies. Os indivíduos dessa ordem possuem três filamentos caudais, sendo dois cercos e um filamento terminal. A respiração nas ninfas é realizada através de traqueobrânquias que retiram o oxigênio diretamente da água. Juntamente com Odonata é um dos grupos mais antigos dos insetos alados, conservando diversas características primitivas como: a pouca redução das nervuras alares, dez segmentos abdominais e a incapacidade de dobrar as asas sobre o abdômen quando em repouso (Elouard *et al.* 2003). Possuem uma ampla distribuição geográfica estando ausentes apenas em algumas ilhas oceânicas, no continente Antártico e no extremo Ártico. São

registradas na América do Sul cerca de 375 espécies, sendo que o maior número de espécies descritas ocorre no Brasil e na Argentina (Pescador *et al.* 2001). Segundo Salles *et. al* (2004, 2009) para o Brasil foram registradas 10 famílias, 67 gêneros e 181 espécies de Ephemeroptera, sendo que as famílias Baetidae e Leptophlebiidae são as mais abundantes.

Os indivíduos dessa ordem apresentam um desenvolvimento anfibiótico, com imaturos aquáticos (presentes em ambientes lóticos e lênticos) e adultos alados. Nos ambientes aquáticos, as ninfas de Ephemeroptera podem ocupar uma grande gama de habitats, desde fortes corredeiras em riachos com fundos de pedra até fundos lodosos de lagos. A grande diversidade de nichos ocupados por estas espécies refletem na grande diversidade morfológica, comportamental e nas diferentes estratégias alimentares (podem ser filtradoras, raspadoras, fragmentadoras, coletoras ou até mesmo predadoras). As ninfas podem viver de algumas semanas a até poucos anos (Brittain, 1982; Sweeney *et al.* 1995). Já os adultos têm um curto período de vida, pois possuem as peças bucais atrofiadas impossibilitando a alimentação. Seu desenvolvimento é hemimetábolo, com um estágio intermediário alado entre a ninfa e o adulto, único entre os insetos, denominado subimago ou subadulto. Estas formas aladas intermediárias, apesar de se encontrarem fora da água, ainda não possuem maturidade sexual e são menos ativas, diferentemente dos adultos, que voam ativamente próximo aos corpos d'água. De maneira geral as ninfas de Ephemeroptera podem ser utilizadas na avaliação e biomonitoramento de riachos (Buss & Salles, 2007), pois apresentam diferentes respostas frente a perturbações ambientais como mudanças estruturais do habitat e redução da qualidade da água

No Brasil, o conhecimento a respeito da ordem teve uma considerável evolução nos últimos anos, sendo que trabalhos sobre ecologia de macroinvertebrados aquáticos

(Oliveira *et al.*, 1997; Bispo & Oliveira, 1998; Galdean *et al.* 2000, 2001; Melo & Froehlich, 2001; Buss *et al.*, 2002; Roque *et al.*, 2003) e especificamente sobre ecologia de Ephemeroptera (Francischetti *et al.*, 2001, 2004; Melo *et al.*, 2004; Goulart & Callisto, 2005a, 2005b; Takebe, 2005 e Siegloch, 2006, 2010) têm dado importantes contribuições ao conhecimento do grupo. Adicionalmente, houve também um considerável investimento na taxonomia do grupo (Ferreira & Domínguez 1992, Da-Silva & Pereira 1993, Lugo-Ortiz & McCafferty 1995, 1996a, b, c, 1998, Molineri 1999, 2001, 2002, Da-Silva *et al.* 2003, Salles & Lugo-Ortiz 2002, 2003a, b, Salles *et al.* 2003, Lopes *et al.* 2003, Salles & Batista 2004). Todos estes trabalhos contribuíram para que tivéssemos uma visão mais detalhada sobre o grupo no Brasil.

Insetos aquáticos e a qualidade ambiental

Devido à grande importância dos recursos hídricos para o homem, os ambientes aquáticos continentais têm recebido cada vez mais atenção. Na Europa e na América do Norte, os insetos aquáticos tem sido utilizados como bioindicadores e já a algum tempo tem se tornado uma ferramenta útil para a avaliação da integridade de habitat e qualidade da água em ecossistemas aquáticos (Rosemberg & Resh, 1993; Barbour *et al.*, 2003). A avaliação dos ecossistemas aquáticos através do biomonitoramento emprega o uso de protocolos para a caracterização do ambiente e classificação de sua fauna (e.g. Índices Multimétricos, BMWP, entre outros) (Junqueira & Campos, 1998; Baptista *et al.* 2007). Esses protocolos têm sido constantemente adaptados para auxiliar na compreensão e avaliação das alterações nos ecossistemas. No Brasil, apesar do grande avanço ocorrido nos últimos anos, podemos dizer que a utilização de insetos aquáticos

na avaliação e biomonitoramento de impactos ambientais de ambientes aquáticos é incipiente, como exceção ver Baptista *et al.* 2007, Mugnai *et al.*, 2007.

O uso de macroinvertebrados como bioindicadores oferece uma série de vantagens, daí sua popularidade em trabalhos de avaliação da qualidade ambiental. Entre elas podemos citar: eles estão presentes numa grande quantidade de ambientes, estando sujeitos a diferentes graus de perturbações (Rosemberg & Resh, 1993); seus ciclos de vida são relativamente longos o que permite uma análise temporal de perturbações regulares ou intermitentes (Rosemberg & Resh, 1993, Barbour *et al.* 1999); a taxonomia de alguns grupos é conhecida e chaves de identificação são de fácil acesso, pelo menos no nível de família (Rosemberg & Resh, 1993); possuem baixa mobilidade, estando sujeitos aos efeitos ambientais locais (Rosemberg & Resh, 1993, Barbour *et al.* 1999, Callisto *et al.* 2005); existe um grande número de espécies que oferecem respostas aos estressores ambientais (Rosemberg & Resh, 1993). Entre os insetos aquáticos, muitos ephemeropteros são sensíveis e intolerantes a redução da qualidade ambiental, por isso, tem um grande potencial para ser utilizado como indicadores das alterações ambientais (Goulart & Callisto, 2003).

Neste contexto, no presente trabalho as coletas foram realizadas em riachos dentro dos núcleos Santa Virgínia e Cunha-Indaiá (Parque estadual da Serra do Mar) e suas adjacências, com o objetivo de testar as seguintes hipóteses: 1) riachos próximos, com integridade ambiental, tamanhos (vazão) e variáveis ambientais semelhantes apresentam composição faunística similares; 2) a diversidade alfa (riqueza) aumenta com o tamanho (vazão) e a integridade ambiental e diminui com o aumento da condutividade; 3) a abundância aumenta com a vazão e a condutividade e decresce com a integridade ambiental; 4) riachos com menor tamanho possuem menor diversidade

alfa e maior diversidade beta; 5) a diversidade beta aumenta com integridade ambiental.

Os resultados obtidos são apresentados e discutidos no segundo capítulo.

Referências Bibliográficas

- BAPTISTA, D. F.; BUSS, D. F.; DORVILLÉ, L. F. M. & NESSIMIAN, J. L. 1998. O Conceito de Continuidade de Rios é valido para rios de Mata Atântica no Sudeste do Brasil? In: Nessimian, J. L. & Carvalho, A. L. (Eds.) *Ecologia de Insetos Aquáticos*. Rio de Janeiro, Oecol. Bras. Vol. V. p 209-222
- BAPTISTA, D. F. ; BUSS, D. F. ; EGLER, M. ; GIOVANELLI, A. ; SILVEIRA, M. P. & NESSIMIAN, J. L. 2007. A multimetric index base on benthic macroinvertebrates for evaluation of Atlantic Forest streams at Rio de Janeiro state, Brazil. **Hydrobiologia** (The Hague), v. 575, p. 83-94.
- BARBOUR, M. J.; GERRITSEN, J.; SNYDER, B. D.; STRIBLING, J. B. 1999. Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish, 2^a Ed. EPA 841-B-99-002. U.S. *Enviromental Protection Agency; Office of Water*; Washington, D. C. <http://www.epa.gov/OWOW/monitoring/techmon.html>
- BISPO, P. C. & OLIVEIRA, L. G. 1998. Distribuição espacial de insetos aquáticos (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera), em córregos de cerrado do Parque Ecológico de Goiânia, Estado de Goiás. In: Nessimian, J. L. & Carvalho, A. L. (eds.) *Ecologia de insetos aquáticos*. **Oecologia Brasiliensis vol. V**. Rio de Janeiro, PPGE-UFRJ, p. 175 – 189.
- BRITTAIN, J. E. 1982. Biology of mayflies. **Annual Review of Entomology** 27: 119-147.
- BUSS, D. F.; BATISTA, D. F.; SILVEIRA, M. P.; NESSIMIAN, J. L. & DORVILLÉ, L. F. M. 2002. Influence of water chemistry and environmental degradation on

macroinvertebrate assemblages in a river basin south-east Brazil. **Hydrobiologia** **481**: 125-136.

CALLISTO, M.; GOLÇALVES, J. F.; MORENO, P. 2005. Invertebrados Aquáticos como Bioindicadores. *IV*: Goulart, E. M. A. (Eds.). Navegando o Rio das Velhas das Minas aos Gerais, 555-567.

CUMMINS, K.W. & KLUG, M.J. 1979. Feeding ecology of stream invertebrates. Annual Review of **Ecology and Systematics** **10**: 147-1172.

DA-SILVA, E.R. & PEREIRA, S.M. 1993. Efemerópteros da Serra dos Órgãos, Estado do Rio de Janeiro. III. Descrição de uma nova espécie de *Lachlania* Hagen, 1868 (Ephemeroptera: Oligoneuriidae). **Anais de Academia Brasileira de Ciências** **65(3)**: 296-301.

DA-SILVA, E.R., SALLES, F.F., NESSIMIAN, J.L. & COELHO, L.B.N. 2003. A identificação das famílias de Ephemeroptera (Insecta) ocorrentes no Estado do Rio de Janeiro: chave pictórica para as ninfas. Boletim do Museu Nacional, nova série, Zoologia: 1-6.

DOMÍNGUES, E.; HUSBARD, M.D.; PESCADOR, M.L. & MOLINERI, C. 2001. Ephemeroptera. In: Fernandez, H. R & Domingues, E. (eds.). Guia para la determinación de los artrópodos Bentónicos Sudamericanos. Editorial Universitaria de Tucumán, 17-53p.

DUFFIELD, R. M. & NELSON, C. H. 1993. Seasonal changes in the stonefly (Plecoptera) component of the diet profile of trout in Big Hunting Creek, Maryland, USA. **Aquatic Insects** **15 (3)**: 141-148.

