

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS – UFGD

FACULDADE DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E AMBIENTAIS – FCBA

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENTOMOLOGIA E CONSERVAÇÃO DA
BIODIVERSIDADE**



**DIVERSIDADE FUNCIONAL E RIQUEZA DE TÁXONS DE
MACROINVERTEBRADOS EM CÓRREGOS NA REGIÃO NEOTROPICAL**

EMÍLIO COLZANI

DOURADOS – MS

MAIO – 2011

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS – UFGD
FACULDADE DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E AMBIENTAIS – FCBA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENTOMOLOGIA E CONSERVAÇÃO DA
BIODIVERSIDADE

DIVERSIDADE FUNCIONAL E RIQUEZA DE TÁXONS DE
MACROINVERTEBRADOS EM CÓRREGOS NA REGIÃO NEOTROPICAL

EMÍLIO COLZANI

ORIENTADOR

PROF. DR. FABIO DE OLIVEIRA ROQUE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade, da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Entomologia e Conservação da Biodiversidade.

DOURADOS – MS

MAIO – 2011

592 Colzani, Emílio.
C727d Diversidade funcional e riqueza de táxons de
macroinvertebrados em córregos na região Neotropical. /
Emílio Colzani. – Dourados, MS : UFGD, 2011.
97 f.

Orientador: Prof. Dr. Fabio de Oliveira Roque.
Dissertação (Pós-Graduação em Entomologia e
Conservação da Biodiversidade) – Universidade Federal da
Grande Dourados.

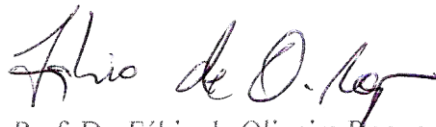
1. Insetos aquáticos. 2. Atributos funcionais. 3.
Biomonitoramento. 4. Conservação. I. Título.

“Diversidade funcional e riqueza de táxons de macroinvertebrados em córregos na região Neotropical”

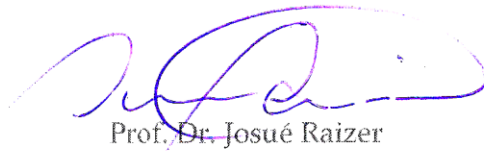
Por

EMÍLIO COLZANI

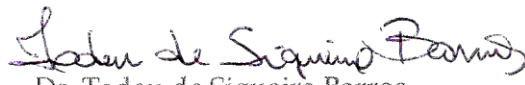
Dissertação apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD),
como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de
MESTRE EM ENTOMOLOGIA E CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE
Área de Concentração: Entomologia



Prof. Dr. Fábio de Oliveira Roque
Orientador - UFGD



Prof. Dr. Josué Raizer
Membro Titular – UFGD



Dr. Tadeu de Siqueira Barros
Membro Titular – UFG

Aprovado em: 06 de Maio de 2011

Às Anas de minha vida, Sophia e Paula

AGRADECIMENTOS

Assim como um filho que sai direta ou indiretamente de nossas entranhas, assim é um projeto de pesquisa, cuidamos com todo carinho, alimentamo-lo com dados, cálculos, informações e conhecimentos de outrem, vemo-lo crescer bruto, mas saudável, para, no tempo e na medida certa, moldá-lo de forma que transmita sua sabedoria a todos os interessados.

Mas nada disso é feito solitariamente, portanto agradeço:

Ao carinho, amor, apoio e incentivo recebido pelos meus pais, durante toda minha vida;

Ao Programa de Pós-Graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade da Universidade Federal da Grande Dourados pelo acolhimento;

Ao Prof. Fabio, pela oportunidade, confiança e ensinamentos na vida profissional;

Aos demais professores do Programa de Pós-Graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade e da Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais da Universidade Federal da Grande Dourados pelos ensinamentos transmitidos;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pelo financiamento do projeto e pela bolsa concedida;

A Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul – FUNDECT, pelo financiamento do projeto;

Ao Programa Nacional de Cooperação Acadêmica – PROCAD, pela bolsa de intercambio nacional, que possibilitou um amplo conhecimento na área, além do contato com excelentes profissionais;

Ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, pela permissão em coleta através do Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade (SISBIO);

A graduanda Tatiene Zenni, pelo auxílio nas triagens das amostras, montagem e identificação inicial dos exemplares de Chironomidae;

A doutoranda Melissa Ottoboni Segura do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação dos Recursos Naturais da UFSCar, pelo auxílio na identificação dos exemplares de Coleoptera;

Ao mestrando Rafael Moretto do Programa de Pós-Graduação Entomologia da USP – Ribeirão Preto, pelo auxílio na identificação dos exemplares de Trichoptera;

Ao doutorando Lucas Silveira Lecci do Programa de Pós-Graduação em Entomologia da USP – Ribeirão Preto, pelo auxílio na identificação dos exemplares de Plecoptera;

A doutoranda Suzana Cunha Escarpinati do Programa de Pós-Graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade – UFGD, pelo auxílio na identificação dos exemplares de Chironomidae, Ephemeroptera, Oligochaeta e Mollusca;

Ao mestrando Marciel Elio Rodrigues, do Programa de Pós-Graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade pelo auxílio na identificação dos imaturos de Odonata;

Ao Técnico Administrativo Emerson Pereira da Silva do Museu da Biodiversidade da Universidade Federal da Grande Dourados – MUBio, pelo auxílio em laboratório (difícil agradecer por coisas específicas, pois o cara ajudava em tudo!!! Valeu Emerson);

Aos meus colegas de laboratório Suzana, Marciel, Paulo, Tatiene, Emersom, Letícia, Mírian, Thiago Motta, Jean, Carla, Tathiane, Greice, Gabriela, pela convivência;

Aos demais colegas de mestrado pelos bons momentos nos estudos e no lazer;

Aos funcionários do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade em Bonito, MS, Fernando C. Villela, Ivan Salzo e Marilene R. Padilha, pela atenção e disponibilidade em acompanhar as expedições;

Aos proprietários das fazendas Pitangueiras, Califórnia, Palmeirinhas por disponibilizar o acesso, aos administradores Neil (Pitangueiras) e José Carlos (Califórnia) e demais funcionários pelo acolhimento;

Aos meus irmãos André, Letícia e Lucílio, meus sobrinhos Bruno, Eduardo e Ana Luíza;

Aos meus sogros, que têm meu respeito de filho, bem como, meus cunhados Camila, Roberta, Gustavo, e concunhados Júnior e Marcelo;

Aos meus grandes amigos Odair, Rudlaine, Manoel, Hugo, Márcio “Cachops”, Rapha, Roberto “Gaguê”, Ronivalter, Ederson, Fernando Hoston, Marcim, Saraivinha, Neno “Das Caverna”, Micheloni, Alessandro Hidalgo, Cristian, simplesmente por serem meus amigos, pois isso já faz muita diferença;

A Rudlaine, que, só por ser quem é, já mereceria uma dissertação de agradecimentos;

Aos novos amigos que conquistei nessa minha nova etapa: Sílvia (Sil), Suzana, Fabio, Raquel, Luana, Jasmin, Manuzituz, Rogério, Tiagos Auko e Dolacio, Bhrenno, Rafael “Rato”, Carol, Eveline, Felipe, Murilo, Luna, Vítor, Carol, Amanda, Ana Letícia, Thales, Bia, Ariela, “Garaia”, Paulinho, Roberto, Zambão, Guilherme Dalponti, Tatiene, Thaline, San, Stanley, Marciel, Emersom, Jean, Gustavo, Adna, Paulino, Silvia, Eduardo “Sono”, entre outros que estamos sempre conquistando...

Muito Obrigado!!

“PARA NOSSA VÃ REALIDADE, TUDO QUE EXISTE,
SÓ ‘EXISTE’ PORQUE SABEMOS QUE EXISTE”

SUMÁRIO

RESUMO.....	01
ABSTRACT.....	02
INTRODUÇÃO GERAL.....	03
CAPÍTULO 1. DIVERSIDADE FUNCIONAL DE INSETOS AQUÁTICOS COINCIDEM COM MUDANÇAS NA PAISAGEM, NO ESPAÇO OU NO AMBIENTE, NA REGIÃO DE MATA ATLÂNTICA?	
ABSTRACT.....	09
RESUMO.....	10
INTRODUÇÃO.....	10
MÉTODOS.....	13
ÁREA DE ESTUDO.....	13
BASE DE DADOS BIOLÓGICA.....	14
CATEGORIZAÇÃO FUNCIONAL, MÉTRICAS DE PAISAGEM, VARIÁVEIS MACRO-REGIONAIS E LOCAIS.....	14
RESULTADOS.....	17
DISCUSSÃO.....	21
AGRADECIMENTOS.....	24
LITERATURA CITADA.....	24
CAPÍTULO 2. DIVERSIDADE FUNCIONAL DE MACROINVERTEBRADOS EM CÓRREGOS CÁRSTICOS NO PLANALTO DA BODOQUENA, BRASIL	
ABSTRACT.....	32
RESUMO.....	33
INTRODUÇÃO.....	33
MÉTODOS.....	35
LOCAL DE ESTUDO.....	35
ABORDAGEM METODOLÓGICA.....	36
VARIÁVEIS LOCAIS E MÉTRICAS DE PAISAGEM.....	36

CATEGORIZAÇÃO FUNCIONAL.....	37
PADRÕES DE DIVERSIDADE E RELAÇÃO COM VARIÁVEIS AMBIENTAIS.....	39
RESULTADOS.....	39
DISCUSSÃO.....	41
AGRADECIMENTOS.....	43
REFERÊNCIAS.....	43
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	48
MATERIAL SUPLEMENTAR CAPÍTULO 1.....	50
MATERIAL SUPLEMENTAR CAPÍTULO 2.....	64
MATERIAL SUPLEMENTAR (NORMAS PARA PUBLICAÇÃO).....	77

CAPÍTULO 1. DIVERSIDADE FUNCIONAL E VARIABILIDADE TAXONÔMICA DE INSETOS AQUÁTICOS COINCIDEM COM MUDANÇAS NA PAISAGEM, NA REGIÃO DE MATA ATLÂNTICA?

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Atributos funcionais analisados, adaptados de Merrit <i>et al.</i> (2008), Vieira <i>et al.</i> (2006), Poff <i>et al.</i> (2006), Barbour <i>et al.</i> (1999), Calor (comunicação pessoal).....	14
Tabela 2. Valores obtidos por Principal Component Analysis (PCA), para as variáveis de paisagem (Preditor A) e ambientais (Preditor C).....	19
Tabela 3. Resultados da análise de regressão múltipla para os índices de diversidade e riqueza de espécies: Diversidade funcional – FD (Petchey & Gaston 2002), dispersão funcional – FDis, divergência funcional – FDiv e riqueza – SRic (Laliberté & Shipley 2010).....	19
Tabela 4. Resultados de FD e FDis como variáveis resposta para 11 variáveis preditoras.....	20

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa da cobertura florestal do Estado de São Paulo indicando os locais amostrados.....	13
Figura 2. Correlações entre SRic, FD, FDis e FDiv aplicadas para locais com diferentes níveis de degradação, ajustadas segundo Dutilleul (1993). FD vs FDis $p = 0,14$, FD vs FDiv $p = 0,05$, FDis vs FDiv $p < 0,05$	18
Figura 3. : Correlograma espacial baseado no coeficiente de Moran's I, calculado para SF1(1,184) e SF4 (0,865), ($p < 0,05$).....	20
Figura 4. Diagrama de Veen mostrando os valores da partição de variância dos componentes A, B e C para os índices de diversidade FD e FDis.....	21

CAPÍTULO 2. RELAÇÃO ENTRE INTEGRIDADE DE HABITAT E DIVERSIDADE FUNCIONAL DE MACROINVERTEBRADOS EM CÓRREGOS CÁRSTICOS NO PLANALTO DA BODOQUENA, BRASIL

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Atributos funcionais, adaptados de Vieira et al. (2006), Poff et al. (2006) e Usseglio-Polatera et al. (2000).....38
- Tabela 2.** Coordenadas geográficas e valores obtidos pelos índices funcionais (FI) e riqueza de espécies (SRic).....39
- Tabela 3.** Correlações de Pearson entre índices funcionais (FI) vs *habitat integrity index* (HII) e porcentagem de cobertura florestal, ajustadas segundo Dutilleul (1993).....40
- Tabela 4.** Valores do *habitat integrity index* (HII), porcentagem de cobertura florestal e composição funcional (FComp), obtida por *community-level weighted means* (CWM) para os córregos em questão. Para conferir os códigos dos traços ver Tabela 1.....41

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** Sítios amostrais e Parque Nacional Serra da Bodoquena (PARNASB), Mato Grosso do Sul, Brasil. Fonte: GPS – Track Maker < <http://www.gpstm.com>>36
- Figura 2.** Relações entre os índices funcionais (FI) e *habitat integrity index* (HII). Os números plotados correspondem aos córregos e suas posições com relação às variáveis.....40

RESUMO

Esse trabalho foi dividido em dois capítulos, independentes entre si, que têm como características em comum a abordagem utilizada e a grande região na qual estão inseridas as áreas de estudo (região Neotropical), bem como, o objetivo principal, que visa contribuição para manutenção do ambiente através do biomonitoramento, propondo a diversidade funcional como complemento para os índices comumente utilizados. No primeiro capítulo nós avaliamos a relação entre diversidade funcional e riqueza taxonômica de insetos em córregos na região de Mata Atlântica, buscando entender o papel de variáveis locais, paisagem e espaciais na explicação de padrões de distribuição. Determinamos quanto da variação das diferentes medidas de diversidade funcional são explicadas por conjuntos de preditores através da técnica de partição de variância baseada em análise de regressão múltipla. Nosso estudo destaca dois padrões principais: i) Diversidade funcional está fortemente relacionada a diversidade de táxons de insetos aquáticos ao longo do gradiente de integridade dos córregos na Mata Atlântica e, ii) diversidade funcional é melhor explicada por um conjunto de variáveis atreladas a diferentes escalas. Os resultados indicam pouca redundância entre os atributos funcionais das espécies ao longo do gradiente analisado. Nosso estudo além de adicionar mais informações sobre os efeitos deletérios na biodiversidade estrutural na Mata Atlântica causadas por mudanças na paisagem, indica que estes efeitos também influenciam a organização funcional. No segundo capítulo analisamos como a diversidade funcional varia sob diferentes condições de integridade ambiental, buscando quais os índices funcionais que discriminam gradientes ambientais no Planalto da Bodoquena e quais as implicações dos resultados para a seleção de métricas potencialmente aplicáveis ao biomonitoramento da região. Aplicamos o *habitat integrity index* (HII) para categorizar os diferentes usos do solo, integridade da zona ripícola e estrutura de habitat nos sítios amostrais, bem como porcentagem de cobertura florestal. Como índices funcionais (FI), utilizamos riqueza funcional (FRic), dispersão funcional (FDis), equitabilidade funcional (FEve) e divergência funcional (FDiv). Os resultados não apresentaram um padrão linear de relação com os valores de integridade ambiental, córregos com altos valores de HII apresentaram baixa FRic, mas alta FDiv e FDis. Para diminuir as incertezas e possíveis artefatos relacionados a potencial falta de relação entre os índices funcionais utilizados e HII, necessitamos avaliar uma maior variabilidade de gradientes ambientais e refinar a categorização funcional de insetos aquáticos nas regiões tropicais.