- ELOUARD, J.M., GATTOLLIAT, J.L. & SARTORI, M. 2003. Ephemeroptera, mayflies. In *The Natural History of Madagascar* (Goodman S.M & J.P. Benstead, eds). University of Chicago Press, Chicago, p.639-645.
- FERREIRA, M.J.N. & DOMÍNGUEZ, E. 1992. A new species of *Hermanella* (Ephemeroptera: Leptophlebiidae: Atalophlebiinae) from southeastern Brazil. **Aquatic Insects**. **14(3)**: 179-182.
- FRANCISCHETTI, C. N.; DA-SILVA, E. R & SALLES, F. F. 2001. A alimentação de ninfas de *Caenis cuniana* Froelich, 1969 (Ephemeroptera, Caenidae) em um brejo temporário da Restinga de Maricá, Estado do Rio de Janeiro. **Boletim do Museu Nacional, Rio de Janeiro, Zoologia (446)**:1-6.
- FRANCISCHETTI, C. N.; DA-SILVA, E. R.; SALLES, F. F. & NESSIMIAN, J. L. 2004. A efemeroterofauna (Insecta: Ephemeroptera) do trecho ritral inferior do Rio Campo Belo, Itatiaia, RJ: composição e mesodistribuição. *Lundiana*, Belo Horizonte, v. 5, n. 1, p. 33-39.
- FRANCISCHETTI, C. N.; DA-SILVA, E. R.; SALLES, F. F. & NESSIMIAN, J. L. 2004. A efemeroterofauna (Insecta: Ephemeroptera) do trecho ritral inferior do Rio Campo Belo, Itatiaia, RJ: composição e mesodistribuição. *Lundiana*, Belo Horizonte, v. 5, n. 1, p. 33-39.
- GALDEAN, N.; CALLISTO, M. & BARBOSA, F. A. R. 2001 Biodiversity assessment of benthic macroinvertebrates in altitudinal lotic ecosystems of Serra do Cipó
- GALDEAN, N.; CALLISTO, M. & BARBOSA, F. A. R.. 2000. Lotic ecosystems of Serra do Cipó, southeast Brazil: water quality and a tentative classification based

on the benthic macroinvertebrate community. **Aquatic Ecosystem Health and Management** **3(4)**: 545-552.

GIBERSON, D. J.; MACINNIS, A. J. & BLANCHARD, M. 1996. Seasonal frequency and positioning of parasitic midges (Chironomidae) on *Pteronarcys biloba* nymphs (Plecoptera: Pteronarcyidae). **Journal of the North American Benthological Society** **15(4)**: 529-536.

GOULART, M. & CALLISTO, M. 2003. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. **Revista da FAPAM**, ano 2, n^o 1.

GOULART, M. & CALLISTO, M. 2005a. Mayfly diversity in the Brazilian tropical headwaters of Serra do Cipó. **Brazilian Archives of Biology and Technology** **48**: 983-996.

GOULART, M. & CALLISTO, M. 2005b. Mayfly diversity in the Brazilian tropical headwaters of Serra do Cipó. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, **48** **(6)**: 983-996.

HYNES, H. B. N. 1970. The Ecology of Running Waters. Liverpool, Liverpool University Press. XXIV + 555p.

JUNQUEIRA, M. V.; CAMPOS, S. C. M. 1998. Adaptation of the BMWP"method for water quality evaluation to Rio das Velhas watershed (Minas Gerais, Brazil). **Acta Limnol. Brasil** **10(2)**: 125-135.

LOPES, M. J. N., DA-SILVA, E.R. & PY-DANIEL, V. 2003. A new species of *Ulmeritoides* from Brazil (Ephemeroptera : Leptophlebiidae). **Rev. Biol. Trop.** **51(1)**: 195-199.

- LUGO-ORTIZ, C. R. & McCAFFERTY, W. P. 1995. Three distinctive new genera of Baetidae (Insecta, Ephemeroptera) from South America. **Annales de Limnologie** **31**: 233-243.
- LUGO-ORTIZ, C. R. & McCAFFERTY, W. P. 1996a. *Aturbina georgei* gen et sp-n. A small minnow mayfly (Ephemeroptera, Baetidae) without turbinate eyes. **Aquatic Insects**. **18**: 175-183.
- LUGO-ORTIZ, C. R. & McCAFFERTY, W. P. 1996b. The genus *Paracloeodes* (Insecta, Ephemeroptera, Baetidae) and its presence in South America. **Annales de Limnologie** **32**: 161- 169.
- LUGO-ORTIZ, C. R. & McCAFFERTY, W. P. 1996c. Taxonomy of the Neotropical genus *Americabaetis*, new status (Insecta: Ephemeroptera: Baetidae). **Stud. Neotrop. Fauna Environ.** **31**: 156-169
- LUGO-ORTIZ, C. R. & McCAFFERTY, W. P. 1998. Five new genera of Baetidae (Insecta : Ephemeroptera) from South America. **Annales de Limnologie** **34**: 57-73.
- MALMQVIST, B. 1993. Interactions in stream leaf packs: effects of stonefly predator on detritivores and organic matter processing. **Oikos** **66**: 454-462.
- MELO, A. S. & FROEHLICH, C. G. 2001. Macroinvertebrates in neotropical streams: richness patterns along a catchment and assemblage structure between 2 seasons. **Journal of the North American Benthological Society** **20(1)**: 1-16.
- MELO, S. M.; TAKEDA, A. M.; GRZYBKOWSKA, M. & MONKOLSKI, A. 2004. Distribution of ephemeropteran nymphs associated with different stolon sections

of *Eichhornia azurea* (Schwartz) in two floodplain lakes of the upper Paraná River (Brazil). **Polish Journal of Ecology** **52**:369-376.

MERRITT, R. W. & CUMMINS, K. W. 1996. An Introduction to the Aquatic Insects of North America. 3th Edition. Dubuque, Kendall/Hunt Publishing Company. XIII+862p.

MOLINERI, C. 1999. Revision of the genus *Tricorythopsis* (Ephemeroptera: Leptohiphidae) with description of four new species. **Aquatic Insects**. **21**: 285-300.

MOLINERI, C. 2001. *Traverhyphes*: a new genus of Leptohiphidae for *Leptohiphes* indicator and related species (Insecta: Ephemeroptera). **Spixiana** **24(2)**: 129- 140.

MOLINERI, C. 2002. Cladistic analysis of the South-American species of *Trichorythodes* (Ephemeroptera: Leptohiphidae) with the descriptions of new species and stages. **Aquatic Insects**. **24(4)**: 273-308.

MUGNAI, R.; OLIVEIRA, R. B.; CARVALHO, A. L. & BAPTISTA, D. F. 2008. Adaptation of the Índice Biotico Esteso (IBE) for water quality assessment in rivers of Serra do Mar, Rio de Janeiro State, Brazil. **Tropical Zoology** **21**: 57-74.

OLIVEIRA, L. G; BISPO, P. C & SÁ, N. C. 1997. Ecologia de comunidades de insetos aquáticos (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera), em córregos de cerrado do Parque Ecológico de Goiânia-GO, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia** **14(4)**: 867-876.

PERRY, J. A. & SCHAEFFER, D. J. 1987. The longitudinal distribution of riverine benthos: A river dis-continuum? **Hydrobiologia** **148**: 227-268.

- PESCADOR, M. L., HUBBARD, M. D. & ZUÑIGA, M. C. 2001. The status of the taxonomy of the mayfly (Ephemeroptera) fauna of South America. In: Domíngues, E. Trends in research in Ephemeroptera and Plecoptera. Kluwer Academics/ Plenum publishers, 37-42p.
- ROQUE, F. O.; TRIVINHO-STRIXINO, S.; STRIXINO, G. & AGOSTINHO, R. C. & FOGO, J. C. 2003. Benthic macroinvertebrate in streams of the Jaragua State Park (Southeast of Brazil) considering multiple spatial scales. **Journal of Insect Conservation** 7: 63-72.
- ROSENBERG, D. M. & RESH, V. H. 1993. Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. Chapman & Hall, New York. 488p.
- SALLES, F.F. & BATISTA, J.D. 2004. The presence of *Varipes* Lugo-Ortiz & McCafferty (Ephemeroptera: Baetidae) in Brazil, with the description of a new species. **Zootaxa** 456: 1-6.
- SALLES, F.F. & LUGO-ORTIZ, C.R. 2002. A distinctive new species of *Apobaetis* (Ephemeroptera: Baetidae) from Mato Grosso and Minas Gerais, **Brazil**. **Zootaxa** 35: 1-6.
- SALLES, F.F. & LUGO-ORTIZ, C.R. 2003a. Nova espécie de *Cloeodes* Traver (Ephemeroptera: Baetidae) do Estado do Rio de Janeiro. **Neotrop. Entomol.** 32(3): 449-452.
- SALLES, F.F. & LUGO-ORTIZ, C.R. 2003b. Um novo gênero e espécie de Baetidae (Ephemeroptera) do Estado de Minas Gerais, sudeste do Brasil. **Iheringia S. Zool.** 93(2): 201-206.

- SALLES, F.F. 2009. Lista das espécies de Ephemeroptera (Insecta) registrados para o Brasil. Disponível em <http://ephemeroptera.br.googlepages.com/home23>
- SALLES, F.F., DA-SILVA, E.R. & LUGO-ORTIZ, C.R. 2003. Descrição da ninfa e redescricao dos adultos de *Callibaetis radiatus* Navás (Insecta: Ephemeroptera: Baetidae). **Lundiana** **4(1)**: 13-18.
- SALLES, F.F.; DA-SILVA, E. R.; HUBBARD, M.D. & SERRÃO, J.E. 2004. Lista das espécies de Ephemeroptera (Insecta) registrados para o Brasil. **Biota Neotropica** **v4(n2)**<http://www.biotaneotropica.org.br/v4n2/pt/abstract?inventory+BN04004022004>
- SIEGLOCH, A. E. 2006. Comunidades de Ninfas de Ephemeroptera Haeckel, 1896 (Insecta), do Curso Médio do Rio Jacuí e Afluentes, Rio Grande do Sul, Brasil. **Dissertação de Mestrado**. Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Ribeirão Preto. p. 76.
- SIEGLOCH, A. E. 2010 Estrutura espacial das comunidades de Ephemeroptera Haeckel, 1896 (Insecta) em riachos da Serra da Mantiqueira e Serra do Mar, Estado de São Paulo. **Tese de Doutorado**. Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Ribeirão Preto.
- STRAHLER, H. N. 1957. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Amer. Geophys. Unio Trans.** **33**: 913-920.
- SWEENEY, W.; JACKSON, J. K. & FUNK, D. D. H. 1995. Semivoltinism, seasonal emergence and adult size variation in a tropical stream mayfly (*Euthyplocia hecuba*). **J. N. Am. Benthol. Soc** **14**:131-148.

- TAKEBE, I. V. 2005. O efeito do mesohábitat sobre a distribuição de Ephemeroptera (Insecta) em riachos da Serra do Mar, Estado de São Paulo. **Trabalho de conclusão de curso**. UNESP, Faculdade de Ciências e Letras-Assis. p. 21
- VANNOTE, R. L.; MINSHALL, G. W.; CUMMINS, K. W. L.; SEDELL, J. R. & CUSHING, C. E. 1980. The River Continuum Concept. *Can. J. Fish. Aquatic Sciences* **37**: 130-137.
- WHITTON, B.A. 1975. River ecology. California, University of California Press, 725p.
- WIGGINS, G. B. 1998. Larvae of the North American Caddisfly Genera (Trichoptera). 2nd edition. Toronto, University of Toronto Press. IX + 457p.
- WINTERBOURN, M. J. , ROUNICK, J. S. AND COWIE, B.(1981) 'Are New Zealand stream ecosystems really different?', **New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research**, **15**: 321 — 328

Capítulo 2: Manuscrito

Os fatores ambientais afetam a diversidade e abundância de Ephemeroptera (Insecta) associada ao substrato rochoso em riachos de montanha?

Introdução

Os ecossistemas aquáticos apresentam uma rica diversidade de insetos aquáticos, a qual pode ser um reflexo da grande complexidade observada em diferentes escalas espaciais destes ecossistemas. Entre os ecossistemas aquáticos, tradicionalmente os ecossistemas lóticos vêm sendo estudados considerando a dimensão longitudinal, sobretudo, enfatizando os efeitos da variação do tamanho (ordem ou vazão) e da vegetação ripária sobre a diversidade e dinâmica funcional destes ambientes (Vannote *et al.* 1980).

No presente estudo, trabalhamos com ambientes lóticos de baixas e médias ordens (até quarta ordem, sensu Sthraler, 1957), neste sentido, considerando a variação longitudinal, é esperado que em riachos menores (cabeceira), a principal fonte de energia seja o material alóctone proveniente da vegetação ripária, já que as copas das árvores limitam a entrada de energia luminosa. Por outro lado, em riachos com tamanhos intermediários, devido a maior entrada de luz, deve haver um o aumento da produção autóctone proveniente principalmente das algas perifíticas. Essa alteração na forma de entrada de energia pode levar a um ajuste funcional da fauna, ou seja, a medida que aumenta o tamanho do ambiente lótico há a diminuição da importância de grupos detritívoros (fragmentadoras e coletores) e o aumento da importância de herbívoros (raspadores), o que, conseqüentemente, pode levar a uma mudança na composição faunística. Adicionalmente, considerando a abordagem longitudinal é esperado que ambientes lóticos de tamanhos intermediários apresentem maior

diversidade, devido a maior heterogeneidade ambiental do que aqueles de tamanhos menores ou maiores. Portanto, certamente o tamanho (ordem, vazão) está entre os principais fatores determinantes da diversidade dos organismos aquáticos (Vannote *et al.*, 1980; Borchardt & Statzner, 1990).

Apesar de nos últimos 30 anos, a maior parte dos trabalhos focarem a variação longitudinal, certamente esta não é a melhor abordagem para o estudo de ambientes lóticos, uma vez que estes formam uma rede hierárquica com grande variabilidade em todas as escalas (Heino, 2009). De maneira geral, localmente, riachos de menor porte apresentam uma menor diversidade se comparados a riachos de maior porte (diversidade alfa), no entanto, alguns estudos mostram que comparativamente eles possuem uma elevada diversidade quando analisados em conjunto (diversidade beta), contribuindo de maneira fundamental para a diversidade regional (diversidade gama) (Clarke *et al.* 2008). Assim, espera-se que entre ambientes lóticos com menor tamanho, a diversidade beta possa ser maior quando a comparação é feita entre com maior tamanho.

A composição de táxons de uma região é geralmente determinada pela possibilidade das espécies de uma região chegar até aquele local e pela combinação favorável de fatores ambientais e bióticos que permitem as espécies condições de se estabelecer naquele local. Os insetos aquáticos em geral apresentam dificuldade em se dispersar, neste sentido, é esperado que estes organismos apresentem distribuição contagiosa. Aliado a isso, a variação das condições ambientais de maneira gradual facilita o estabelecimento de uma determinada espécie em regiões mais próximas, nas quais as condições ambientais sejam mais semelhantes, aumentando a similaridade faunística. Portanto, independente do mecanismo, é esperado que distância geográfica

seja relacionada negativamente com a similaridade faunística, ou seja, é esperada autocorrelação espacial.

A autocorrelação espacial, a qual pode refletir a capacidade de dispersão, e os fatores ambientais tem se mostrado importantes determinantes da distribuição da fauna aquática. Entre os principais fatores ambientais determinantes da estrutura da fauna de insetos aquáticos em riachos temos as variáveis físicas e químicas da água (e.g. potencial hidrogeniônico, oxigênio dissolvido e condutividade), a integridade ambiental, disponibilidade de mesohabitat, tipo de substrato, entre outras (Bispo & Oliveira, 1998; Bispo *et al.* 1998, 2006; Melo *et al.* 2002, 2004; Ribeiro & Uieda, 2005; Crisci- Bispo *et al.* 2007). Esses fatores podem atuar diretamente sobre a fauna ou ainda de maneira indireta, agindo sobre os seus recursos, além disso, os seus efeitos podem ainda ser potencializados pela interação entre as variáveis. É importante salientar que, além disso, alterações das variáveis ambientais podem ser causadas por perturbações antrópicas, ocasionando diferentes respostas da fauna aos diferentes tipos e níveis de perturbação.

Riachos sujeitos a um mesmo tipo de ação antrópica possuem uma tendência a diminuição da sua complexidade apresentando-se mais homogêneos e em geral mais parecidos entre si, assim, é esperado que ocorra uma queda da diversidade (alfa e beta). Para quantificar a integridade ambiental, existem diversos protocolos utilizados, os quais em geral, levam em conta o uso e a ocupação do solo na região próxima ao riacho, a heterogeneidade do substrato, do canal e do regime hídrico, a preservação das margens, do leito, da mata ciliar e do seu entorno, e até a presença de organismos que poderiam revelar indiretamente se há ou não eutrofização no riacho. Assim, os protocolos de integridade ambiental conseguem resumir as informações sobre a complexidade do habitat em diferentes cenários de perturbação ambiental. Dessa forma

espera-se que uma baixa integridade ambiental em riachos influencie negativamente a sua fauna diminuindo a sua diversidade.

A conservação dos ambientes aquáticos é de grande importância para o homem (Malmqvist & Rundle, 2002; Goulart & Callisto, 2003; Callisto *et al.*, 2005; Karr, 2005) uma vez que esse ambiente tem recebido grandes impactos antrópicos, existindo cada vez menos ambientes lóticos sem algum tipo de perturbação. Nos últimos anos a utilização de insetos aquáticos no monitoramento de ecossistemas lóticos tem aumentado constantemente (Callisto, 2000, Goulart & Callisto, 2003). Entre os insetos aquáticos, Ephemeroptera pode apresentar táxons bastante sensíveis as alterações da qualidade ambiental, por isso modificações em sua diversidade e abundância podem estar associadas às alterações na integridade de habitat e qualidade da água de ambientes lóticos (Buffagnani, 1997, Bauerfeind & Moog, 2000, Goulart & Callisto, 2005b).

A ordem Ephemeroptera possui aproximadamente 3000 espécies distribuídas em cerca de 400 gêneros no mundo inteiro, exceto na região dos pólos e em algumas ilhas oceânicas (Barber-James *et al.*, 2008). São organismos predominantemente raspadores e coletores (Dominguez *et al.*, 2001) e são presas para diversas outras espécies de insetos aquáticos e peixes, sendo de fundamental importância nas transferências tróficas em riachos. A ordem Ephemeroptera atinge grande riqueza e abundância em riachos. Diante disso, detectar os fatores que determinam a diversidade e abundância de Ephemeroptera e de outros insetos aquáticos de riachos é fundamental para que possamos entender a dinâmica ecológica destes ecossistemas e estabelecer critérios para o biomonitoramento e a conservação.

Neste contexto, foram coletadas em 24 riachos montanhosos ninfas de Ephemeroptera associadas ao substrato rochoso, com o objetivo de entender os fatores

determinantes da fauna. As seguintes hipóteses foram consideradas: 1) riachos próximos, com integridade ambiental, tamanhos e variáveis ambientais semelhantes apresentam composição faunística similares; 2) a diversidade alfa (riqueza) aumenta com a vazão e a integridade ambiental e diminui com o aumento da condutividade; 3) a abundância aumenta com a vazão e a condutividade e decresce com a integridade ambiental; 4) riachos com menor tamanho possuem menor diversidade alfa e maior diversidade beta; 5) a diversidade beta aumenta com integridade ambiental.

Material e métodos

Área de estudo

Este estudo foi realizado na Serra do Mar, ao norte do estado de São Paulo. As coletas foram realizadas em riachos dentro dos núcleos Santa Virgínia e Cunha-Indaiá (Parque Estadual da Serra do Mar) e suas adjacências (Figuras 1 e 2). Estes núcleos estão situados nos municípios de São Luís do Paraitinga e Cunha, no Estado de São Paulo. O parque constitui um corredor florestal, uma vez que inclui áreas de 23 municípios conectando os remanescentes de Mata Atlântica desde o sul do Rio de Janeiro até o Paraná. A região abriga riachos com alta declividade e que em geral apresentam fundo rochoso. O clima apresenta umidade relativa do ar extremamente elevada ocasionando chuvas e neblinas constantes, isso devido ao impedimento da passagem de massas de ar úmidas pela Serra do Mar. Como acontece ao longo de todo o domínio da Mata Atlântica, há um predomínio de florestas.

Coletas e identificação

Foram realizadas duas coletas, nos meses de outubro dos anos de 2006 e 2007, em substrato rochoso, totalizando 24 pontos amostrados. Em cada ponto, um trecho de aproximadamente 50 metros foi percorrido e unidades amostrais associadas a 25 pedras (aproximadamente 20 cm de maior diâmetro) foram coletadas com auxílio de um puçá com malha de 0,250 mm (Melo & Froehlich, 2001).

As amostras coletadas foram fixadas e conservadas em álcool 80%. No laboratório, o material foi triado e os imaturos de Ephemeroptera foram identificados em nível de gênero com auxílio de estereomicroscópio. Para a identificação foram utilizados trabalhos taxonômicos de Domínguez et al. (2001), Da-Silva (2002), Salles et al. (2004) e Domínguez et al. (2006).