Palavras chave: biomonitoramento; macroinvertebrados; região Neotropical; filtros espaciais; atributos funcionais; índice de integridade de habitat

ABSTRACT

This work was divided into two chapters, independent of each other, which are characterized by the approach used in common and the vast region in which are inserted the study areas (Neotropical region), as well as the main objective, which aims to contribute to maintenance of the environment through biomonitoring, suggesting the functional diversity in addition to the commonly used indices. In the first chapter, we evaluated the relationship between insect functional diversity and species richness in streams in the Atlantic Forest region, seeking to understand the role of local, landscape and spatial variables in explaining distributional patterns. We determine how much of the variation in different measures of functional diversity is explained by predictor sets using partitioning the variation method, based on multiple regression analysis. Our study highlights two main patterns: i) functional diversity is strongly related to taxa diversity of aquatic insects along the gradient of integrity of Atlantic Forest streams and, ii) functional diversity is better explained by a set of variables. Our results indicate low redundancy among the functional traits of the species along the environmental gradient, and add more information about the harmful effects on biodiversity in the Atlantic Forest caused by changes in the landscape, indicating that these effects also influence the functional organization. In the second chapter we analyzed how the functional diversity varies under different environmental integrity, seeking which functional indices that discriminate environmental gradients in Bodoquena Plateau and the implications of the results for metrics selection that are potentially applicable to biomonitoring in the region. We applied the habitat integrity index (HII) to categorize different land uses, riparian zone integrity, habitat structure and forest cover percentage on sampling sites. As functional indices (FI), we used functional richness (Fric), functional dispersion (FDis), functional evenness (FEve) and functional divergence (FDiv). The results did not show a linear relationship with values of environmental integrity, streams with high values of HII showed low functional richness, but high functional divergence and functional dispersion. To reduce the uncertainties and possible artifacts related to potential lack of relationship between functional indices and HII, we need to evaluate a wider range of environmental gradients and refine the functional categorization of aquatic insects in the tropics.

Keywords: biomonitoring; macroinvertebrates; Neotropical region; spatial filters; functional traits; habitat integrity index

INTRODUÇÃO GERAL

A abordagem funcional em ecologia, é a chave para compreensão da participação dos organismos vivos na manutenção do equilíbrio ecossistêmico, remontando os próprios trabalhos de Darwin sobre atributos biológicos como preditores de performance dos organismos (Violle *et al.* 2007).

Partindo do pressuposto de que cada espécie, contribui direta ou indiretamente para o funcionamento dos ecossistemas, através de características físicas químicas e comportamentais que determinam a diversidade funcional nas comunidades, essa abordagem têm sido utilizada para detectar possíveis relações entre os organismos vivos e processos ecossistêmicos, em estudos com diferentes grupos, *e.g.*, vertebrados (Halpern & Floeter 2008, Petchey *et al.* 2007, Micheli & Halpern 2005), artrópodes (Bihn *et al.* 2010, Nichols *et al.* 2008, Andersen 1997), microrganismos (Worsfold *et al.* 2009, McGrady – Steed & Morin 2000; Setälä *et al.* 1998), plantas (Cianciaruso *et al.* 2009, Diaz *et al.* 2007, Walker & Langridge 2002), e estrutura do solo (Maestre & Puche 2009).

Diversas definições para diversidade funcional (FD, do inglês: functional diversity) têm sido sugeridas, Tilman (2001) a descreve como; “o valor e a variação das espécies e de suas características que influenciam o funcionamento das comunidades”. Dessa forma, medir a diversidade funcional significa medir a diversidade de atributos funcionais, que são componentes dos fenótipos dos organismos que influenciam os processos na comunidade (Cianciaruso *et al.* 2009). Dessa forma, a diversidade funcional tem sido vista como a chave para se prever a estabilidade, invasibilidade, aquisição de recursos, ciclagem de nutrientes e produtividade nas comunidades (Mason *et al.* 2003).

Em ambientes aquáticos, além de estudos com peixes (Higgins 2010, Halpern & Floeter 2008, Micheli & Halpern 2005) e microrganismos (Petchey *et al.* 1999), existe um amplo histórico de uso de informações funcionais, particularmente de macroinvertebrados aquáticos, para relacionar biodiversidade e gradientes ambientais (Dolédec & Statzner 2010).

Estudos como os de Hynes (1970), que retratou as mudanças morfológicas dos grupos em decorrência da estrutura de habitat, Cummins (1973), que descreveu grupos

funcionais para insetos aquáticos com base na alimentação, Southwood (1977), com o “*habitat templet*”, que pode prever a composição de atributos biológicos com base em condições ambientais similares, independentemente da composição taxonômica e região biogeográfica, e Vannote *et al.* (1980) que, através do “*River Continuum Concept*”, tornou previsível a distribuição de atributos funcionais ao longo do contínuo fluvial, em decorrência das características físicas e químicas dos ambientes lóticos, entre outros, deram suporte para posteriores pesquisas envolvendo a função dos organismos, na manutenção dos serviços ecossistêmicos.

Atualmente esta abordagem tem sido usada em programas de biomonitoramento (Feld & Hering 2007), estratégias de conservação e entendimento de relações entre biodiversidade e serviços ecossistêmicos (Martinez 1996).

Mas embora tenhamos uma ampla base de dados para macroinvertebrados aquáticos (ver Merritt *et al.* 2008, Tomanová & Usseglio-Polatera 2007, Vieira *et al.* 2008, entre outros), é importante ressaltar a complexidade de se utilizar a abordagem funcional para invertebrados em regiões tropicais (Tomanová *et al.* 2006), por diversos motivos, como:

- i) variações no tempo de emergência das espécies para a fase adulta;
- ii) a variação funcional pode depender do ínstar e da resolução taxonômica;
- iii) os grupos apresentam hábitos alimentares variados, portanto, a categorização trófica específica para grupos funcionais alimentares de insetos, especificamente da família Chironomidae, ainda não é muito claro devido à sua plasticidade alimentar (Pinder 1986).

Assim, para o presente trabalho, consideramos os atributos funcionais primários para os gêneros, para níveis taxonômicos mais grosseiros (e.g., família, sub-família, tribo) utilizamos atributos predominantes (razão: nº de gêneros com determinado atributo para cada táxon) como fizeram Poff *et al.* (2006). Para grupos que possuem tanto larvas quanto adultos no ambiente aquático (e.g. Coleoptera) consideramos as diferenças funcionais entre ambos.

Esse trabalho foi dividido em dois capítulos, que tiveram suas citações, abreviações e referências formatadas segundo as revistas visadas para submissão (ver Material Suplementar – Normas para publicação), completamente independentes entre si, que têm como características em comum a abordagem utilizada e a grande região na qual estão inseridas as áreas de estudo (região Neotropical), bem como, o objetivo principal, que visa contribuição para manutenção do ambiente através do

biomonitoramento, propondo a diversidade funcional como complemento para os índices comumente utilizados.

O primeiro capítulo retrata as relações entre diversidade funcional e riqueza de táxons de insetos aquáticos em córregos com diferentes gradientes ambientais e espaciais no estado de São Paulo, na região de Mata Atlântica, buscando entender o papel de variáveis locais, paisagem e espaciais na explicação de padrões de distribuição. Determinamos quanto da variação das diferentes medidas de diversidade funcional são explicadas por conjuntos de preditores através da técnica de partição de variância baseada em análise de regressão múltipla.

No segundo capítulo analisamos como a diversidade funcional varia sob diferentes condições de integridade ambiental, buscando quais os índices funcionais que discriminam gradientes ambientais no Planalto da Bodoquena e quais as implicações dos resultados para a seleção de métricas potencialmente aplicáveis ao biomonitoramento da região. Aplicamos o índice de integridade de habitat, do inglês, *habitat integrity index* – HII (Nessimian *et al.* 2008) para categorizar os diferentes usos do solo, integridade da zona ripícola e estrutura de habitat nos sítios amostrais, bem como porcentagem de cobertura florestal. Como índices funcionais (FI), utilizamos riqueza funcional (FRic), dispersão funcional (FDis), equitabilidade funcional (FEve) e divergência funcional (FDiv) segundo Laliberté & Shipley (2010), que utiliza análise de coordenadas principais (*principal coordinates analysis* – PcoA), para retornar eixos, os quais são utilizados como atributos para computar os índices funcionais.

Referências Citadas

- Andersen, A. N. (1997). Using Ants as bioindicators: Multiscale Issues in Ant Community Ecology. *Conservation Ecology* [online] 1(1): 8. Available in: <http://www.consecol.org/vol1/iss1/art8/>
- Bihn, J.H.; Gebauer, G. & Brandl, R. (2010). Loss of functional diversity of ant assemblages in secondary tropical forests. *Ecology* 91(3): 782–792.
- Cianciaruso, M.V.; Silva, I.A. & Batalha, M.A. (2009). Diversidades filogenética e funcional: novas abordagens para a Ecologia de comunidades. *Biota Neotropica* 9: 1-11.
- Cummins, K.W. (1973). Trophic relations of aquatic insects. *Annual Review of Entomology* 18: 183-206.

- Diaz, S.; Lavorel, S.; Bello, F.; Quétier, F.; Grigulis, K. & Robson, T. M. (2007). Incorporating plant functional diversity effects in ecosystem service assessments. *PNAS* 104(52): 20684–20689.
- Dolédec, S. & B. Statzner. 2010. Responses of freshwater biota to human disturbances: contribution of J-NABS to developments in ecological integrity assessments. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 29(1): 286–311.
- Feld, C.K. & Hering, D. (2007). Community structure or function: effects of environmental stress on benthic macroinvertebrates at different spatial scales. *Freshwater Biology* 52(7):1380–1399.
- Halpern, B.S. & Floeter, S.R. (2008). Functional diversity responses to changing species richness in reef fish communities. *Marine Ecology Progressive Series* 364: 147–156.
- Higgins, C.L. (2010). Patterns of functional and taxonomic organization of stream fishes: inferences based on α , β , and γ diversities. *Ecography* 33: 678–687.
- Hynes, H.B.N. (1970). The ecology of stream insects. *Annu. Rev. Entomol.* 15:25–42.
- Laliberté, E. & Shipley, B. (2010). Measuring functional diversity (FD) from multiple traits, and other tools for functional ecology, *FD-Package 1.0-9*.
- Maestre, F.T. & Puche, M.D. (2009). Indices based on surface indicators predict soil functioning in Mediterranean semi-arid steppes. *Applied Soil Ecology* 41: 342–350.
- Martinez, N.D. (1996). Defining and measuring functional aspects of biodiversity. In: Gaston, K.J. (Ed), *Biodiversity a biology of numbers and difference*. Blackwell Scientific Ltd. London, 396 pp.
- McGrady-Steed, J. & Morin, P.J. (2000). Biodiversity, density compensation, and the dynamics of populations and functional groups. *Ecology* 81(2): 361–373.
- Merritt, R. W.; Cummins, K.W. & Berg, M.B. (Ed.). (2008). *An introduction to the aquatic insects of North America*. 4. ed. Dubuque: Kendall/Hunt Publishing. 862 p.
- Micheli, F. & Halpern, B.S. (2005). Low functional redundancy in coastal marine assemblages. *Ecology Letters* 8: 391–400.
- Nessimian, J.L.; Venticinque, E.M.; Zuanon, J.; De Marco Jr, P.; Gordo, M.; Fidelis, L.; Batista, J.D. & Juen, L. (2008). Land use, habitat integrity, and aquatic insect assemblages in Central Amazonian streams. *Hydrobiologia* 614: 117–131.
- Nichols, E.; Spector, S.; Louzada, J.; Larsen, T.; Amezcua, S.; & Favila, M.E. (2008). Ecological functions and ecosystem services provided by Scarabaeinae dung beetles. *Biological Conservation* 141: 1461–1474.