Caracterização Ambiental

Em cada ponto amostrado foi feita uma avaliação prévia para definir se o riacho estava localizado em área protegida ou estava sujeito a ações antrópicas. Fotografias e vídeos foram feitos para auxiliar na avaliação da cobertura vegetal e do status da ação antrópica a que cada riacho estava sujeito. Em cada um dos pontos amostrados foram registrados a temperatura da água (°C), a velocidade da água (m/s), a vazão (m³/s), o potencial hidrogeniônico (pH), a condutividade elétrica (µS/cm), o oxigênio dissolvido (mg/l), a cobertura vegetal representada por uma escala de 1-5 (1 - 0% a 20%; 2 - 21% a 40%; 3 - 41% a 60%; 4 - 61% a 80%; 5 - 81% a 100%) e altitude (Tabela 1). A velocidade da água foi medida por uso de um fluxômetro e a vazão calculada através do produto da velocidade média da água por uma área de secção feita no riacho (Lind,

1979). Em muitos trabalhos em ambientes aquáticos a ordem é utilizada como parâmetro para tamanho dos riachos, entretanto, por se tratar de uma caracterização categórica pode não ser representativa uma vez que riachos de mesma ordem podem apresentar tamanhos diferentes, por isso, a vazão foi utilizada como expressão do tamanho tridimensional do riacho (largura, profundidade e velocidade). A temperatura da água, a condutividade elétrica, pH e oxigênio dissolvido foram obtidos através do Analisador Multiparâmetros Horiba.

Os riachos foram submetidos a um protocolo de avaliação de integridade ambiental de forma que os pontos de coleta receberam escores relativos ao uso da terra, estado da vegetação ripária e morfologia do canal. O protocolo de avaliação foi adaptado do inventário RCE (Riparian, Channel and Environment inventory) (Petersen, 1992, Nessimian *et al.* 2008) e os atributos utilizados no cálculo dos escores estão apresentados no Anexo I.

Os valores obtidos para pH e oxigênio dissolvido apresentaram uma variação que normalmente não afeta a fauna de insetos aquáticos. O pH constante (5,80-7,06) e os elevados valores de oxigênio dissolvido (6,38-9,83 mg.l⁻¹) não se apresentaram como possíveis fatores inibidores da fauna de Ephemeroptera, sendo desta forma retirados das análises. A caracterização ambiental e as coordenadas geográficas de cada riacho são apresentadas na Tabela I.

Análise dos dados

Antes da realização das análises todos os dados foram logaritimizadas [$\log(x+1)$]. A similaridade entre as amostras foi calculada utilizando-se o índice de Morisita-Horn. O dendrograma foi obtido através do critério de agrupamento da

UPGMA (Unweighted Pair Group Method Arithmetic Averages) (Legendre & Legendre, 1998), a distorção gerada foi avaliada pelo Índice de Correlação Cofenética (Romesburg, 1984). Os dados também foram submetidos à Análise de Correspondência Destendenciada (DCA- Detrended Correspondence Analysis) (Gauch, 1982).

Para explicar a matriz de similaridade, foram construídas as seguintes matrizes hipóteses: distância geográfica, os escores do protocolo de avaliação ambiental (RCE), a condutividade, a qual pode ser indicadora de poluição orgânica, cobertura vegetal, altitude, status da ação antrópica e vazão. As matrizes de distância considerando estes fatores foram comparadas com a matriz de similaridade faunística com o auxílio do Teste de Mantel, para 5000 permutações (Diniz-Filho & Bini, 1996).

A riqueza geralmente está correlacionada positivamente com a abundância, neste sentido, utilizamos os resíduos da regressão entre estas duas variáveis como a expressão da riqueza sem o efeito da abundância. O Jackknife 2 foi utilizado como método de estimativa de riqueza (Colwell & Coddington, 1994; Melo & Froehlich, 2001). A regressão múltipla foi realizada com o intuito de testar os efeitos da vazão, condutividade elétrica e escores do RCE sobre a riqueza e abundância, e também sobre a abundância dos gêneros mais abundantes (aqueles representados por mais de 100 indivíduos amostrados). No caso das regressões não incluímos o pH (5,80-7,06) e oxigênio dissolvido (6,38-9,83 mg.l⁻¹), uma vez que para os intervalos de variação registrados, normalmente estes fatores não afetam a fauna de insetos aquáticos. Quando as relações foram significativas, os resíduos da regressão foram analisados para verificar a existência de autocorrelação espacial utilizando o Índice de Moran. Grande parte dos correlogramas não foram significativos quando considerado o critério de Bonferroni e quando o foram, apenas a última classe apresentou uma autocorrelação negativa. Em virtude disso, optamos pela não utilização de filtros espaciais (Peres-Neto *et al.* 2006).

A diversidade beta foi representada pela forma complementar do Índice de Morisita-Horn [1-Índice de Morisita (Maguran, 2004)]. Para testar se a integridade ambiental e o tamanho (vazão) afetam a beta diversidade, os pontos de coleta foram categorizados em três grupos baseados nestas variáveis. Assim, dentro do universo estudado, riachos foram classificados como tendo baixa (escores da RCE menor do que 180), média (escores entre 180 e 220) e alta integridade (escores acima de 220). O efeito da integridade sobre a beta diversidade foi testado inicialmente através de uma ANCOVA (utilizando a vazão como covariável). O mesmo foi feito para a vazão, neste caso, os riachos foram categorizados da seguinte forma: riachos com baixa (abaixo de 0,1 m³/s), média (entre 0,1 e 0,5 m³/s) e alta vazão (maiores que 0,5 m³/s); e a integridade foi a covariável. Como em ambos os casos, as covariáveis não foram significativas, refizemos as análises utilizando uma ANOVA .

Foi realizada a análise de táxons indicadores (Dufrière & Legendre, 1997) para estabelecer se os táxons que poderiam ser bons indicadores de riachos com diferentes índices de integridade (categorias considerando os escores do RCE) e tamanhos (considerando as categorias de vazão).

Foram utilizados para as análises os softwares: NTSYS 2.1 (Rohlf, 2000), SAM (Rangel *et al.*, 2006), STATISTIC 6.0 (Statsoft, 2001), PC-ORD 4 (McCune & Mefford, 1999). Estimates (Colwell, 1997), Past (Hammer *et al.* 2001)

Resultados

Foram amostrados 3464 ninfas de Ephemeroptera nos 24 pontos coletados, estas estão distribuídas em 4 famílias representadas por 22 gêneros (Tabela 2). A riqueza estimada pelo Jackknife 2, acrescenta 4 gêneros, estimando um total de 26 gêneros para a

região estudada. Os gêneros com maior abundância foram *Americabaetis* (35,48%), *Tricorythopsis* (21%) e *Thraulodes* (8,28%), já *Leptohyphodes*, *Traverella* e *Simothraulopsis* foram os menos abundantes sendo representados apenas por um indivíduo cada.

A análise de agrupamento não conseguiu representar adequadamente a estrutura da fauna de Ephemeroptera (Índice de correlação cofenético de 0.74), por isso o dendrograma não foi apresentado. A ordenação segundo, a Análise de Correspondência Destendenciada também teve dificuldade em resumir as informações da matriz de dados, sendo que o primeiro eixo explicou apenas 20,93% da variabilidade e o segundo 12,84%. Devido à ausência de padrão e a baixa explicabilidade dos eixos, a ordenação também não é apresentada. A dificuldade das análises em resumir os dados, indica que este é um sistema com alta dimensionalidade.

O Teste de Mantel, realizado para testar se a condutividade, escores do RCE, cobertura vegetal, vazão, ação antrópica, altitude e distância geográfica poderiam influenciar a similaridade faunística, mostrou que apenas a distância foi negativamente relacionada com a fauna (Teste de Mantel, $r = -0.2995$; $p = 0.0062$ para 5000 permutações) (Tabela 3).

A regressão múltipla linear mostrou que a riqueza padronizada não foi relacionada a nenhuma das variáveis ambientais mensuradas. Por outro lado, a abundância de Ephemeroptera foi relacionada à vazão (Beta= 0,59; $p = 0,002$) e a condutividade (Beta= -0,39; $p = 0,02$). As abundâncias de *Cloeodes*, *Paracloeodes* e *Hylister* foram positivamente relacionadas com a vazão (Beta= 0,40 e $p = 0,04$; Beta= 0,49 e $p = 0,03$; Beta= 0,73 e $p < 0,001$, respectivamente). A abundância de *Tricorythopsis* foi relacionada com a vazão (Beta= 0,73 e $p < 0,001$) e a condutividade

(Beta= -0,30 e p= 0,03), já as abundâncias de *Traverhypthes* e *Camelobaetidius*, além da vazão (Beta= 0,64 e p= 0,001; Beta= 0,69 e p= 0,001, respectivamente) foram relacionadas negativamente também aos escores de RCE (Beta= -0,39 e p= 0,03; Beta= -0,45 e p=0,001, respectivamente) (Tabela 4). Para os outros gêneros estudados *Americabaetis*, *Baetodes*, *Thraulodes* e *Farrodes*, não houve relação significativa com as variáveis ambientais.

A diversidade beta não diferiu entre riachos com diferentes integridades de habitat (ANOVA, F= 1,8297 p= 0,17; Figura 3) ou entre riachos com diferentes tamanhos (ANOVA, F= 0,8858 p= 0,42; Figura 4). Nenhum táxon foi capaz de indicar riachos com diferentes integridades ou tamanhos.

Discussão

No presente trabalho as análises de agrupamento e ordenações falharam ao tentar resumir a estrutura da fauna de Ephemeroptera. Estas análises podem não ser capazes de representar a estrutura dos dados quando estes apresentam interação entre diversas variáveis e variação estocástica da fauna, o que gera uma alta dimensionalidade (Rodrigues *et. al.* 2002). Quando a distribuição da fauna é sujeita a ação de um grande número de fatores (bióticos e abióticos) pode não ser possível a estruturação de forma ordenada, dificultando a observação de padrões claros (Yokoyama, 2008). Portanto, a fauna de efemeroptera nos riachos estudados é pouco estruturada e deve estar sujeita a um importante componente aleatório.

A fauna de insetos aquáticos é normalmente influenciada por diversos fatores ambientais (tamanho do riacho, integridade de habitat, qualidade da água, cobertura vegetal, tipos de mesohabitats, entre outros) e espaciais (dispersão). Assumindo que os

fatores ambientais locais são importantes determinantes da composição faunística seria esperado que riachos mais parecidos apresentassem faunas mais similares. Os dados do presente trabalho não confirmam esta hipótese, já que riachos com vazões, integridades, condutividades elétricas, altitudes ou ação antrópica semelhantes não apresentaram fauna de Ephemeroptera similares. Por outro lado, foi observado que em riachos mais próximos, as faunas tendem a ser mais parecidas, confirmando a hipótese de autocorrelação espacial da composição faunística. A autocorrelação espacial é um fenômeno comumente detectado em ecologia e no caso do presente trabalho pode estar associada a baixa capacidade de dispersão dos insetos aquáticos em geral, o que possivelmente leva a uma distribuição contagiosa, assim locais mais próximos poderiam apresentar faunas mais similares. Outra possibilidade é a alteração espacial gradual dos fatores ambientais, o que conseqüentemente poderia levar a uma autocorrelação espacial da fauna. Como no presente trabalho, não houve relação entre os fatores ambientais e a similaridade faunística, acreditamos que esta última possibilidade é pouco plausível.