- Petchey, O. L., Mcphearson, P.T.; Casey, T.M. & Morin, P.J. (1999). Environmental warming alters food-web structure and ecosystem function. *Nature* 402(4): 96-72.
- Petchey, O.L.; Evans, K.L.; Fishburn, I.S.; Gaston, K.J. (2007). Low functional diversity and no redundancy in British avian assemblages. *Journal of Animal Ecology* 76: 977–985.
- Pinder, L.C.V. (1986). Biology of freshwater Chironomidae. *Ann. Rev. Entomol.* 31:1-23.
- Poff, N. L.; Olden, J.D.; Vieira, N.K.M.; Finn, D.S.; Simmons, M.P. & Kondratieff, B.C. (2006). Functional trait niches of North American lotic insects: traits-based ecological applications in light of phylogenetic relationships. *Journal the North American Benthological Society* 25(4): 730–755.
- Setälä, H.; Laakso, J.; Mikola, J. & Huhta, V. (1998). Functional diversity of decomposer organisms in relation to primary production. *Applied Soil Ecology* 9: 25-31.
- Southwood, T. R. E. (1977). Habitat, the templet for ecological strategies? *Journal of Animal Ecology.* 46: 337-365.
- Tilman, D.; Knops, J.; Wedin, D.; Reich, P.; Ritchie, M. & Siemann, E. (1997). The influence of functional diversity and composition on ecosystem processes. *Science* 277(5330): 1300-1302.
- Tilman, D. (2001). Functional diversity. In: Levin, S.A. (Ed.), *Encyclopedia of Biodiversity*. Academic Press, San Diego, p. 109-120.
- Tomanová, S.; Goitia E. & Helesic, J. (2006). Trofic levels and functional feeding groups of macroinvertebrates in neotropical streams. *Hidrobiologia* 556: 251-264.
- Tomanová, S. & Usseglio-Polatera, P. (2007). Patterns of benthic community traits in neotropical streams: relationship to mesoscale spatial variability. *Fundamental and Applied Limnology / Archiv für Hydrobiologie* 170: 243-255.
- Vannote, R. L.; Minshall, G. W.; Cummins, K. W.; Sedell, J. R. & Cushing, C. R. 1980 The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 37: 130-137.
- Vieira, N.K.M.; Poff, N.L.; Carlisle, D.M.; Moulton, S.R.; Koski, M.J. & Kondratieff, L.B.C. (2006). *A Database of Lotic Invertebrate Traits for North America* : U.S. Geological Survey Data Series 187, Available in: <http://pubs.water.usgs.gov/ds187>
- Violle, C.; Navas, M.; Vile, D.; Kazakou, E.; Fortunel, C.; Hummel, I. & Garnier, E. (2007). Let the concept of trait be functional. *Oikos* 116: 882-892.

- Walker B.H. & Langridge J.L. (2002). Measuring Functional Diversity in Plant Communities with MixedLife Forms: A Problem of Hardand Soft Attributes. *Ecosystems* 5: 529-538.
- Worsfold, N. T.; Warren, P. H. & Petchey, O. L. (2009). Context-dependent effects of predator removal from experimental microcosm communities. *Oikos* 118: 1319-1326.

Capítulo I

Diversidade funcional e riqueza taxonômica de insetos aquáticos coincidem com mudanças na paisagem, na região de Mata Atlântica?

Emílio Colzani¹, Fabio O. Roque^{1,2}, Marcia T. Suriano³

¹Programa de Pós Graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade, Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais / Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, Mato Grosso do Sul, CEP: 79.804-970, Brasil

²Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, Mato Grosso do Sul, CEP: 79070-900, Brasil

³Laboratório de Ecologia de Insetos Aquáticos, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, São Paulo, Brazil

ABSTRACT

In this study, we evaluated the relationship between insect functional diversity and species richness in streams in the Atlantic Forest region, seeking to understand the role of local, landscape and spatial variables in explaining distributional patterns. We determine how much of the variation in different measures of functional diversity is explained by predictor sets using partitioning the variation method, based on multiple regression analysis. Our study highlights two main patterns: i) functional diversity is strongly related to taxa diversity of aquatic insects along the gradient of integrity of Atlantic Forest streams and, ii) functional diversity is most parsimoniously explained by a set of variables. Our results indicate low redundancy among the functional traits of the species along the environmental gradient, and add more information about the harmful effects on biodiversity in the Atlantic Forest caused by changes in the landscape, indicating that these effects also influence the functional organization.

Keywords: biomonitoring; macroinvertebrates; Neotropical region; spatial filters; traits

RESUMO

Neste estudo, nós avaliamos a relação entre diversidade funcional e riqueza taxonômica de insetos em córregos na região de Mata Atlântica, buscando entender o papel de variáveis locais, paisagem e espaciais na explicação de padrões de distribuição. Determinamos quanto da variação das diferentes medidas de diversidade funcional são explicadas por conjuntos de preditores através da técnica de partição de variância baseada em análise de regressão múltipla. Nosso estudo destaca dois padrões principais: i) Diversidade funcional está fortemente relacionada a diversidade de táxons de insetos aquáticos ao longo do gradiente de integridade dos córregos na Mata Atlântica e, ii) diversidade funcional é explicada mais parcimoniosamente por um conjunto de variáveis atreladas a diferentes escalas dependentes de estrutura espacial. Os resultados indicam pouca redundância entre os atributos funcionais das espécies ao longo do gradiente analisado. Nosso estudo além de adicionar mais informações sobre os efeitos deletérios na biodiversidade estrutural na Mata Atlântica causadas por mudanças na paisagem, indica que estes efeitos também influenciam a organização funcional.

Palavras chave: biomonitoramento; macroinvertebrados; região Neotropical; filtros espaciais; atributos

PREDIZER COMO IMPACTOS ANTRÓPICOS MODIFICAM PADRÕES DE BIODIVERSIDADE, funções e serviços ambientais tem sido um dos temas dominantes nos estudos ecológicos nos últimos anos, parte devido às suas implicações para conservação dos ecossistemas (Millenium Ecosystems 2005, CBD 1992).

A abordagem funcional tem sido utilizada para detectar possíveis relações entre os organismos vivos e processos ecossistêmicos, tais como decomposição, ciclagem de nutrientes e resiliência, em estudos com diferentes grupos, *e.g.*, vertebrados (Halpern & Floeter 2008, Petchey *et al.* 2007, Micheli & Halpern 2005), artrópodes (Bihn *et al.* 2010, Nichols *et al.* 2008, Andersen 1997), microrganismos (Worsfold *et al.* 2009, McGrady – Steed & Morin 2000; Setälä *et al.* 1998), plantas (Cianciaruso *et al.* 2009, Diaz *et al.* 2007, Walker & Langridge 2002), e estrutura do solo (Maestre & Puche 2009). Em ambientes aquáticos, além de estudos com peixes (Halpern & Floeter 2008, Micheli & Halpern 2005, Higgins 2010) e microrganismos (Petchey *et al.* 1999), existe um amplo histórico de uso de informações funcionais, particularmente de macroinvertebrados aquáticos, para relacionar biodiversidade e gradientes ambientais

(Dolédec & Statzner 2010), e também tem sido usada em vários países em sistemas de biomonitoramento (Feld & Hering 2007, Statzner & Beche 2010).

O principal referencial teórico da abordagem é o modelo do “*habitat templet*” proposto inicialmente por Southwood (1977) e desenvolvido para ambientes aquáticos por Townsend & Hildrew (1994), Poff (1997) e Poff *et al.* (2006). Este modelo prediz que, onde as condições ambientais são similares, a composição de atributos biológicos deve convergir de forma previsível. Igualmente, é esperado que córregos com características similares apresentem comunidades de insetos com conjunto de atributos biológicos similares funcionalmente, independentemente da composição taxonômica e região biogeográfica. Cummins (1973) foi o pioneiro a desenvolver uma abordagem funcional para insetos aquáticos baseada em grupos funcionais de alimentação, o que deu suporte para futuros desenvolvimentos teóricos na área, como por exemplo, a formulação do Contínuo Fluvial (Vannote *et al.* 1980).

A maior parte dos estudos funcionais avalia a comunidade com base em atributos ou atributos no contexto multivariado, considerando múltiplas escalas, com o pressuposto de que os fatores em diferentes escalas são hierarquicamente estruturados, e que fatores em escalas maiores determinam ou podem determinar, pelo menos em parte, os fatores que estão em escalas menores (Heino 2009). O uso de múltiplos atributos ou índices tem sido fonte de debates entre vários pesquisadores pois, a escolha de quais atributos funcionais inserir numa análise não se baseia apenas em critérios objetivos (com métodos matemáticos ou estatísticos pré-determinados), a seleção de quais diferenças funcionais devem ser consideradas significativas, acaba se tornando uma decisão arbitrária do pesquisador (Mouchet *et al.* 2010), pois depende muito da pergunta a ser respondida, *e.g.* para impactos específicos, um único atributo pode ser mais eficiente para indicar estresses específicos do que muitos atributos (Statzner & Beche 2010). É claro que, se o número de caracteres avaliados for suficientemente grande e a ação de múltiplos estressores em cada indivíduo for positiva, múltiplos atributos podem potencialmente responder aos efeitos das múltiplas pressões, mas o fato é que esta abordagem foi pouco testada empiricamente.

Dado o elevado grau de estrutura espacial na biodiversidade funcional, não se deve esperar que as mudanças antrópicas no ambiente local sejam as únicas responsáveis por essa variabilidade. Segundo Heino (2005) o contexto espacial, a variabilidade natural, bem como ao longo de gradientes ambientais, também devem ser

explicitamente considerados na pesquisa aplicada sobre a diversidade funcional (Functional Diversity – FD) em córregos.

Os índices propostos até o presente como em Walker *et al.* (1999), Petchey & Gaston (2002), Mason *et al.* (2005) e Villéger *et al.* (2008) se destacam em três categorias principais, cada um deles correspondendo a uma faceta de FD: riqueza funcional (Functional Richness - FRic), equitabilidade funcional (Functional Evenness - FEve) e divergência funcional (Functional Divergence - FDiv). Recentemente Laliberté & Legendre (2010), propuseram a dispersão funcional (Functional Dispersion - FDis), que captura a distância média entre as espécies baseada em seus atributos funcionais e na abundância relativa, num espaço multidimensional.

Algumas características dos índices parecem ser úteis no contexto de biomonitoramento usando macroinvertebrados, uma vez que eles sintetizam informações complexas, facilitando a comunicação com não especialistas, entretanto, como quaisquer outros índices de biodiversidade, os funcionais também são criticados pela simplificação de informações biológicas relevantes e por dificultar avaliações mais intrínsecas de causa e efeito (Statzner & Beche 2010).

Neste estudo, nós avaliamos a relação entre diversidade funcional e riqueza de espécies (Species Richness - SRic) de insetos em córregos na região de Mata Atlântica, uma das áreas consideradas prioritárias para conservação de diversidade biológica no mundo (Myers *et al.* 2000, Ribeiro *et al.* 2009), particularmente focamos nas seguintes perguntas: qual a relação entre organização taxonômica (riqueza de táxons) e diversidade funcional? A diversidade taxonômica e funcional respondem de forma semelhante a gradientes de impactos em córregos na região de Floresta Atlântica? Qual o papel de variáveis locais, paisagem e espaciais para explicar a variação de diversidade funcional?

Com base no referencial teórico de grupos funcionais e filtros ambientais (Poff 1997, Poff *et al.* 2006, Vieira *et al.* 2006), e riqueza de espécies versus grupos funcionais (Halpern & Floeter 2008), esperamos que modelos que expressem relações entre os conjuntos de variáveis preditoras (filtros) sejam mais eficazes para a compreensão dos processos de organização funcional em córregos neotropicais (Legendre 2008). Para as relações entre FD e SRic, não temos uma única expectativa *a priori*, mas esperamos respostas dentro dos modelos apresentados por Flynn *et al.* (2009), onde (i) SRic e FD decrescem em mesma proporção com a intensificação do uso do solo, indicando que, na maioria das vezes, as espécies possuem atributos

funcionais únicos; ou (ii) FD apresenta alta redundância com vários táxons exercendo a mesma função, sendo FD insensível aos impactos na riqueza, decorrentes do uso do solo.

MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO. – O Estado de São Paulo é composto por quatro principais tipos de vegetação, a costeira formada pela Floresta Atlântica, florestas tropicais sazonais ou Floresta Atlântica Semi-Decidual, Floresta Atlântica Mista e Cerrado (Savana brasileira). A Floresta Atlântica e o Cerrado estão entre as mais ameaçadas florestas tropicais do mundo, sendo considerados *hotspots* de biodiversidade (Myers *et al.* 2000). Possuem menos de 7% de sua cobertura original no Estado de São Paulo (SOS Mata Atlântica/INPE 2010). A maioria dos fragmentos florestais remanescentes é encontrado em encostas de montanhas íngremes.

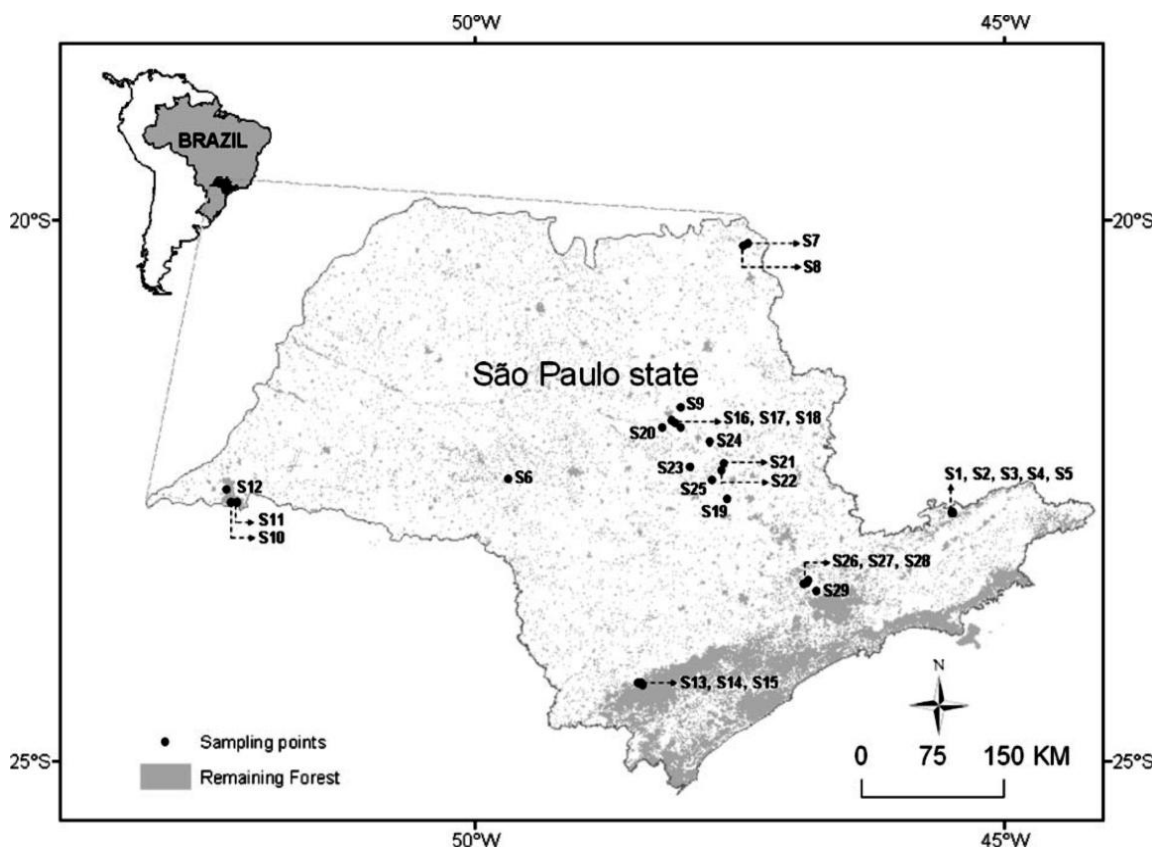


FIGURA 1. Mapa da cobertura florestal do Estado de São Paulo indicando os locais amostrados. Extraído de Suriano *et al.* (2011).

BASE DE DADOS BIOLÓGICA. – Utilizamos dados de insetos aquáticos fornecidos pelo grupo de pesquisa do "Laboratório de Entomologia Aquática da Universidade Federal de São Carlos (SP)" (Anexos 1 e 2). Mais detalhes ver Suriano *et al.* (2011) e Roque *et al.* (2010). Utilizamos dados de 29 córregos, sendo 15 deles localizados em seis unidades de conservação: Parque Estadual de Campos do Jordão (S1, S2, S3, S4 e S5), Estação Estadual de Caetetus (S6), Parque Estadual Furnas do Bom Jesus (S7 e S8), Parque Estadual do Vassununga (S9), Parque Estadual do Morro do Diabo (S10, S11 e S12) e Parque Estadual de Intervales (S13, S14 e S15); e 14 localizados em regiões ocupadas por monocultura extensiva de cana-de-açúcar (S16, S17, S18, S19 e S20), por pastagem (S21, S22, S23, S24 e S25) e por monocultura de eucalipto (S26, S27, S28 e S29), como mostra a Fig. 1, seguindo códigos do trabalho de Suriano *et al.* (2011).

As coletas foram realizadas no período de seca ou de menor pluviosidade (maio, junho, setembro e outubro de 2005), todos os córregos amostrados são de baixa ordem (1ª e 2ª ordens) cujas nascentes estavam situadas dentro da área do uso do solo em questão. Para obtenção das amostras utilizou-se amostrador tipo Surber com área de contato de 0.1 m² e rede de abertura com malha de 250µm. Em cada córrego foi selecionado um trecho de 100m e esforço amostral de seis unidades. Os espécimes estão depositados na coleção do "Laboratório de Entomologia Aquática da Universidade Federal de São Carlos (SP)".

CATEGORIZAÇÃO FUNCIONAL, MÉTRICAS DE PAISAGEM, VARIÁVEIS MACRO-REGIONAIS E LOCAIS. – Para a categorização funcional utilizamos 29 categorias (Tabela 1), divididas em 08 atributos, adaptados de Merrit *et al.* (2008), Vieira *et al.* (2006), Poff *et al.* (2006), Barbour *et al.* (1999).

TABELA 1. *Atributos funcionais analisados, adaptados de Merrit et al. (2008), Vieira et al. (2006), Poff et al. (2006), Barbour et al. (1999), Calor (comunicação pessoal – ver agradecimentos).*

Atributo Funcional	Estado (modalidade)	Código/descrição
Refúgio		
Construção de refúgios	Não (vida livre)	Rf1
	Redes e retiros fixos	Rf2
	Abrigos móveis de areia, detritos e/ou madeira	Rf3
	Abrigos móveis de partes de folhas	Rf4
Morfologia		
Exoesqueleto ou proteção externa	Corpo mole	Ex1
	Levemente esclerotizado	Ex2

	Bem protegido	Ex3
Respiração	Tegumentar	Rs1
	Branquial	Rs2
	Aérea (espiráculos, traquéias, plástrons)	Rs3
Tamanho e maturidade	Pequeno (<9 mm)	Tm1
	Médio (9-16 mm)	Tm2
	Grande (>16 mm)	Tm3
Forma corporal	Hidrodinâmico (plano, fusiforme)	Bf1
	Não hidrodinâmico (cilíndrico,redondo)	Bf2
Ecologia		
Reofilia	Apenas deposição (lêntico)	Rh1
	Deposição e erosão (lótico/lêntico)	Rh2
	Erosão (lótico)	Rh3
Hábito	Vivem entocados ou enterrados	Hb1
	Escaladores	Hb2
	Remexem o substrato	Hb3
	Se fixam ao substrato	Hb4
	Nadadores	Hb5
	Deslizadores	Hb6
Grupos tróficos	Coletor-roçador	Tr1
	Coletor-filtrador	Tr2
	Herbívoro (raspadores, minadores)	Tr3
	Predador	Tr4
	Fragmentador	Tr5

Contamos com o auxílio de diversos pesquisadores (ver agradecimentos) para a descrição dos atributos funcionais não encontrados em referências (Anexo 3). Para alguns grupos, atributos como reofilia e hábito ficaram sem caracterização, devido a falta de informações sobre os mesmos (Anexo 2). Para grupos que possuem larvas e adultos no ambiente aquático (*e.g.* Coleoptera) foram consideradas as diferenças funcionais entre os mesmos.

Avaliamos a diversidade funcional aplicando três índices complementares: FD, segundo Petchey & Gaston (2002), que calcula a diversidade baseada na riqueza e composição taxonômica, FDiv (Mason *et al.* 2005), que analisa o quanto os táxons se diferenciam dentro das categorias de cada atributo, e FDis, segundo Laliberté & Legendre (2010), que é baseada em dispersão multivariada (Anderson *et al.* 2006), sendo caracterizada pela distância média de cada táxon para o centróide de todos os táxons na comunidade, esses dois últimos índices contam com a abundância relativa

como base para os cálculos. A distância de Gower (1971) foi aplicada segundo Pavoine *et al.* (2009), por ser uma medida de similaridade que tolera dados ausentes, e engloba variáveis de diversas categorias (*e.g.*, quantitativas (contínuas, ordenadas), nominais e dicotômicas (presença/ausência). Obtivemos o *community-level weighted means* – CWM (Lavorel *et al.* 2008), e usamos como indicador dos atributos mais abundantes em cada córrego. Os cálculos dos índices foram realizados no ambiente estatístico R (R Development Core Team 2010).

Determinamos quanto da variação de cada medida de diversidade funcional é explicada por cada conjunto de preditores através do método de partição de variância baseado em análise de regressão múltipla (Anderson & Gribble 1998, Legendre & Legendre 1998). Foram incorporadas métricas de paisagem que tem sido hipotetizadas como importantes filtros na explicação de padrões de diversidade e modelagem de distribuições de espécies (ver Metzger *et al.* 2008, Heino 2009; Boubli & Lima 2009) como potenciais preditores dos valores dos índices de diversidade. Além de variáveis locais (Allan & Castillo 2007) e filtros espaciais (Fortin & Dale 2005).

No total 11 variáveis preditoras foram selecionadas, divididas nos seguintes componentes:

(A) Paisagem. Composto por variáveis bioclimáticas obtidas através do WorldClim (Hijmans *et al.* 2005) e porcentagem de cobertura florestal. Como bioclimáticas foram consideradas:

Temperatura mínima no mês mais frio (Bio 01), selecionada pelo seu potencial de influenciar dinâmicas de populações de insetos aquáticos (Bonada *et al.* 2007, Hiscock *et al.* 2004, Ferreira & Chauvet 2010);

Precipitação anual (Bio 02), selecionada devido sua importância para entender a dinâmica de macroinvertebrados em córregos tropicais (*e.g.* Bispo *et al.* 2001);

Precipitação sazonal - coeficiente de variação (Bio 03), que pode ser considerada uma medida indireta de variabilidade ambiental hidrológica no sistema;

Cobertura florestal: A proporção de habitat, de ambientes preservados ou de cobertura natural, em determinada escala ou extensão, está entre as principais variáveis para se explicar a distribuição de espécies, ocorrência e persistência de espécies, probabilidade de extinção e estrutura da comunidade (Fahrig 2003, Metzger 2006), definida uma escala com raio de 200 metros na delimitação da paisagem virtual para estimar a porcentagem de cobertura. A informação de cobertura de solo foi provida pelo Instituto Florestal de São Paulo, para a referência no ano 2005.

(B) Filtros Espaciais. O uso da posição geográfica como uma medida de estrutura ou preditor espacial tem sido defendido na literatura (Diniz-Filho *et al.* 2003). A partir de uma matriz espacial constituída das distâncias entre todos os córregos, autovetores com valores próprios positivos, selecionados segundo o coeficiente I de Moran mais alto em intervalos de dez classes de distância, foram extraídos. Estes vetores espaciais podem ser considerados como os regimes independentes expressos como um conjunto de novas variáveis, indicando as relações espaciais (*e.g.*, estrutura espacial) entre os córregos, e como eles são geograficamente relacionados uns aos outros (Roque *et al.* 2010).

Os filtros foram gerados a partir de *Principal Coordinates of Neighbour Matrices* (PCNM), baseadas nas coordenadas geográficas (Rangel *et al.* 2010);

(C) Variáveis locais. As seguintes variáveis locais, mensuradas *in situ*, geralmente usadas como preditoras em estudos com macroinvertebrados (Hynes 1970, Kissling *et al.* 2008), foram analisadas: pH, Condutividade, Oxigênio, e estrutura de habitat como, porcentagem de substratos (rochas, cascalho, areia, e silte no leito (Petersen 1992, Nessimian *et al.* 2008). Nós usamos *Principal Component Analysis* (PCA) para reduzir a dimensionalidade dos dados e diminuir multicolinearidade nas análises de regressão (ver Peres-Neto *et al.* 2003). Os eixos foram selecionados usando método de Broken-Stick Model (ver De Vita 1979, Almorza & García 2008) e usados como preditores independentes nas análises de regressão.

Considerando que dados espacializados geralmente apresentam autocorrelação (Legendre & Legendre 1998) e, portanto, o grau de liberdade pode ser inflado gerando valores subestimados de P , nós calculamos a correlação entre os índices de diversidade funcional vs SRic, reportando os valores de P ajustados de acordo com o método de Dutilleul (1993)

As correlações e regressões foram realizadas no pacote estatístico Spatial Analysis in Macroecology v. 4.0, SAM (Rangel *et al.* 2010).

RESULTADOS

O total de táxons identificados foi de 191 (Anexo 2), sendo Diptera e Coleoptera as ordens mais ricas, com 61 e 57 gêneros respectivamente.

A relação significativa ($p < 0,05$) mais alta para os índices foi entre SRic e FD (Pearson = 1, Fig. 2A, D), seguida por FDis vs FDiv (Pearson = 0,478), e FDiv vs FD (Pearson = 0,365, Fig. 2D).