Os estudos sobre insetos aquáticos têm demonstrado um aumento da diversidade alfa (riqueza) de riachos de pequeno porte até aqueles com tamanhos intermediários (Baptista, 1998; Baptista et al., 2001). Considerando especificamente a fauna de Ephemeroptera, Baptista *et al.* (2001) observaram que a riqueza de gêneros de Ephemeroptera aumentou até os riachos de 4º ordem no mês de junho, no entanto, este padrão não ocorreu quando a fauna foi analisada nos meses de abril e outubro, demonstrando que este padrão pode mudar ao longo do tempo. Os dados do presente trabalho mostraram que não houve relação entre o aumento da riqueza padronizada e o tamanho do riacho (vazão), discordando da nossa hipótese inicial. Adicionalmente, esperávamos que a riqueza diminuísse com a redução da integridade ambiental (RCE), e com o aumento da condutividade, a qual pode ser indicadora de poluição orgânica. Ao

contrário do esperado, não houve relação significativa entre estes fatores e a riqueza de Ephemeroptera.

Ao longo de uma bacia, os riachos aumentam seu porte diminuindo a cobertura vegetal sobre seu leito devido ao afastamento das margens. Esse fenômeno leva a um aumento da entrada de energia luminosa, aumentando a produção autotrófica pelo perifiton. O aumento da produção autotrófica em riachos de tamanhos intermediários, juntamente com a matéria orgânica oriunda das margens e dos trechos superiores proporcionam um aumento do aporte de recursos alimentares nestes trechos e conseqüentemente elevam a abundância de insetos aquáticos. Neste sentido, era esperado que a fauna de Ephemeroptera aumentasse a sua abundância com o aumento do riacho. Este pressuposto foi confirmado pelos dados do presente trabalho, uma vez que a abundância foi positivamente relacionada ao tamanho do riacho (vazão). Aliado a isso, tínhamos a hipótese de que além do tamanho do riacho, a condutividade e a queda da integridade ambiental pudessem estar relacionadas positivamente a abundância, uma vez que o aumento na disponibilidade de nutrientes, juntamente com o aumento da entrada de luz, poderia aumentar a produção perifítica e conseqüentemente a disponibilidade de alimento para os insetos. Porém, ao contrário do esperado, não houve relação negativa entre a integridade ambiental e a abundância, demonstrando que a maior entrada de luminosidade em riachos menos íntegros (e conseqüentemente, mais abertos) não traduziu em um incremento da abundância. Já a condutividade, ao contrário do esperado, foi negativamente relacionada à abundância de Ephemeroptera discordando de nossa hipótese inicial. É importante lembrar que o aumento do aporte de nutrientes que em um primeiro momento pode beneficiar os grupos de insetos com a elevação da quantidade de alimento, pode também, ter um efeito negativo sobre a

ocorrência de grupos sensíveis, o que em tese poderia diminuir a abundância de Ephemeroptera.

Dentre os 10 gêneros com maior número de indivíduos, as abundâncias de 4 deles não puderam ser explicadas pela integridade, vazão e/ou condutividade. Por outro lado, as abundâncias de seis gêneros (*Tricorythopsis*, *Cloedodes*, *Paracloeodes*, *Hylister*, *Traverhyphes* e *Camelobaetidius*) apresentaram relação positiva com a vazão, o que demonstra a importância deste fator como determinante da abundância de Ephemeroptera. Além da vazão, as abundâncias de *Traverhyphes* e *Camelobaetidius* também foram negativamente relacionadas com os escores do protocolo RCE e a de *Tricorythopsis* negativamente com a condutividade. A influência da queda da integridade ambiental sobre esses gêneros pode ser explicada pela diminuição da cobertura vegetal, pois o protocolo RCE leva em consideração essa variável aliada a outras como uso da terra e presença de ação antrópica próximo aos riachos, estas características também podem ocasionar o aumento das comunidades periféricas, beneficiando táxons raspadores como *Traverhyphes* e *Camelobaetidius*. A menor abundância de *Tricorythopsis* em riachos com maior condutividade, pode estar ligada a entrada de poluição orgânica no riacho (que pode ser indicada pela maior condutividade), o que pode inibir a presença de táxons sensíveis. Este resultado está de acordo com a posição deste gênero na adaptação de um índice de saprobidade feita por Junqueira *et al.* (2009), os quais consideram que *Tricorythopsis* está relacionado a ambientes com baixa carga de poluição e em geral se mostra sensível as alterações resultantes do aporte de material orgânico.

Como se pode observar o tamanho do riacho é um dos fatores que possuem uma grande influência sobre a fauna aquática. Neste sentido, segundo Clarke *et al.* (2008) pode-se esperar uma queda da beta diversidade conforme se avança no gradiente

longitudinal de uma bacia. De maneira geral, riachos menores diferem muito em relação à inclinação, sequência remanso/corredeira, cobertura vegetal e regime de perturbação gerando com isso uma maior variabilidade entre eles. Já em riachos maiores esses fatores locais apresentam uma influência diluída pelo acúmulo de água de diferentes nascentes e pelas características geomorfológicas da área, refletindo em geral, as características da bacia o que os tornam mais homogêneos. Portanto, é esperado que em riachos de cabeceira (menor porte) deve ser encontrada uma maior beta diversidade de Ephemeroptera em relação a riachos de maior vazão. Ao contrário do esperado, os dados do presente trabalho não corroboram essa hipótese, pois não foi encontrada nenhuma diferença significativa da beta diversidade entre os riachos quando estes foram classificados em pequeno, médio e grande de acordo com sua vazão. De forma semelhante, era esperado que a queda da integridade ambiental gerasse uma diminuição da beta diversidade, uma vez que riachos bastante diferentes, podem se tornar similares devido à remoção da vegetação ripária, uso do solo, entrada de nutrientes e acúmulo de sedimento fino. Os resultados do presente trabalho também não demonstraram a diminuição da beta diversidade de Ephemeroptera com a redução da integridade de habitat. Possivelmente por se encontrarem próximos a áreas de preservação e no geral apresentarem pequenas propriedades agropecuárias ao seu redor, os riachos relacionados como pertencentes às menores integridades dentro do universo estudado, não possuíam perturbação pontual e crônica. Portanto, esse tipo de perturbação difusa provavelmente não foi capaz gerar uma alteração suficientemente grande no habitat a ponto de influenciar as diversidades alfa e beta da fauna estudada.

Referências Bibliográficas

- BAPTISTA, D. F.; DORVILLÉ, L. F. M.; BUSS, D. F.; NESSIMIAN, J. L. & Soares, L. H. J. 1998. Distribuição de comunidades de insetos aquáticos no gradiente longitudinal de uma bacia fluvial do sudeste brasileiro. In: Nessimian, J. L. & Carvalho, A. L. E. (Eds). *Ecologia de insetos Aquáticos*. Series Oecologia. PPGE-UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil. vol. V. pp. 191-207
- BAPTISTA, D. F.; BUSS, D. F.; DORVILLÉ, L. F. M. & NESSIMIAN, J. L. 2001. Diversity and Habitat Preference of Aquatic insects along the longitudinal Gradient of the Macaé River Basin, Rio de Jaaneiro. **Revista Brasileira de Biologia** **61(2)**: 249-258.
- BARBER-JAMES, H. M.; GATTOLLIAT, J.; SARTORI, M. & HUBBARD, M. 2008. Global diversity of mayflies (Ephemeroptera, Insecta) in freshwater. **Hydrobiologia** **595**: 339-350.
- BAUERNFEIND, E. & MOOG, O. 2000. Mayflies (Insecta: Ephemeroptera) and the assessment of ecological integrity: a methodological approach. **Hydrobiologia** **422/423**: 71-83.
- BISPO, P. C. & OLIVEIRA, L. G. 1998. Distribuição espacial de insetos aquáticos (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera), em córregos de cerrado do Parque Ecológico de Goiânia, Estado de Goiás. p. 175-189. In: NESSIMIAN, J. L. & CARVALHO, A. L. (Eds.) Ecologia de Insetos Aquáticos. Rio de Janeiro, Oecol. Bras. Vol. V.
- BISPO, P. C. & OLIVEIRA, L. G.; BINI, L. M. & SOUSA, K. G. 2006. Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera assemblages from riffles in montain

streams of central Brazil: environmental factors influencing the distribution and abundance of immatures. **Brazilian Journal of Biology** **66(2B)**: 611-622.

BISPO, P. C. ; OLIVEIRA, L. G. ; CRISCI, V. L. ; SILVA, M. M. 2001. A pluviosidade como fator de alteração da entomofauna bentônica (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera) em córregos do planalto Central do Brasil. **Acta Limnologica Brasiliensi**, v. 13, n. 2, p. 1-9.

BORCHARDT, D. & STATZNER, B. 1990. Ecological impact of urban stormwater runoff studied in experimental flumes: Population loss by drift availability of refugial space. **Aquatic Science- Research Across Boundaries** **52(4)**: 299-314.

BUFFAGNANI, A. 1997. Mayfly community composition and the biological quality of streams. In: Landolt, P. and Sartori, M. (Eds.). **Ephemeroptera and Plecoptera**. Friburg: MTL. v. 1. pp. 235-246.

CALLISTO, M. 2000. Macroinvertebrados bentônicos. In: Bozelli, R.L.; Esteves, F.A. & Roland, F. Lago Batata: impacto e recuperação de um ecossistema amazônico. Eds. IB-UFRJ/SBL. Rio de Janeiro, 139-152pp.

CALLISTO, M.; GONÇALVES, J. F. & MORENO, P. 2005. Invertebrados Aquáticos como Bioindicadores. In: Goulart, E. M. A. (Eds.). Navegando o Rio das Velhas das Minas aos Gerais, 555-567.

CLARKE, A.; NALLY, R. M.; BOND, N. & LAKE, P. S. 2008. Macroinvertebrate diversity in headwater streams: a review. **Freshwater Biology** **53**: 1707-1721.

COLWELL R. K. (1997) EstimateS: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples. User's Guide and Application. <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>.