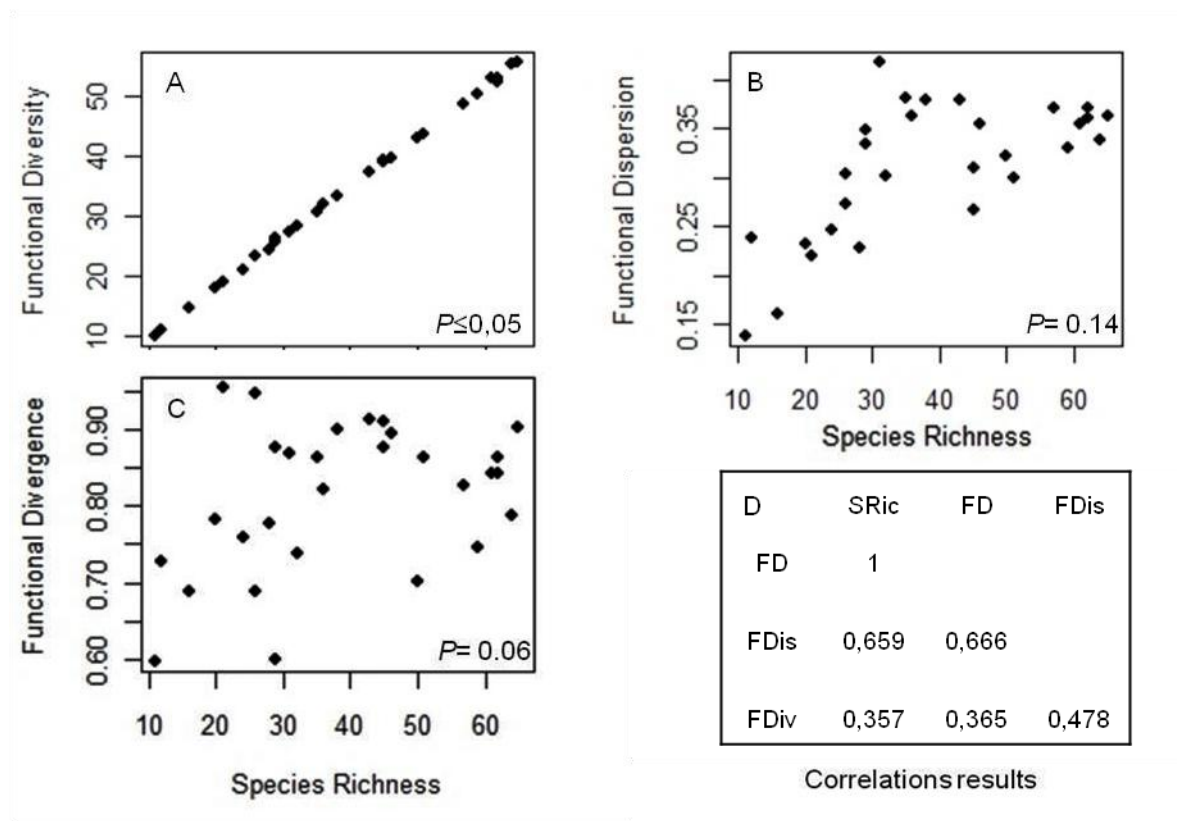


FIGURA 2. Correlações de Pearson entre SRic, FD, FDis e FDiv aplicadas para locais com diferentes níveis de degradação, ajustadas segundo Dutilleul (1993). FD vs FDis $p = 0,14$, FD vs FDiv $p = 0,05$, FDis vs FDiv $p < 0,05$.

FDis e FDiv não estiveram correlacionados com riqueza (Fig. 2), parte por estes serem índices nos quais a abundância relativa das espécies é mais importante para descrever a dispersão das espécies no espaço de atributos (Laliberté & Legendre 2010), e quanto as espécies divergem entre si dentro de cada atributo (Mason *et al.* 2005).

Na PCA, os dois primeiros eixos explicaram 64,8% da variabilidade dos dados. As variáveis rocha, cascalho, areia, oxigênio dissolvido e pH estiveram associadas negativamente ao Componente 1 e, lodo e condutividade elétrica positivamente associadas (Tabela 2). De modo geral, esse resultado expressa um gradiente de impacto antrópico e usos do solo no Estado de São Paulo, podendo-se constatar a separação dos córregos em áreas minimamente impactadas situados nas áreas conservadas

(caracterizados pelos maiores valores de oxigênio dissolvido na água, leito rochoso constituído de matacão, cascalho e areia) daqueles em áreas com predomínio de monoculturas e pastagem (constituídos pelo leito lodoso) (ver gráficos em Suriano *et al.* 2011).

TABELA 2. Valores obtidos por Principal Component Analysis (PCA), para as variáveis ambientais (Preditor C).

Variáveis	Eixos	
	1	2
pH	-0.346	-0.788
Cond($\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$)	0.205	-0.744
DO(%)	-0.753	0.286
B(%)	-0.416	-0.547
G(%)	-0.778	0.05
Sa(%)	-0.695	0.19
Si(%)	0.976	0.038

Nas análises de regressão (Tabela 3), 74,8% e 70,3% (r^2 ajustado) da variação de FD e FDis, respectivamente, foram explicadas pelos preditores. A variabilidade de FDiv não foi explicada significativamente pelos preditores utilizados.

TABELA 3. Resultados da análise de regressão múltipla para os índices de diversidade e riqueza de espécies: Diversidade funcional – FD (Petchey & Gaston 2002), dispersão funcional – FDis, divergência funcional – FDiv e riqueza – SRic (Laliberté & Shipley 2010).

FD	r: 0.915	r^2 : 0.838	r^2_{aj} : 0.748	F: 7.989	P: <.001
FDis	r: 0.9	r^2 : 0.809	r^2_{aj} : 0.703	F: 6.553	P: <.001
FDiv	r: 0.621	r^2 : 0.386	r^2_{aj} : 0.045	F: 0.971	P: 0.505
SRic	r: 0.915	r^2 : 0.837	r^2_{aj} : 0.747	F: 7.948	P: <.001

O filtro espacial (SF) 4 ($p < .001$), seguido por SF 1 ($p = 0.052$), apresentaram os mais altos coeficientes de regressão para FDis, (Tabela 4). O padrão de autocorrelação espacial dos filtros (Fig. 3), de acordo com o coeficiente I de Moran, indica correlação negativa a partir de 200 km para SF 1 e 90 km para SF 4, o que coincide com a distância entre áreas montanhosas e de planalto no estado de São Paulo (ver Roque *et al.* 2010).

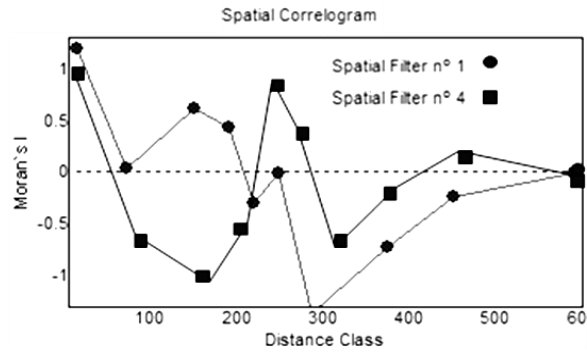


FIGURA 3: Correlograma espacial baseado no coeficiente I de Moran, calculado para SF1(1,184) e SF4 (0,865), ($p < 0,05$).

FD mostrou-se negativamente relacionado com o 1º eixo da PCA ($p=0.006$), extraído das variáveis locais, e positivamente com SF 1 e SF 4.

TABELA 4. Resultados da partição de variância aplicada a FD e FDis como variáveis resposta para 3 conjuntos de variáveis predictoras

Variáveis	Coef.		Coef. Padr		VIF		Erro Padrão		t		Valor de P	
	FD	FDis	FD	FDis	FD	FDis	FD	FDis	FD	FDis	FD	FDis
Constante	0.074	0.921	0	0	0	0	0.598	0.507	0.123	1.815	0.904	0.088
bio1 (°C)	<.001	<.001	0.005	0.233	29.496	29.496	0.002	0.002	0.01	0.404	0.992	0.691
A bio2 (mm)	<.001	<.001	-0.091	-0.387	25.813	25.813	<.001	<.001	-0.184	-0.718	0.856	0.483
bio3 (mm)	0.003	-0.007	0.424	-1.147	41.332	41.332	0.005	0.004	0.675	-1.684	0.509	0.112
Forest (%)	<.001	<.001	-0.114	-0.13	6.125	6.125	<.001	<.001	-0.47	-0.497	0.645	0.626
SF n° 1	0.197	0.218	0.419	0.595	7.115	7.115	0.122	0.104	1.61	2.103	0.127	0.052
SF n° 2	-0.199	0.345	-0.423	0.942	23.443	23.443	0.222	0.188	-0.895	1.836	0.384	0.085
B SF n° 3	-0.02	0.364	-0.043	0.993	24.844	24.844	0.228	0.194	-0.089	1.88	0.93	0.078
SF n° 4	0.093	0.353	0.197	0.962	3.984	3.984	0.092	0.078	1.011	4.55	0.327	<.001
C 1º PCA	-0.033	-0.018	-0.647	-0.44	4.32	4.32	0.01	0.009	-3.186	-2	0.006	0.063
2º PCA	0.009	-0.007	0.128	-0.131	2.113	2.113	0.01	0.008	0.904	-0.848	0.379	0.409

A partição de variância explicada pelos diferentes componentes (Fig. 4) indica contribuições distintas dos preditores para FD e FDis. O componente A:B:C representa o total da variação dos índices de diversidade explicada pelos 3 conjuntos de preditores. No caso de FD, o componente B:C.A (variação explicada pelos filtros espaciais e variáveis ambientais locais) teve papel preponderante, seguido por C.A+B (variação atribuída unicamente ao componente local), enquanto FDis sofreu mais influência de

B.A+C (variação atribuída unicamente ao componente espacial) e B:C.A (Para os valores completos ver Anexo 4).

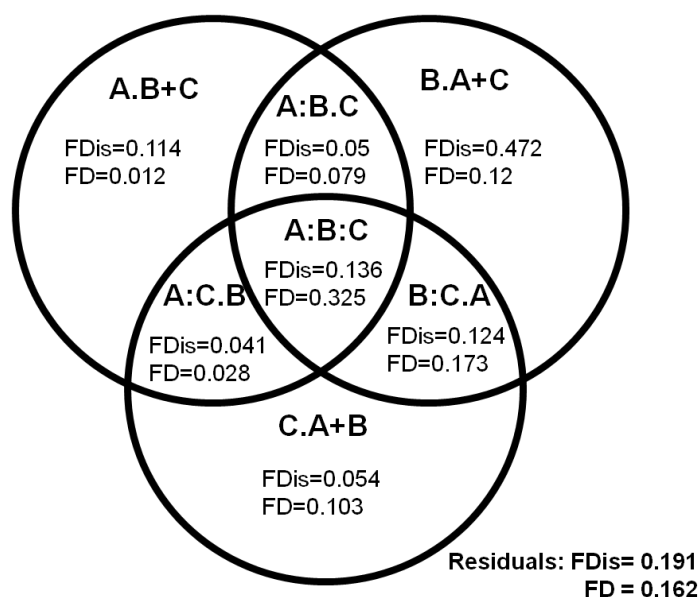


FIGURA 4: Diagrama de Veen mostrando os valores da partição de variância dos componentes A, B e C para os índices de diversidade FD e FDis.

DISCUSSÃO

A relação entre diversidade taxonômica vs funcional e o papel de preditores ambientais e espaciais na explicação de padrões de diversidade funcional tem sido um dos temas clássicos da ecologia (Mitchell 1979, Bengtsson 1998, Farias & Jaksic 2009, Heino 2005, 2009). Os trabalhos têm demonstrado resultados não consensuais em relação ao poder de previsibilidade dos padrões de biodiversidade a partir de variáveis ambientais, contingenciados pelos táxons, variáveis e escalas incluídas, forma de categorização funcional e sistema avaliado. Nosso estudo evidencia dois padrões principais: i) Diversidade funcional esta fortemente relacionada a diversidade de táxons de insetos aquáticos ao longo do gradiente de integridade dos córregos na região de Mata Atlântica e ii) índices funcionais são melhor explicados por conjuntos de variáveis atreladas a diferentes escalas dependentes de estrutura espacial.

Tivemos em nossos resultados pouca redundância entre os atributos funcionais das espécies ao longo do gradiente analisado. Em outras palavras, para o estudo de impactos nos ecossistemas, a riqueza de espécies parece ser um bom *surrogate* de

diversidade funcional e vice-versa. Padrão semelhante foi encontrado para formigas (Bihn *et al.* 2010), mamíferos e aves (Flynn *et al.* 2009, Petchey *et al.* 2007). Várias razões tem sido hipotetizadas para explicar padrões lineares de relação entre diversidade funcional e riqueza taxonômica. Parte do padrão pode ser atribuído a uma relação legítima (Petchey & Gaston 2002), pois muitas espécies apresentam características funcionais únicas. Entretanto, a forma e composição também pode depender do número de espécies de uma comunidade e dos critérios usados para mensurar e categorizar os atributos (Halper & Floeter 2008, Bengtsson 1998).

Com relativamente poucas espécies é bastante provável que a presença de grupos funcionais únicos, crie relações lineares, assim, considerando que, para larvas de insetos aquáticos a identificação geralmente não ultrapassa nível de gênero, nossa relação deve em parte ser explicada pela resolução taxonômica.

A baixa redundância também pode ser atribuída ao grau de degradação ambiental dos córregos onde, a perda de espécies ocasionada pela degradação caracterizou as comunidades com espécies não redundantes funcionalmente (Laliberté *et al.* 2010). Parte dos grupos com características funcionais semelhantes podem ter sido extintos localmente, restando apenas alguns representantes para cada grupo funcional. Em outras palavras, antes que a diversidade funcional seja afetada, as comunidades passam por um longo processo de perda de espécies redundantes funcionalmente (ver Fonseca & Ganade 2001).

De modo geral, estudos empíricos sugerem que os melhores modelos para explicar diversidade incluem conjuntos de variáveis atreladas a diferentes escalas (Anderson & Gribble 1998, Heino 2005, Barnett *et al.* 2010, Roque *et al.* 2010). Estudos recentes com biodiversidade aquática têm demonstrado que apenas variáveis de uma escala não são suficientes para explicar variabilidade em córregos temperados (Heino 2005) e tropicais (Roque *et al.* 2010). Nossos resultados de FD e FDis demonstram a importância de variáveis espaciais e locais (com maior importância das locais). Em termos funcionais, alguns autores tem defendido que a relação entre atributo e ambiente se dá nas escalas locais (Poff 1997, Farias & Jaksic 2009), com variáveis físicas e químicas interagindo com a estrutura de habitat para caracterizar a composição funcional dos sítios amostrais. Heino (2005) também encontrou fortes relações entre estrutura de habitat e diversidade funcional de macroinvertebrados aquáticos em córregos com diferentes gradientes ambientais.

Nosso trabalho adiciona mais evidências sobre a importância do componente espacial na distribuição de macroinvertebrados aquáticos em córregos tropicais (como em Roque *et al.* 2010). O papel do espaço na explicação da variabilidade de FDis foi preponderante. Entender o papel do componente espacial puro nos padrões de diversidade ainda é um desafio (Peres-Neto & Legendre 2010), principalmente em descritores complexos como FDis, entretanto, o espaço pode ser um *surrogate* de processos complexos como dispersão ou interações biológicas. Considerando que a distribuição do uso do solo no estado de São Paulo não é aleatória e que o estado apresenta diferenças geomorfológicas que podem não ter sido capturadas pelos nossos preditores de paisagem e locais, parte do componente espacial pode estar relacionado a estes componentes não mensurados e que podem influenciar a distribuição de macroinvertebrados.

Embora nosso estudo não avalie diretamente funções ecossistêmicas, a forte relação entre FD e SRic indica que, com a perda de espécies ao longo do gradiente de impacto, provavelmente algumas funções ficam comprometidas, *e.g.*, vários táxons de Trichoptera e Plecoptera só ocorreram em córregos bem conservados onde a composição funcional contou com o predomínio de coletores – raspadores, e grupos com hábitos relacionados a corredeiras (clingers). Já em córregos presentes em áreas de intenso uso do solo houve predomínio de predadores, espalhadores de substrato (sprawlers), grupos que vivem agarrados ao substrato (clingers) e poucos construtores de refúgios móveis (maioria de Trichoptera e alguns Chironominae), o que pode estar relacionado à falta de matéria-prima necessária (detritos finos e folhiço) para a presença dos mesmos. Do mesmo modo, os táxons encontrados em ambientes conservados apresentaram maior tamanho corporal que os coletados nas áreas de intenso uso do solo (Anexo 3), onde as espécies precisam emergir mais rapidamente. Isto é bastante preocupante sob o ponto de vista de conservação, considerando que a perda funcional na maioria dos casos só é identificada após uma grande perda na riqueza de espécies, pois a redundância funcional tende a ser maior em ecossistemas estáveis (Fonseca & Ganade 2001, Laliberté *et al.* 2010).

Nosso estudo além de adicionar mais informações sobre os efeitos deletérios na biodiversidade estrutural na Mata Atlântica causado por mudanças na paisagem (Nessimian *et al.* 2008, Baptista 2008, Lambeets *et al.* 2009), indica que estas mudanças são associadas a mudanças na organização funcional.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul – FUNDECT, Projeto Biota/FAPESP, Programa Nacional de Cooperação Acadêmica – PROCAD, Doutoranda Melissa O. Segura (UFSCar), Prof. Dr. Adolfo R. Calor (UFBA) pelas sugestões na formulação e seleção dos atributos e categorização funcional, Profs. Drs. Marcus V. Cianciaruso e Tadeu Siqueira (UFG), Mário A. Navarro (UFPR), Yzel R. Suarez (UEMS), Rogério Silvestre e Josué Raizer (UFGD) pelas sugestões e apoio técnico e estatístico durante o trabalho.

LITERATURA CITADA

- ALLAN, J.D. AND, M.M. CASTILLO. 2007. Stream Ecology Structure and function of running waters. Second Edition. Springer. ISBN 978-1-4020-5583-6. 436p.
- ALMORZA, D. AND, M. H. GARCÍA. 2008. Results of exploratory data analysis in the broken stick model. *J. Appl. Stat.* 35(9): 979-983.
- ANDERSEN, A. N. 1997. Using Ants as bioindicators: Multiscale Issues in Ant Community Ecology. *Conservation Ecology* [online] 1(1): 8. Available in: <http://www.consecol.org/vol1/iss1/art8/>
- ANDERSON, M. J. AND, N. A. GRIBBLE 1998. Partitioning the variation among spatial, temporal and environmental components in a multivariate data set. *Australian Journal Ecology*, 23:158–167.
- BAPTISTA, D. F. 2008. Uso de macroinvertebrados em procedimentos de biomonitoramento em ecossistemas aquáticos. *Oecologia Brasiliensis*. 12(3): 425-441.
- BARBOUR, M.T., J. GERRITSEN, B.D. SNYDER, AND, J.B. STRIBLING. 1999. Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish, Second Edition. EPA 841-B-99-002. U.S. Environmental Protection Agency; Office of Water; Washington, D.C.
- BARNETT, A.G., N. KOPER, A.J. DOBSON, F. SCHMIEGELOW, M. MANSEAU. 2010. Using information criteria to select the correct variance–covariance structure for

- longitudinal data in ecology. *Methods in Ecology & Evolution* 1: 15–24 doi: 10.1111/j.2041-210X.2009.00009.x
- BENGTSSON, J. 1998. Which species? What kind of diversity? Which ecosystem function? Some problems in studies of relations between biodiversity and ecosystem function. *Applied Soil Ecology* 10: 191-199.
- BIHN, J.H., G. GEBAUER, AND, R. BRANDL. 2010. Loss of functional diversity of ant assemblages in secondary tropical forests. *Ecology*, 91(3): 782–792.
- BOUBLI J.P. AND, M.G. DE LIMA. 2009. Modeling the geographical distribution and fundamental niches of *Cacajao* spp. and *Chiropotes israelita* in northwestern Amazonia via a maximum entropy algorithm. *International Journal of Primatology*, 30: 217-228.
- CONVENTION OF BIOLOGICAL DIVERSITY – CBD. 1992. UNEP-United Nations Environmental Protection. Available in: <http://www.cbd.int>
- CIANCIARUSO, M. V., M.A. BATALHA, K.J. GASTON, AND, O.L. PETCHEY. 2009. Including intraspecific variability in functional diversity. *Ecology*, 90: 81-89.
- CUMMINS, K. W. 1973. Trophic relations of aquatic insects. *Annual Review of Entomology*, 18: 183-206.
- DE VITA, J. 1979. Niche separation and the Broken Stick model. *The American Naturalist*. 114(2): 171-178.
- DIAZ, S., S. LAVOREL, F. BELLO, F. QUÉTIER, K. GRIGULIS, AND, T. M. ROBSON. 2007. Incorporating plant functional diversity effects in ecosystem service assessments. *PNAS* 104(52): 20684–20689.
- DOLÉDEC, S., AND, B. STATZNER. 2010. Responses of freshwater biota to human disturbances: contribution of J-NABS to developments in ecological integrity assessments. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 29(1):286–311.
- DUTILLEUL P. 1993. Modifying the t test for assessing the correlation between two spatial processes. *Biometrics*, 49: 305-314.
- FAHRIG, L. 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 34: 487–515.
- FARIAS, A.A., AND, F.M. JAKSIC. 2009. Hierarchical determinants of the functional richness, evenness and divergence of a vertebrate predator assemblage. *Oikos* 118: 591-603. doi: 10.1111/j.1600-0706.2008.16859.x,

- FELD, C. K. AND, D. HERING. 2007. Community structure or function: effects of environmental stress on benthic macroinvertebrates at different spatial scales. *Freshwater Biology* 52(7):1380–1399.
- FERREIRA, V., AND, E. CHAUVET. 2010. Synergistic effects of water temperature and dissolved nutrients on litter decomposition and associated fungi. *Global Change Biology*, doi: 10.1111/j.1365-2486.2010.02185.x
- FLYNN, D.F.B., M. GOGOL-PROKURAT, T. NOGEIRE, N. MOLINARI, B. T. RICHERS, B. B. LIN, N. SIMPSON, M. M. MAYFIELD, AND, F. DECLERCK. 2009. Loss of functional diversity under land use intensification across multiple taxa. *Ecology Letters*, 12: 22–33.
- FONSECA, C. R. AND, G. GANADE. 2001. Species functional redundancy, random extinctions and the stability of ecosystems. *Journal of Ecology*, 89, 118–125.
- FORTIN M.J. AND, M.R.T. DALE. 2005. *Spatial Analysis: A Guide for Ecologists*. Cambridge University Press, Cambridge.
- GOWER, J. C. 1971. A general coefficient of similarity and some of its properties. *Biometrics* 27:857-871.
- HALPERN, B.S., AND S.R. FLOETER. 2008. Functional diversity responses to changing species richness in reef fish communities. *Marine Ecology Progressive Series* 364: 147–156.
- HEINO, J. 2009. Species co-occurrence, nestedness and guild–environment relationships in stream macroinvertebrates. *Freshwater Biology* 54: 1947–1959.
- HEINO, J. 2005. Functional biodiversity of macroinvertebrate assemblages along major ecological gradients of boreal headwater streams. *Freshwater Biology* 50: 1578–1587 doi:10.1111/j.1365-2427.2005.01418.x
- HIGGINS, C.L. 2010. Patterns of functional and taxonomic organization of stream fishes: inferences based on α , β , and γ diversities. *Ecography* 33: 678-687.
- HIJMANS R.J., S.E. CAMERON, J.L. PARRA, P.G. JONES AND, A.J. JARVIS. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25: 1965-1978.
- KISSLING, W.D., R. FIELD AND, K. BÖHNING-GAESE. 2008. Spatial patterns of woody plant and bird diversity: functional relationships or environmental effects? *Global Ecol. Biogeogr.* DOI: 10.1111/j.1466-8238.2007.00379.x

- HISCOCK, K., A. SOUTHWARD, I. TITTLE AND, S. HAWKINS. 2004. Effects of changing temperature on benthic marine life in Britain and Ireland. *Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst.* 14: 333–362.
- HYNES, H.B.N. 1970. The ecology of stream insects. *Annu. Rev. Entomol* 15:25-42.
- INSTITUTO FLORESTAL DE SÃO PAULO. 2005. Inventário florestal da vegetação natural do Estado de São Paulo. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente / Instituto Florestal. Imprensa Oficial. 200p. Available in: <http://www.iflorestal.sp.gov.br/sifesp/publicacoes.html>
- LALIBERTÉ, E., AND P. LEGENDRE. 2010. A distance-based framework for measuring functional diversity from multiple traits. *Ecology*, 91(1): 299–305.
- LALIBERTÉ, E., J.A. WELLS, F. DECLERCK, D.J. METCALFE, C.P. CATTERALL, C. QUEIROZ, I. AUBIN, S.P. BONSER, YI DING, J.M. FRATERRIGO, S. MCNAMARA, J.W. MORGAN, D.S. MERLOS, P.A. VESK, AND M.M. MAYFIELD. 2010. Land-use intensification reduces functional redundancy and response diversity in plant communities. *Ecology Letters*, 13: 76–86.
- LAMBEETS, K., M.L. VANDEGEHUCHTE, J.P. MAELFAIT, AND, D. BONTE. 2009. Integrating environmental conditions and functional life history traits for riparian arthropod conservation planning. *Biological Conservation*, 142: 625–637.
- LAVOREL, S., K. GRIGULIS, S. MCINTYRE, N. S. G. WILLIAMS, D. GARDEN, J. DORROUGH, S. BERMAN, F. QUÉTIER, A. THEBAULT, AND A. BONIS. 2008. Assessing functional diversity in the field – methodology matters! *Functional Ecology*, 22:134-147.
- LEGENDRE P. AND, L. LEGENDRE. 1998. Numerical ecology. 2nd English edition. Elsevier Science BV, Amsterdam. 853 p.
- LEGENDRE, P. 2008. Studying beta diversity: ecological variation partitioning by multiple regression and canonical analysis. *Journal of Plant Ecology* 1: 1, 3–8.
- MAESTRE, F. T., AND, M. D. PUCHE. 2009. Indices based on surface indicators predict soil functioning in Mediterranean semi-arid steppes. *Applied Soil Ecology* 41: 342–350.
- MASON, N. W. H., D. MOUILLOT, W.G. LEE, AND, J.B. WILSON. 2005. Functional richness, functional evenness and functional divergence: the primary components of functional diversity. *Oikos* 111: 112-118.