- COLWELL R. K. & CODDINGTON J. A. (1994) Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions Royal Society of London Series B*, 345, 101±118.
- CRISCI-BISPO, V. L.; BISPO, P. C.; & FROEHLICH, C. G. 2007. Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera assemblages in two Atlantic Rainforest streams, Southeastern Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia** **24(2)**: 312-318.
- DA-SILVA, E. R., SALLES, F. F., BAPTISTA, M. S. 2002. As brânquias do gênero *Leptophlebiidae* (Insecta: Ephemeroptera) ocorrentes no Estado do Rio de Janeiro. *Biota Neotropica* 2 (2): <http://www.biotaneotropica.org.br/v2n2/pt/abstract?article+BN00902022002>.
- DINIZ-FILHO, J. A. F. & BINI, L. M. 1996. Assessing the relationship between multivariate community structure and environmental variables. *Marine Ecology Progress Series* 143: 303-306.
- DOMINGUEZ, E.; HUBBARD, M. D.; PESCADOR, M. L.; MOLINERI, C. 2001. Ephemeroptera. P. 17-53. In: FERNANDEZ, H. R. & DOMINGUEZ, E. (Eds.). **Guia para la determinación de los Artrópodos Bentónicos Sudamericanos**. Série, Investigaciones de la UNT, Ciencias Exatas y Naturales. Editorial Universitaria de Tucumán, Tucumán, Argentina.
- DOMINGUEZ, E.; MOLINERI, C.; PESCADOR, M. L.; HUBBARD, M. D & NIETO, C. 2006. **Ephemeroptera of South America**. In: Adis, J., Arias, L., R., Rueda-Delgado, G. & K. M. Wantzen (Eds.): *Aquatic Biodiversity in Latin America* (ABLA). Vol2. Pensoft, Sofia-Moscow, 646 pp.

- DUFRENE, M. & LEGENDRE, P. 1997. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. **Ecological Monographs** **67**: 345-366.
- GAUCH, H. G., Jr. 1982. Multivariate analysis in community ecology. Cambridge University Press, Cambridge. 108 pp
- GOULART, M.D. & CALLISTO, M. 2003. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. *Revista FAPAM* (no prelo).
- GOULART, M. & CALLISTO, M. 2005. Mayfly diversity in the Brazilian tropical headwaters of Serra do Cipó. **Brazilian Archives of Biology and Technology** **48(6)**: 983-996.
- HAMMER, O.; HARPER, D. A. T. & RIAN, P. D. 2001. Past: Palaeontological statistics software package for education and data analysis. Version. 1.37. Disponível em: http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm.
- HEINO, J. 2009. Biodiversity of Aquatic Insects: Spatial Gradients and Environmental Correlates of Assemblage-Level Measures at Large Scales. *Freshwater Reviews* **2(1)**: 1-29
- JUNQUEIRA, M. V.; FRIEDRICH, G. & ARAUJO, P. R. P. 2009. A saprobic index for biological assessment of river water quality in Brazil (Minas Gerais and Rio de Janeiro states). **Environ Monit Assess** (2010) **163**:545–554.
- KARR, J. R. 2005. Sustaining living systems: challenge for the twenty-first century. 15th meeting of the Italian Society of Ecology.
- LEGENDRE, P. & LEGENDRE, L. 1998. Numerical Ecology. Developments in Environmental Modelling, 20; New York, Elsevier. XV + 853p.

- LIND, O. T. 1979. Handbook of Common Methods in Limnology. London, Cambridge The C. V. Mosby Company. 199p.
- MAGURRAN, A. E. 2004. **Measuring biological diversity**. Oxford, Blackwell Publishing. 206p
- MALMQVIST, B. & Rundle, S. 2002. Threats to running water ecosystems of the world. **Environmental Conservation 29(2)**: 134-153.
- MCCUNE, B. & MEFFORD, M. J. 1999. Multivariate Analysis of Ecological Data. Version 4.
- MELO, A. S. & FROEHLICH, C. G. 2001. Macroinvertebrates in neotropical streams: richness patterns along a catchment and assemblage structure between 2 seasons. **Journal of the North American Benthological Society 20(1)**:1-16.
- MELO, S. M.; TAKEDA, A. M. & MONKOLSKI, A. 2002. Seasonal dynamics of *Callibaetis willineri* (Ephemeroptera, Baetidae) associated with *Eichhornia azurea* (Pontedericeae) in Guaraná Lake of the Upper Paraná River, Brazil. **Hydrobiologia (470)**: 57-62.
- MELO, S. M.; TAKEDA, A. M.; GRZYBKOWSKA, M. & MONKOLSKI, A. 2004. Distribution of Ephemeroptera nymphs associated with different stolon sections of *Eichhornia azurea* (Schwartz) in two floodplain lakes of Upper Paraná River (Brazil). **Polish Journal of Ecology, Polônia 52(3)**: 369-376.
- NESSIMIAN, J. L.; VENTICINQUE, E. M.; ZUANON, J.; DE MARCO JR, P.; GORDO, M.; FIDELIS, L.; BATISTA & JUAN, L. 2008. Land use, habitat integrity, and aquatic insects in Central Amazonian streams. **Hydrobiologia 614**: 117-131.

- PERES-NETO, P. R.; LEGENDRE, P.; DRAY, S. & BOCARD, D. 2006. Variation partitioning of species data matrices: estimation and comparison of fractions. **Ecology** **87(10)**: 2614-2625
- PETERSEN, R. C. 1992. "The RCE: a Riparian, Channel, and Environmental Inventory for Small Streams in the Agricultural Landscape." **Freshwater Biology** **27**: 295 - 306.
- RANGEL, T. F. L. V. B.; DINIZ-FILHO, J. A. F. & BINI, L. M. 2006. Towards an integrated Computational Tool for Spatial Analysis in Macroecology and Biogeography. **Global Ecology and Biogeography** **15**: 321-327.
- RIBEIRO, L. & UIEDA, V. S. 2005. Estrutura da comunidade de Macroinvertebrados Bentônicos de um Riacho de Serra em Itatinga, São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia** **22(3)**: 613-618.
- RODRIGUES, F. M.; DINIZ-FILHO, J. A. F.; BATAUS, L. A. M. & BASTOS, R. P. 2002. Hypothesis testing of genetic similarity based on RAPD data using Mantel tests and model matrices. **Genetics and Molecular Biology**, **25(4)**: 435-439.
- ROHLF, 2000. NTSYS 2.1: **Numerical taxonomy and multivariate analysis system**. New York, Exeter software.
- ROMESBURG, H. C. 1984. Cluster Analysis for Researchers. Malabar, Robert E. Krieger Publishing Company. XV + 334p.
- SALLES, F. F. ; Da-SILVA, E.R. ; SERRÃO, J.E. ; FRANCISCHETTI, C. N. 2004. Baetidae (Ephemeroptera) na Região Sudeste do Brasil: novos registros e chave para os gêneros no estágio ninfal. *Neotropical Entomology*, Curitiba, v. 33, n. 5, p. 725-735.
- STATSOFT, INC. 2001. **Statistica, version 6.0**. Tulsa, Stat Soft Inc.

STRAHLER, H. N. 1957. Quantitative analysis of watershed geomorphology. Amer. Geophys. Unio Trans. 33: 913-920.

VANNOTE, R. L.; MINSHALL, G. W.; CUMMINS, K. W. L.; SEDELL, J. R. & CUSHING, C. E. 1980. The River Continuum Concept. Can. J. Fish. Aquatic Sciences 37: 130-137.

YOKOAMA, E. Distribuição de Trichoptera Kirby, 813 (Insecta) em riachos de Mata Atlântica da Serra de Paranapiacaba, Estado de São Paulo, Brasil. . **Dissertação de Mestrado**. Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Ribeirão Preto. p 70.

Figuras e tabelas



Fig. 1. Mapa do Estado de São Paulo com destaque para o Parque Estadual da Serra do Mar e as projeções dos Núcleos Santa Virgínia (NSV) e Cunha-Indaiá (NCI).

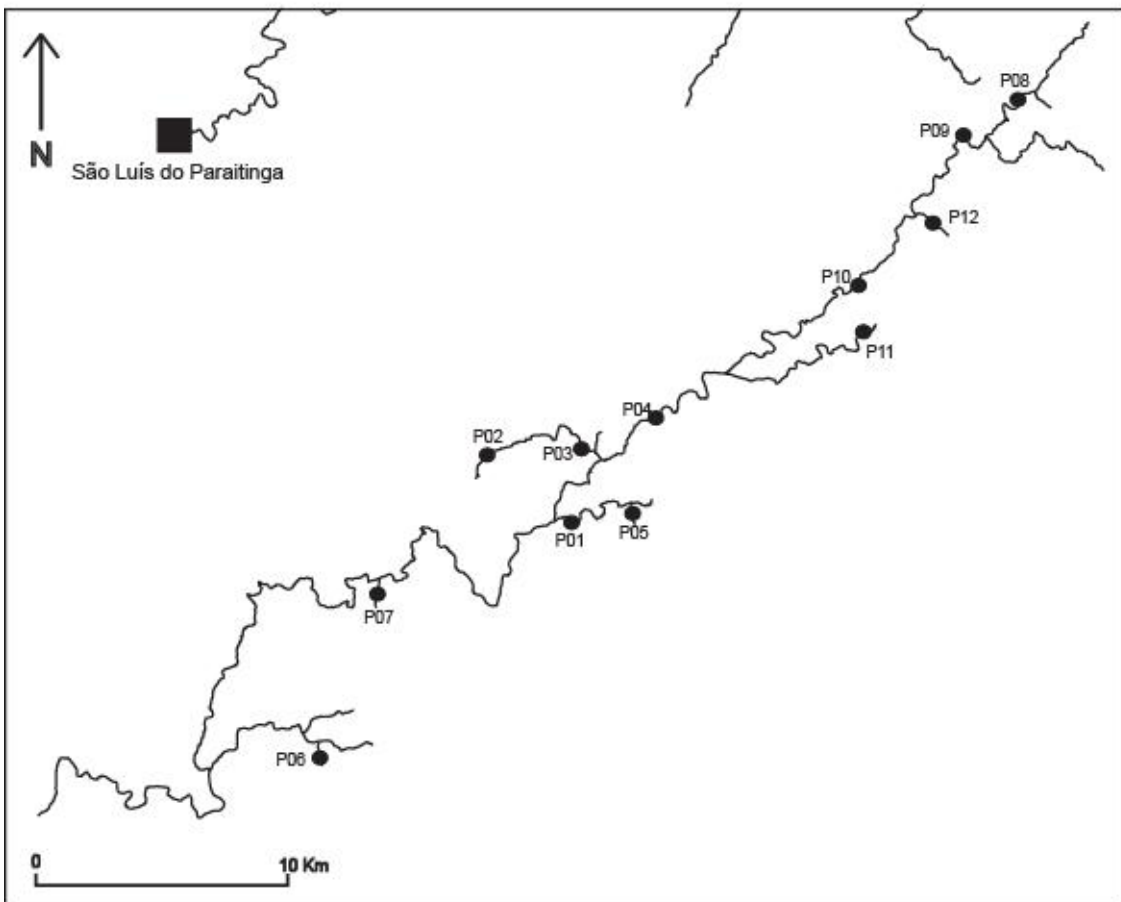
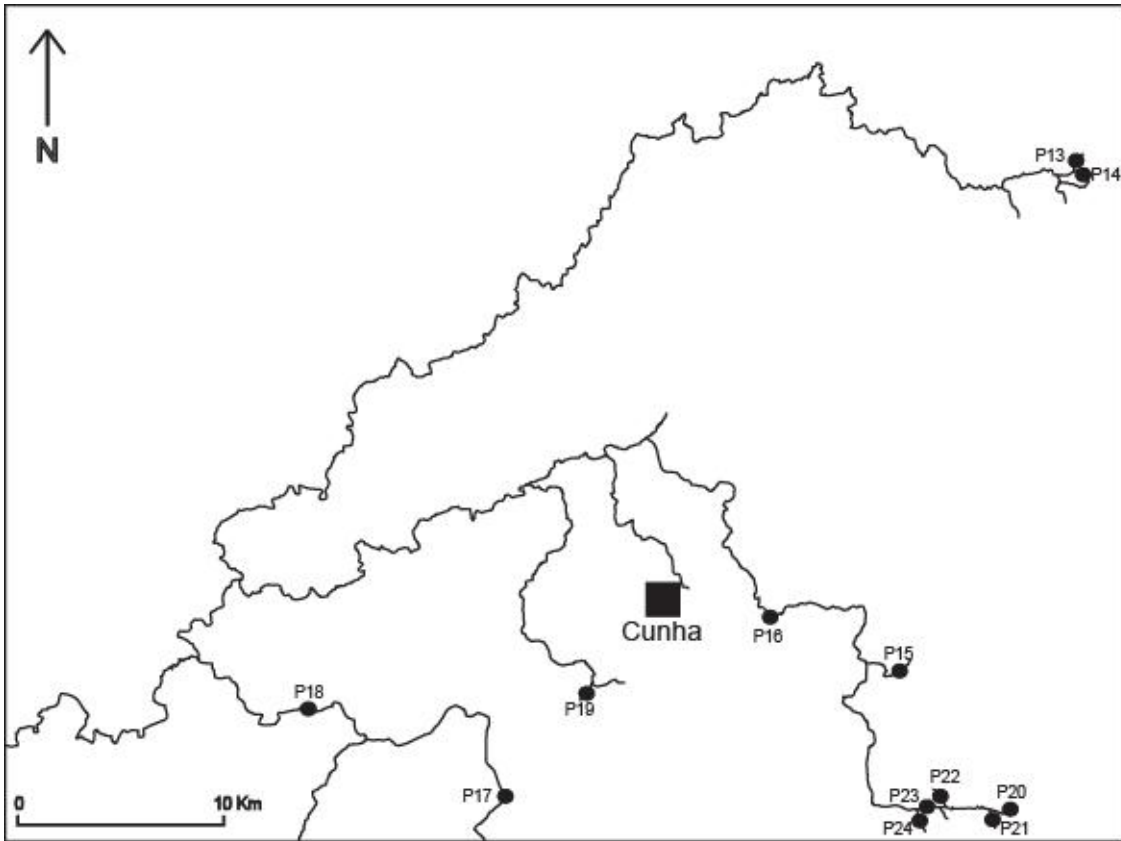