- MCGRADY-STEED, J. AND, P. J. MORIN. 2000. Biodiversity, density compensation, and the dynamics of populations and functional groups. *Ecology*, 81(2), 361–373.
- MERRITT, R. W., K.W. CUMMINS, AND, M.B. BERG. (Ed.). 2008. An introduction to the aquatic insects of North América. 4. ed. Dubuque: Kendall/Hunt Publishing. 862 p.
- METZGER, J.P., M.C. RIBEIRO, G. CIOCHETI, AND, L.R. TAMBOSI. 2008. Uso de índices de paisagem para a definição de ações de conservação e restauração da biodiversidade do Estado de São Paulo. In: R.R. Rodrigues, C.A. Joly, M.C.W. Brito, A. Paese, J.P. Metzger, L. Casatti, M.A. Nalon, N. Menezes, N.M. Ivanauskas, V. Bolzani, V.L.R. Bononi (Eds.): *Diretrizes para Conservação e Restauração da Biodiversidade no Estado de São Paulo*. pp. 120-127. Secretaria do Meio Ambiente & FAPESP, São Paulo.
- METZGER J.P. 2006. How to deal with non-obvious rules for biodiversity conservation in fragmented areas. *The Brazilian Journal of Nature Conservation*, 4: 125–137.
- MICHELI, F., AND, B.S. HALPERN. 2005. Low functional redundancy in coastal marine assemblages. *Ecology Letters*, 8: 391–400.
- MILLENIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. 2005. *Ecosystems and human well-being: biodiversity synthesis*. World Resources Institute, Washington DC, USA.
- MITCHELL, M.J. 1979. Functional Relationships of Macroinvertebrates in Heterotrophic Systems with Emphasis on Sewage Sludge Decomposition. *Ecology*, 60(6): 1270-1283.
- MOUCHET, M.A., S. VILLÉGER, N.W.H. MASON, AND, D. MOUILLOT. 2010. Functional diversity measures: an overview of their redundancy and their ability to discriminate community assembly rules. *Functional Ecology*, doi: 10.1111/j.1365-2435.2010.01695.x
- MYERS, N., R. A. MITTERMEIER, C. G. MITTERMEIER, G. A. B. DA FONSECA AND, J. KENT. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403: 853-858.
- NESSIMIAN, J.L., E. M. VENTICINQUE, J. ZUANON, P. DE MARCO JR, M. GORDO, L. FIDELIS, J. D. BATISTA, AND, L. JUAN. 2008. Land use, habitat integrity, and aquatic insect assemblages in Central Amazonian streams. *Hydrobiologia*, 614:117–131.

- NICHOLS, E., S. SPECTOR, J. LOUZADA, T. LARSEN, S. AMEZQUITA, AND, M.E. FAVILA. 2008. Ecological functions and ecosystem services provided by Scarabaeinae dung beetles. *Biological Conservation*, 141, 1461–1474.
- PAVOINE, S., J. VALLET, A.B. DUFOUR, S. GACHET AND, H. DANIEL. 2009. On the challenge of treating various types of variables: application for improving the measurement of functional diversity. *Oikos* 118: 391-402.
- PERES-NETO, P.R., AND, P. LEGENDRE. 2010. Estimating and controlling for spatial autocorrelation in the study of ecological communities. *Global Ecology and Biogeography* 19: 174-184.
- PERES-NETO, P.R., D.A. JACKSON, AND, K.M. SOMERS. 2003. Giving meaningful interpretation to ordination axes: assessing loading significance in principal component analysis. *Ecology* 84: 2347-2363.
- PETCHEY, O. L., AND, K. J. GASTON. 2002. Functional diversity (FD), species richness and community composition. *Ecology Letters* 5:402–411.
- PETCHEY, O. L., P.T. MCPHEARSON, T.M. CASEY, AND, P.J. MORIN. 1999. Environmental warming alters food-web structure and ecosystem function. *Nature* 402(4): 96-72.
- PETCHEY, O.L., K.L. EVANS, I.S. FISHBURN AND, K. J. GASTON. 2007. Low functional diversity and no redundancy in British avian assemblages. *Journal of Animal Ecology* 76: 977–985.
- POFF, N. L. 1997. Landscape filters and species traits: towards mechanistic understanding and prediction in stream ecology. *Journal the North American Benthological Society*, 16(2): 391-409.
- POFF, N. L., J.D. OLDEN, N.K.M. VIEIRA, D.S. FINN, M.P. SIMMONS, AND, B.C. KONDRATIEFF. 2006. Functional trait niches of North American lotic insects: traits-based ecological applications in light of phylogenetic relationships *Journal the North American Benthological Society*, 25(4): 730–755.
- RIBEIRO, M. C., J. P. METZGER, A. C. MARTENSEN, F. J. PONZONI, M. M. HIROTA. 2009. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biological Conservation*. 142: 1141-1153.
- ROQUE, F.O., T. SIQUEIRA, L.M. BINI, M.C. RIBEIRO, L.R. TAMBOSI, G.CIOCHETI AND S. TRIVINHO-STRIXINO. 2010. Untangling associations between chironomid taxa in

- Neotropical streams using local and landscape filters. *Freshwater Biology*
DOI:10.1111/j.1365-2427.2009.02314.x.
- SETÄLÄ, H., J. LAAKSO, J. MIKOLA, AND, V. HUHTA. 1998. Functional diversity of decomposer organisms in relation to primary production. *Applied Soil Ecology* 9: 25-31.
- SOS MATA ATLÂNTICA/INPE. 2010. Atlas dos remanescentes florestais de Mata Atlântica no período de 2008 – 2010. Fundação SOS Mata Atlântica, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais e Instituto Socioambiental, São Paulo. Available in: www.sosma.org.br
- SOUTHWOOD, T. R. E. 1977. Habitat, the templet for ecological strategies? *Journal of Animal Ecology*. 46: 337-365.
- STATZNER, B. AND, L. A. BECHE. 2010. Can biological invertebrate traits resolve effects of multiple stressors? *Freshwater Biology*, 55 (Suppl. 1): 80–119.
- SURIANO, M.T., A.A. FONSECA-GESSNER, F.O. ROQUE, AND, C.G. FROEHLICH. 2011. Choice of macroinvertebrate metrics to evaluate stream conditions in Atlantic Forest, Brazil. *Environ Monit Assess*. DOI 10.1007/s10661-010-1495-3.
- TOWNSEND, C. R., AND, A. G. HILDREW. 1994. Species traits in relation to a habitat templet for river systems. *Freshwater Biology* 31: 265-275.
- VANNOTE, R. L., G. W. MINSHALL, K. W. CUMMINS, J. R. SEDELL, AND, C. R. CUSHING. 1980 The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 37: 130-137.
- VIEIRA, N.K.M.; N.L. POFF, D.M. CARLISLE, S.R. MOULTON, M.J. KOSKI, AND, L.B.C. KONDRATIEFF. 2006. A Database of Lotic Invertebrate Traits for North América : U.S. Geological Survey Data Series 187, Available in: <http://pubs.water.usgs.gov/ds187>
- VILLÉGER, S., N. W. H. MASON AND, D. MOUILLOT. 2008. New multidimensional functional diversity indices for a multifaceted framework in functional ecology. *Ecology* 89:2290-2301.
- WALKER B.H., AND, J.L. LANGRIDGE. 2002. Measuring Functional Diversity in Plant Communities with MixedLife Forms: A Problem of Hard and Soft Attributes. *Ecosystems* 5: 529-538.
- WALKER, B.H., A. KINZIG, AND, J.L. LANGRIDGE. 1999. Plant Attribute Diversity, Resilience, and Ecosystem Function: The Nature and Significance of Dominant and Minor Species. *Ecosystems* 2: 95–113.

WORSFOLD, N. T., P. H. WARREN, AND, O. L. PETCHEY. 2009. Context-dependent effects of predator removal from experimental microcosm communities. *Oikos* 118: 1319-1326.

Capítulo II

Relação entre integridade de habitat e diversidade funcional de macroinvertebrados em córregos cársticos no planalto da Bodoquena, Brasil

Emílio Colzani^a, Suzana C. Escarpinati^a e Fabio O. Roque^{a,b}

^aPrograma de Pós Graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade, Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais / Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil

^bUniversidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil

In this paper we analyzed how the functional diversity varies under different environmental integrity, seeking which functional indices that discriminate environmental gradients in Bodoquena Plateau and the implications of the results for metrics selection that are potentially applicable to biomonitoring in the region. We applied the habitat integrity index (HII) to categorize different land uses, riparian zone integrity, habitat structure and forest cover percentage on sampling sites. As functional indices (FI), we used functional richness (Fric), functional dispersion (FDis), functional evenness (FEve) and functional divergence (FDiv). The results did not show a linear relationship with values of environmental integrity, streams with high values of HII showed low functional richness, but high functional divergence and functional dispersion. To reduce the uncertainties and possible artifacts related to potential lack of relationship between functional indices and HII, we need to evaluate a wider range of environmental gradients and refine the functional categorization of aquatic insects in the tropics.

Keywords: Functional indices; functional composition; karstic region; biomonitoring

Nesse trabalho analisamos como a diversidade funcional varia sob diferentes condições de integridade ambiental, buscando quais os índices funcionais que discriminam gradientes ambientais no Planalto da Bodoquena e quais as implicações dos resultados para a seleção de métricas potencialmente aplicáveis ao biomonitoramento da região. Aplicamos o *habitat integrity index* (HII) para categorizar os diferentes usos do solo, integridade da zona ripícola e estrutura de habitat nos sítios amostrais, bem como porcentagem de cobertura florestal. Como índices funcionais (FI), utilizamos riqueza funcional (FRic), dispersão funcional (FDis), equitabilidade funcional (FEve) e divergência funcional (FDiv). Os resultados não apresentaram um padrão linear de relação com os valores de integridade ambiental, córregos com altos valores de HII apresentaram baixa FRic, mas alta FDiv e FDis. Para diminuir as incertezas e possíveis artefatos relacionados a potencial falta de relação entre os índices funcionais utilizados e HII, necessitamos avaliar uma maior variabilidade de gradientes ambientais e refinar a categorização funcional de insetos aquáticos nas regiões tropicais.

Palavras – chave: Índices funcionais; composição funcional; região cárstica; biomonitoramento

Introdução

A abordagem funcional baseada em atributos tem sido amplamente utilizada em pesquisas evolutivas e ecológicas, remontando os próprios trabalhos de Darwin sobre atributos biológicos como preditores de performance dos organismos (Violle et al. 2007). Atualmente esta abordagem tem sido usada em biomonitoramento (Feld e Hering 2007), estratégias de conservação e entendimento de relações entre biodiversidade e serviços ecossistêmicos (Martinez 1996; Violle et al. 2007).

Em ambientes aquáticos, estudos sobre diversidade funcional têm contribuído fortemente para o entendimento de padrões de distribuição e processos subjacentes (Violle et al. 2007), possuindo grande potencial para a previsão de alterações ao longo de gradientes ambientais (Poff et al. 2006). Em países como a França (Usseglio-Polatera et al. 2000; Stanzner et al. 2007; 2008), Nova Zelândia (Townsend e Hildrew 1994; Townsend et al. 1997; Stark et al. 2001), Finlândia (Heino 2005; Heino et al. 2007), Hungria (Schmera et al. 2009), Costa Rica (Lorion e Kennedy 2008) e Estados Unidos (Cummins 1973; Poff 1997; Poff et al. 2006; Carter et al. 2007) já se utiliza atributos

funcionais em programas de proteção ambiental como base para previsão de impactos em ambientes aquáticos.

O trabalho de Cummins (1973) que desenvolveu uma abordagem funcional para insetos aquáticos baseada em grupos funcionais de alimentação, deu suporte para diversas pesquisas posteriores, e.g., a formulação do Contínuo Fluvial por Vannote et al. (1980). Considerando os ambientes aquáticos em escalas hierárquicas, Poff (1997) e Poff et al. (2006), usando a metáfora de “filtros ambientais”, discutem teoricamente como a organização da comunidade local baseada nos atributos pode ser resultado de um processo de seleção agindo em diferentes escalas sob um conjunto regional de espécies. As diversas condições de um corpo d’água e da comunidade ali presente, tais como características biológicas, geológicas, químicas e físicas, podem trabalhar como filtros, limitando a presença de grupos com determinados atributos em certos locais e que podem coexistir somente em escalas espaciais específicas.

No caso de impactos pontuais, como despejos industriais ou de esgoto orgânico, a resposta das comunidades bióticas são relativamente previsíveis, entretanto impactos não pontuais ou difusos (e.g. agricultura, pastagem) são de difícil detecção, pois as alterações nas comunidades são pouco evidentes (Allan 2004). Esses resultados podem produzir respostas difusas em estudos da biodiversidade local (Connell 1978), sendo necessários estudos mais detalhados dos fatores bióticos e abióticos para se encontrar bons *surrogates* para impactos leves, o que ainda é um tema desafiador.

Nesse trabalho analisamos se o conjunto de atributos funcionais da comunidade de macroinvertebrados responde previsivelmente aos filtros gerados pela ação antrópica, particularmente o grau de integridade da zona ripícola e usos do solo no entorno de córregos de baixa ordem. Para isso avaliamos as facetas da diversidade funcional (FD) em córregos presentes em zonas ripícolas sob diferentes condições de integridade ambiental no Planalto da Bodoquena (Brasil), uma região cárstica caracterizada por mosaico de Mata Atlântica e Cerrado, dominada por pastagens, visando responder: a) Entre os índices funcionais utilizados (riqueza, dispersão, equitabilidade e divergência funcional), quais discriminam gradientes ambientais em córregos no Planalto da Bodoquena? b) Como a composição funcional (FComp) varia sob diferentes condições de integridade ambiental? c) Quais as implicações dos resultados para a seleção de métricas potencialmente aplicáveis ao biomonitoramento da região?

Diversos modelos têm sido propostos para explicar a relação entre diversidade funcional e integridade de hábitat (Halpern e Floeter 2008; Flynn et al. 2008; Statzner e

Beche 2010). De modo geral, estes modelos expressam 4 tipos de relações:(i) queda gradativa de FD com a intensificação do uso do solo, (ii) ausência de relação, determinada pela alta redundância funcional, (iii) baixa redundância funcional, onde espécies redundantes se perdem primeiro, ou (iv) espécies funcionalmente únicas se perdem primeiro, ocasionando uma queda brusca em FD.