Fig. 2. Mapas dos Núcleos Santa Virgínia Cunha-Indaiá indicando os 24 riachos de coleta (P1 a P24).

*Imagem cedida por Marcos Carneiro Novaes.

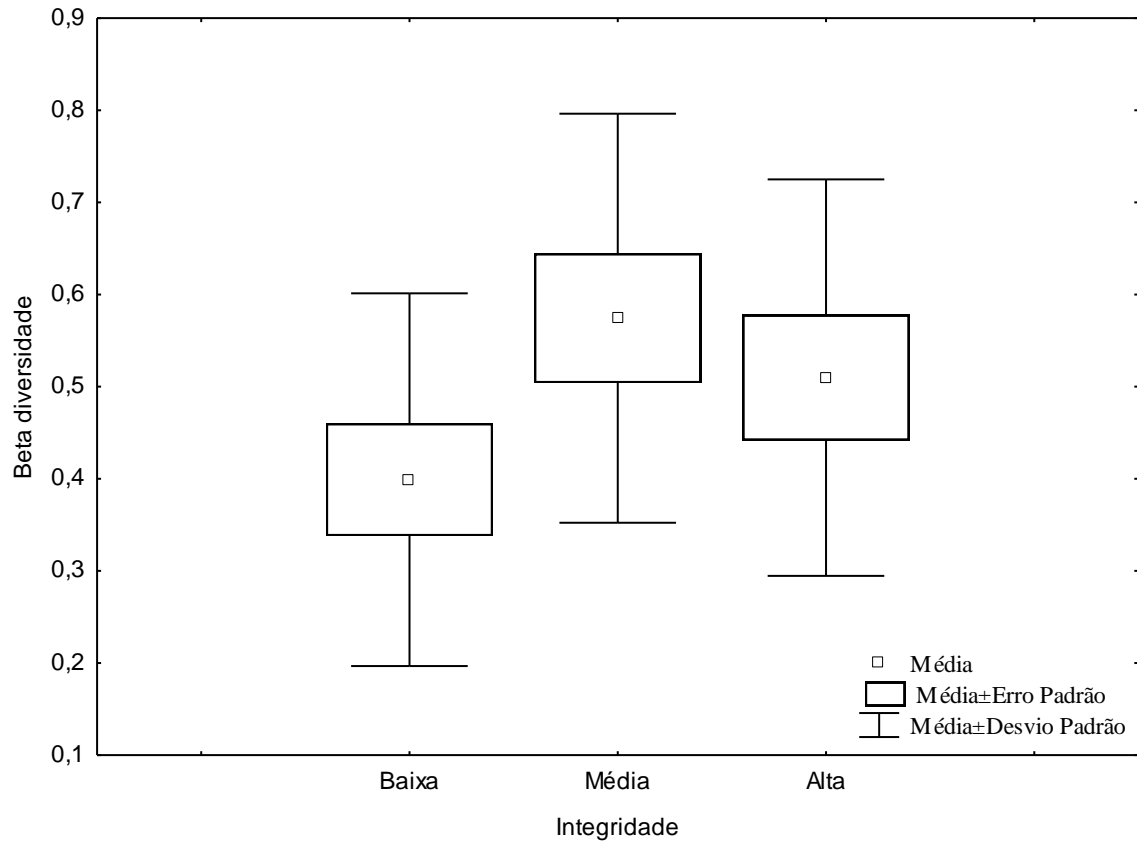


Figura 3. Gráfico mostrando a beta diversidade (1-Morisita) para 24 riachos, distribuídos em três categorias de integridade ambiental (Baixa, Média, Alta), no Norte da Serra do Mar, Estado de São Paulo, em outubro de 2006 e outubro-novembro de 2007.

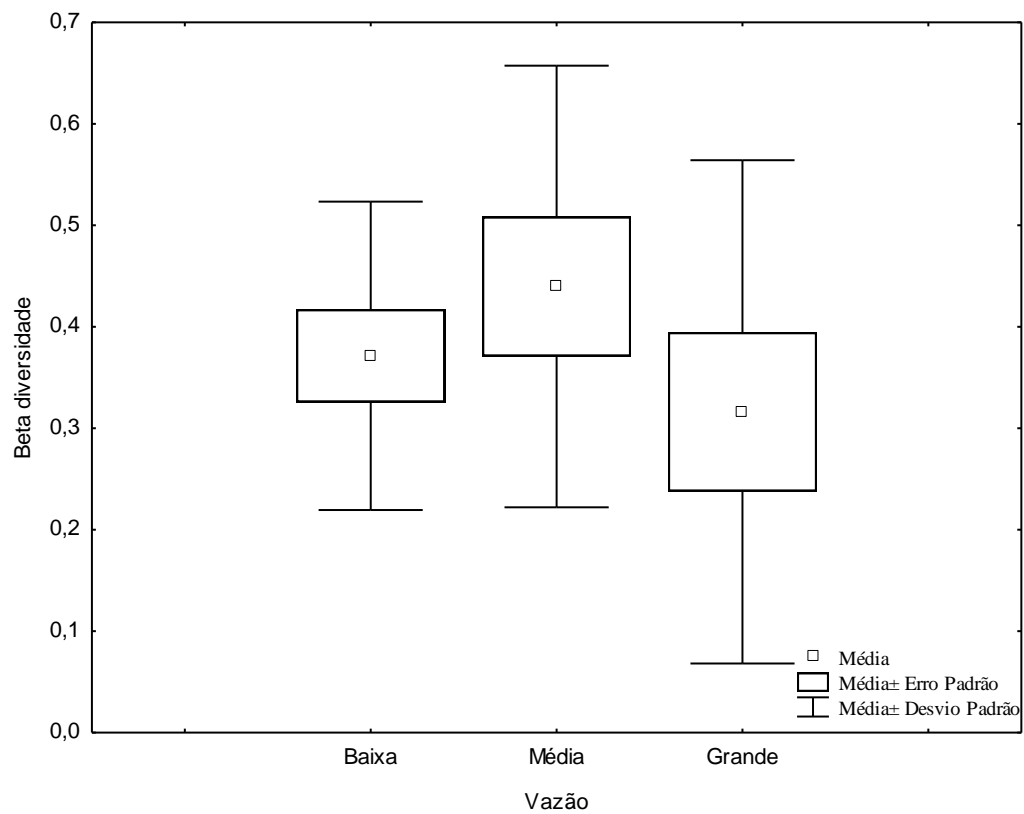


Figura 4. Gráfico mostrando a beta diversidade (1-Morisita) para 24 riachos, distribuídos em três categorias vazão (Baixa, Média, Grande), no Norte da Serra do Mar, Estado de São Paulo, em outubro de 2006 e outubro-novembro de 2007.

Tabela 1. Coordenadas geográficas, valores de pH, oxigênio dissolvido (OD), temperatura da água (TEMP), condutividade elétrica (COND), vazão, altitude, cobertura vegetal (CV) (escala de 1= de 0 a 20%, 2= de 21% a 40%, 3= de 41% a 60%, 4= de 61% a 80%; 5= de 81% a 100%) e valores de integridade ambiental (RCE) Registrados em 24 riachos da Serra do Mar, dos Núcleos Santa Virgínia e Cunha-Indaiá, SP, em outubro de 2006 e outubro e novembro de 2007.

¹Riachos localizados em áreas protegidas, sem nenhum vestígio de atividade antrópica

²Riachos sob influência de atividade pecuária

³Riachos sobre influência antrópica difusa

Riachos	Coordenadas geográficas	OD		TEMP	COND	Vazão	Altitude		RCE
		pH	(mg . l ⁻¹)	(°C)	(µS . cm ⁻¹)	(m ³ s ⁻¹)	(m)	(CV)	
P1¹	S 23°20'59" W 45°0.9'13"	6,47	9,7	18	0,01	0,952	847	3	265
P2³	S 23°19'46" W 45°11'14"	6,5	9,54	18,8	0,011	0,155	888	3	147
P3²	S 23°19'31" W 45°0.8'38"	6,52	9,83	18,7	0,012	0,062	890	5	138
P4¹	S 23°18'46" W 45°0.7'13"	6,3	9,18	16,9	0,012	0,0545	907	1	250
P5¹	S 23°20'37" W 45°0.7'44"	6,3	9,13	16,7	0,06	0,028	912	1	250
P6³	S 23°26'22" W 45°14'53"	5,8	9,42	17,9	0,012	0,166	794	3	215
P7²	S 23°22'52" W 45°13'34"	6,8	9,65	17,4	0,016	0,287	833	5	165
P8³	S 23°11'42" W 44°59'08"	6,7	8,84	19,9	0,017	0,734	1106	3	260
P9³	S 23°12'35" W 45°00'35"	6,73	8,31	20,2	0,016	2,384	1063	3	160
P10³	S 23°15'46" W 45°02'46"	6,98	9,08	20,3	0,014	2,361	1010	3	245
P11¹	S 23°16'53" W 45°02'35"	6,5	9,5	17,7	0,08	0,79	947	3	260
P12¹	S 23°14'21" W 45°00'54"	6,76	9,12	16,9	0,09	0,027	1053	1	255
P13³	S 22°55'06" W 44°48'24"	6,97	6,38	23,8	0,58	0,371	980	2	245
P14³	S 22°55'08" W 44°48'23"	7,06	7,78	23,4	0,018	0,024	986	3	205
P15³	S 23°06'12" W 44°52'05"	6,63	8,5	20,5	0,013	0,243	1082	3	240
P16³	S 23°05'12" W 44°55'00"	6,52	8,94	23	0,021	0,007	902	1	134
P17²	S 23°09'16" W 45°01'07"	6,86	8,45	23,9	0,03	0,118	968	4	163
P18³	S 23°07'31" W 45°05'54"	6,21	5,52	21,1	0,034	0,008	806	3	206
P19²	S 23°06'56" W 45°00'20"	6,74	7,61	25,1	0,035	0,016	872	4	185
P20³	S 23°09'01" W 44°49'14"	6,71	9,3	17,4	0,01	0,014	1440	3	165
P21³	S 23°09'15" W 44°49'44"	6,52	9,16	17,7	0,08	0,016	1374	4	151
P22³	S 23°09'04" W 44°50'49"	6,49	9,1	21	0,13	0,015	1270	2	200
P23³	S 23°09'06" W 44°50'48"	6,56	8,52	21,3	0,01	0,012	1274	4	160
P24³	S 23°09'17" W 44°51'20"	6,64	9,73	18,9	0,03	0,188	1257	2	215

Tabela 2. Composição, número de indivíduos e abundância relativa (%) da comunidade de ninfas de Ephemeroptera coletadas em riachos do Parque estadual da Serra do Mar, núcleos Santa Virgínia e Cunha – Indaiá, Estado de São Paulo, em outubro de 2006 e outubro e novembro de 2007.

Táxons	Total	%
Baetidae		
<i>Americabaetis</i> Kluge, 1992	1229	35,48
<i>Apobaetis</i> Day, 1955	4	0,11
<i>Baetodes</i> Needham & Murphy, 1924	181	5,22
<i>Camelobaetidius</i> Demoulin, 1966	101	2,91
<i>Cloeodes</i> Traver, 1938	196	5,65
<i>Paracloeodes</i> Day, 1955	133	3,84
<i>Rivudiva</i> Lugo-Ortiz & McCafferty, 1998	3	0,08
<i>Tupiara</i> Salles <i>et al.</i> , 2003	65	1,87
<i>Zelusia</i> Lugo-Ortiz & McCafferty, 1998	23	0,66
Leptophlebiidae		
<i>Askola</i> Peters, 1969	11	0,14
<i>Farrodes</i> Peters, 1969	155	4,47
<i>Hagenulopsis</i> Ulmer, 1920	64	1,84
<i>Hylister</i> Dominguez & Flowers, 1989	124	3,58
<i>Massartella</i> Lestage, 1930	5	0,14
<i>Simothraulopsis</i> Demoulin, 1966	1	0,02
<i>Traverella</i> Ulmer, 1920	1	0,02
<i>Thraulodes</i> Ulmer, 1920	287	8,28
Leptohyphidae		
<i>Leptohyphes</i> Eaton, 1882	20	0,57
<i>Leptohyphodes</i> Ulmer, 1920	1	0,02
<i>Traverhyphes</i> Molineri, 2001	101	2,91
<i>Tricorythopsis</i> Traver, 1958	729	21
Euthyplociidae		
<i>Campylocia</i> Needham & Murph, 1924	30	0,86
Total	3464	100,0

Tabela 3. Análise de correlação entre matrizes de similaridade de Morisita- Horn e matrizes hipóteses, através do Teste de Mantel Parcial com 5000 permutações.

Matriz Hipótese	R	p
Vazão	-0.11244	0.1054
Cobertura Vegetal	0.04214	0.3877
Escores Ambientais (RCE)	0.05574	0.2112
Ação Antrópica	0.07273	0.2921
Condutividade	-0.16269	0.0990
Distância Geográfica	-0.29950	0.0062
Altitude	-0.01340	0.4065

Tabela 4. Resultados da análise de regressão múltipla dos atributos da fauna de Ephemeroptera (abundância, riqueza padronizada e gêneros mais abundantes) e as variáveis: vazão, condutividade, índice de integridade ambiental.

Fatores	Beta	p
Abundância		
Condutividade	-0,392530	0,023762
Vazão	0,593731	0,002104
Escore ambiental	-0,072952	0,677338
Abundancia de <i>Cloeodes</i>		
Condutividade	-0,307324	0,107179
Vazão	0,401925	0,048248
Escore ambiental	0,288342	0,157285
Abundancia de <i>Camelobaetidius</i>		
Condutividade	0,053891	0,767286
Vazão	0,692350	0,001501
Escore ambiental	-0,454400	0,029247
Abundancia de <i>Paracloeodes</i>		
Condutividade	-0,083344	0,691288
Vazão	0,495318	0,033466
Escore ambiental	-0,255112	0,265704
Abundancia de <i>Tricorythopsis</i>		
Condutividade	-0,307957	0,036246
Vazão	0,732149	0,000056
Escore ambiental	-0,036237	0,808763
Abundancia de <i>Hylister</i>		
Condutividade	-0,246414	0,121413
Vazão	0,730569	0,000184
Escore ambiental	-0,271058	0,114134
Abundancia de <i>Traverhyphes</i>		
Condutividade	-0,245407	0,152744
Vazão	0,642989	0,001371
Escore ambiental	-0,392415	0,039174

ANEXO I

Protocolo de avaliação física de riachos para obtenção dos escores de integridade ambiental dos riachos da Serra do Mar, Estado de São Paulo

1) Padrão de uso da terra além da zona de vegetação ribeirinha

1. cultivos agrícolas de ciclo curto (1)
2. pasto (7)
3. cultivos agrícolas de ciclo longo (15)
4. vegetação com espécies pioneiras (20)
5. floresta ombrófila íntegra (30)

2) Largura da mata ciliar

1. vegetação arbustiva e ciliar ausente (1)
2. mata ciliar ausente com alguma vegetação arbustiva (5)
3. mata ciliar bem definida de 1 a 5m de largura (10)
4. mata ciliar bem definida de 5 a 30m de largura (17)
5. mata ciliar bem definida com mais de 30 m de largura (22)
6. continuidade de mata ciliar com floresta adjacente (30)

3) Estado de preservação da mata ciliar

1. cicatrizes profundas com barrancos ao longo do seu comprimento (1)
2. quebra frequente com algumas cicatrizes e barrancos (10)
3. quebra ocorrendo em intervalos maiores de 50m (20)
4. mata ciliar intacta sem quebras de continuidade (30)

4) Estado da mata ciliar dentro de uma faixa de 10m

1. vegetação constituída de grama e poucos arbustos (1)
2. mescla de grama com algumas árvores pioneiras e arbustos (5)
3. espécies pioneiras mescladas com árvores maduras (10)
4. mais de 90% da densidade é constituída de árvores não pioneiras ou nativas (15)

5) Dispositivos de retenção

1. canal livre com poucos dispositivos de retenção (1)
2. dispositivo de retenção solto movendo-se com o fluxo (5)
3. rochas e/ ou tronco presentes, mas preenchidos com sedimento (6)
4. canal com rochas e/ ou troncos firmemente colocadas no local (10)

6) Sedimentos no canal

1. canal dividido em tranças ou rio canalizado (1)
2. barreira de sedimento e pedras, areia e silte comuns (4)
3. algumas barreiras de cascalho e pedra bruta e pouco silte (6)
4. canal com rochas e/ ou troncos firmemente colocadas no local (10)

7) Estrutura do barranco do rio

1. barranco instável com solo e areia soltos, facilmente perturbável (1)
2. barranco com solo livre e uma camada esparsa de grama e arbustos (4)
3. barranco firme, coberto por grama e arbustos (6)
4. barranco estável de rochas e/ ou solo firme, coberto de grama, arbustos e raízes (10)

8) Escavação sob o barranco

1. escavações severas ao longo do canal, com queda de barrancos (1)
2. escavações frequentes (3)

3. escavações apenas nas curvas e constrições (6)
4. pouca ou nenhuma evidência, ou restrita a áreas de suporte de raízes (10)

9) Leito do rio

1. fundo uniforme de silte e areia livres, substrato de pedra ausente (1)
2. fundo de silte, cascalho e areia em locais estáveis (5)
3. fundo de pedra facilmente móvel, com pouco silte (10)
4. fundo de pedras de vários tamanhos, agrupadas, com interstício óbvio (15)

10) Áreas de corredeiras e poções ou meandros

1. meandros e áreas de corredeiras/ poções ausentes ou rio canalizado (1)
2. longos poções separando curtas áreas de corredeiras, meandros ausentes (5)
3. espaçamento irregular (10)
4. distintas, ocorrendo em intervalos de 5 a 7 vezes a largura do rio (15)

11) Vegetação aquática

1. algas emaranhadas no fundo, plantas vasculares dominam o canal (1)
2. emaranhados de algas, algumas plantas vasculares e poucos musgos (4)
3. emaranhados de algas, algumas plantas vasculares semi-aquáticas ou aquáticas ao longo da margem (6)
4. quando presente consiste de musgos e manchas de algas (10)

12) Detritos

1. sedimento fino anaeróbio, nenhum detrito bruto (1)
2. nenhuma folha ou madeira, matéria orgânica bruta e fina com sedimento (3)
3. pouca folha e madeira, detritos orgânicos finos, floculentos, sem sedimento (5)

4. principalmente folhas e material lenhoso com sedimento (7)
5. principalmente folhas e material lenhoso sem sedimento (10)

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)