Métodos

Local de estudo

O Planalto da Bodoquena é escarpado a Oeste, no sentido da Planície do Pantanal, suavemente inclinado a Leste, transicional com a planície de inundação do Rio Miranda. Nele está inserido o Parque Nacional da Serra da Bodoquena (PARNASB), composto por dois polígonos, que ocupam 77.232 ha do planalto, possuindo aproximadamente 300 km de comprimento (sentido norte-sul) e largura entre 20 e 50 km (Figura 1), sendo uma das áreas prioritárias para a conservação no Estado de Mato Grosso do Sul (Brasil/MMA 2002).

As altitudes variam entre 450 e 800 m, com predominância de matas estacionais (IBAMA 2004; Boggiani et al. 2000). A vegetação e o solo da região estão distribuídos de acordo com o relevo e as diferenças litológicas com solos com partes de Terra Roxa e Rendizna, vegetação nativa de Mata Estacional Decidual e Semidecidual, e partes de Cerrado e Cerradão (Alvarenga et al. 1982). A hidrografia da região é caracterizada por rios calcários, de turbidez nula e pH elevado. A região está inserida na Bacia Hidrográfica do Rio Paraguai, conta com importantes rios (Salobra, Prata, Perdido, Sucuri, Aquidabã e Formoso) e abriga grande parte das nascentes da região e por consequência inúmeros riachos e córregos (GEF-Rio Formoso 2007), que em sua maioria concentra parte dos impactos antrópicos provenientes de atividades agrícolas e pecuárias.

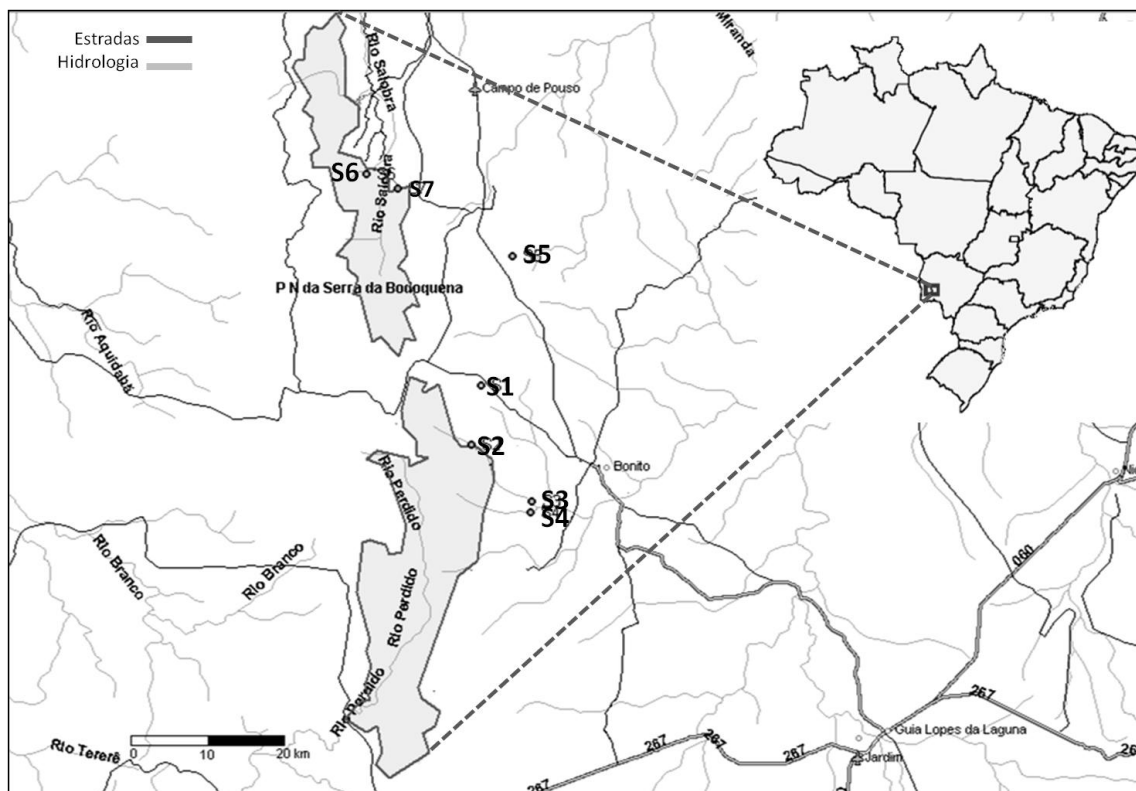


Figura 1 Sítios amostrais e Parque Nacional Serra da Bodoquena (PARNASB), Mato Grosso do Sul, Brasil. Fonte: GPS – Track Maker <<http://www.gpstm.com>> .

Abordagem metodológica

Realizamos as coletas, em trechos de 7 diferentes córregos de 1^a a 3^a ordem com diferentes graus de conservação da mata ripícola. Os córregos S5, S6 e S7 estão inseridos na porção norte do Planalto e os demais na porção sul. Os córregos S2 e S7 localizam-se em zona de amortecimento do PARNASB, S6 encontra-se no interior do Parque e S1, S3, S4 e S5 estão inseridos em áreas de pecuária.

Para as coletas utilizamos amostrador tipo Surber com área de contato de 0,09m² e rede com malha de 250µm, com esforço amostral de seis unidades, distribuídas aleatoriamente ao longo de 100m, de comprimento do leito do córrego

O período chuvoso (Novembro de 2009) foi escolhido, uma vez que alguns corpos d'água de baixa ordem da região apresentam perfis sazonais, secando em determinadas épocas do ano.

Variáveis locais e métricas de paisagem

As variáveis ambientais comumente usadas para categorizar ecossistemas lóticos como condutividade, pH, oxigênio dissolvido, turbidez, foram medidas, mas não as

utilizamos, devido a hidrografia da região ser caracterizada por rios calcários, de turbidez nula e pH elevado, apresentando homogeneidade dos valores físicos e químicos, sem variações significativas.

Há pouca informação a respeito dos efeitos de variáveis da paisagem sobre invertebrados aquáticos (múltiplos táxons) e sobre a habilidade de dispersão destes organismos em regiões tropicais. Assim na ausência de informação, utilizamos *buffers* de 150m e aplicamos o *habitat integrity index* (HII) segundo Nessimian et al. (2008) como forma de caracterização do grau de integridade (Anexos 1 e 2).

Categorização funcional

Para diversidade funcional avaliamos atributos morfológicos e ecológicos (Tabela 1) considerados relevantes para responder nossos objetivos, de modo semelhante ao utilizado por Cummins (1973), Poff (1997), Tomanová et al. (2006) e Statzner et al. (2007; 2008). Utilizamos a base de dados desenvolvida por Vieira et al. (2006), que inclui categorias como: grupos funcionais de alimentação, tamanho corporal, morfologia, preferência por determinados substratos.

Ressaltamos a complexidade de se utilizar a abordagem funcional para invertebrados em regiões tropicais (Tomanová et al. 2006), pois, i) os grupos apresentam hábitos alimentares variados, ii) a variação funcional pode depender do ínstar e da resolução taxonômica, e iii) a categorização trófica específica para grupos funcionais alimentares de insetos, especificamente da família Chironomidae, ainda não é muito claro devido à sua plasticidade alimentar (Pinder 1986). Assim, consideramos os hábitos alimentares primários como fizeram Vieira et al. (2006). Para grupos que possuem tanto larvas quanto adultos no ambiente aquático (e.g. Coleoptera) consideramos as diferenças funcionais de ambos.

Como índices funcionais (FI) medimos a riqueza funcional (FRic), dispersão funcional (FDis), equitabilidade funcional (FEve) e divergência funcional (FDiv) segundo Laliberté e Shipley (2010), que utiliza *principal coordinates analysis* (PCoA), para retornar eixos, os quais são utilizados como atributos para computar FI. Aplicamos a distância de Gower segundo Podani (1999) por tolerar diferentes categorias de atributos (e.g. contínuos, ordinais, nominais e dicotômicos), além de dados ausentes, comuns em abordagem funcional. Utilizamos o método “UPGMC” (Legendre e Legendre 1998) para agrupamento das espécies.

Em FI, escolhemos os mesmos, por serem índices que de alguma forma se complementam, pois buscam variações na estrutura funcional, para identificar os componentes separados de diversidade, para que possíveis ligações entre eles e as funções do ecossistema possam ser examinadas em detalhes (Mason et al. 2005), e.g., enquanto FRic (Mouillot et al. 2005) representa o número de atributos funcionais em cada site, FDis é baseada em dispersão multivariada (Anderson et al. 2006), sendo caracterizada pela distância média de cada espécie para o centróide de todas as espécies na comunidade (Laliberté e Legendre 2010), bem como FEve (Mouillot et al. 2005), que busca a uniformidade e FDiv (Mason et al. 2005), que analisa o quanto as espécies se diferenciam dentro das categorias de cada atributo, esses três últimos índices contam com a abundância relativa das espécies como base para os cálculos.

A composição funcional (FComp), que leva em consideração a abundância total de atributos utilizando o *community-level weighted means* - CWM (Lavorel et al. 2008), foi aplicada para definição do atributo mais abundante em cada córrego coletado (Tabela 2), as referências utilizadas para categorização funcional e lista de espécies com seus respectivos atributos encontram-se no Anexo 3 e 4, respectivamente.

Tabela 1 Atributos funcionais, adaptados de Vieira et al. (2006), Poff et al. (2006) e Usseglio-Polatera et al. (2000).

Atributo funcional	Estado (modalidade)	Código/descrição
Morfologia		
Exoesqueleto ou proteção externa	Corpo mole	Ex1
	Levemente esclerotizado	Ex2
	Bem protegido	Ex3
Tamanho e maturidade	Pequeno (<9 mm)	Tm1
	Médio (9-16 mm)	Tm2
	Grande (>16 mm)	Tm3
Ecologia		
Reofilia	Remansos	Rh1
	Remansos e corredeiras	Rh2
	Corredeiras	Rh3
Grupos tróficos e papel ecológico	Coletores (roçadores, recolhedores)	Tr1
	Coletores – filtradores	Tr2
	Raspadores (algas, fungos no substrato)	Tr3
	Predadores	Tr4
	Fragmentadores	Tr5
	Generalistas (material animal e/ou vegetal suspenso)	Tr6
	Parasitas	Tr7

Padrões de diversidade e relação com variáveis ambientais

Considerando que dados espacializados geralmente apresentam autocorrelação (Legendre 1993), calculamos as correlações entre FI vs HII e FI vs porcentagem de cobertura florestal reportando os valores de p ajustados de acordo com o método de Dutilleul (1993). Utilizamos o pacote analítico gratuito SAM v.4.0 (Rangel et al. 2010) para o procedimento descrito acima. As demais análises estatísticas foram realizadas no ambiente R (R Development Core Team 2011).

Resultados

Os índices de diversidade funcional (Tabela 2) não estiveram correlacionados com o HII e cobertura florestal, apresentando valores $r < 0.8$, e $p > 0.05$ (Tabela 3), os córregos S2 e S6 juntos, apresentaram maiores valores de HII (Tabela 4) e de FDiv, juntamente com os córregos S1 e S7 e tiveram os mais baixos valores de FRic (Figura 2A, D).

Tabela 2 Coordenadas geográficas e valores obtidos pelos índices funcionais (FI) e de riqueza de espécies (SRic), para os sete córregos.

Córregos	Coordenadas		SRic	FRic	FEve	FDiv	FDis
S1	-56,6246	-21,0309	34	0,4043	0,6661	0,9506	0,4203
S2	-56,6358	-21,1045	47	0,5927	0,6522	0,9611	0,3532
S3	-56,5561	-21,1856	78	0,7903	0,6551	0,8545	0,3752
S4	-56,5617	-21,1878	75	0,8491	0,6312	0,8781	0,3959
S5	-56,5882	-20,8711	58	0,5574	0,6351	0,9142	0,3563
S6	-56,7673	-20,7711	48	0,4321	0,5869	0,9511	0,4474
S7	-56,7289	-20,7885	52	0,6175	0,5845	0,9432	0,3552

Os córregos S3 e S4 apresentaram os maiores valores de FRic (Figura 2 A), mas baixos valores de FDis e FDiv (Figura 2 B, D). FEve teve valor maior para os córregos S1, S3 e S2 (Figura 2 C), e de FDis para os córregos S6, S1 e S4, respectivamente.

Em FComp (Tabela 4), córregos mais íntegros como S2, tiveram o predomínio de grupos predadores (Tr4), presentes tanto em remansos como em corredeiras (Rh2), corpo mole (1,414), e tamanhos pequenos (1,389). Em S6 e S4 foram mais abundantes raspadores e filtradores, reofílicos, de tamanho médio a grande (1,674 e 2,277) e corpo mais protegido (2,009 e 1,890), todos respectivamente. S5 foi considerado o córrego

mais impactado (HII=18), e apresentou mais filtradores com reofilia positiva, corpo mole (1,467) e tamanho pequeno (1,621).

Tabela 3 Correlações de Pearson entre FI vs HII e porcentagem de cobertura florestal, ajustadas segundo Dutilleul (1993).

	HII	F	df	<i>p</i>	Floresta(%)	F	df	<i>P</i>
FRic	-0.053	0.010	3.588	0.926	-0.006	<.001	4.770	0.990
FDis	0.289	0.372	4.072	0.574	0.273	0.398	4.953	0.556
FEve	-0.128	0.099	5.988	0.763	-0.250	0.332	4.969	0.590
FDiv	0.400	0.898	4.713	0.390	0.376	0.814	4.947	0.409

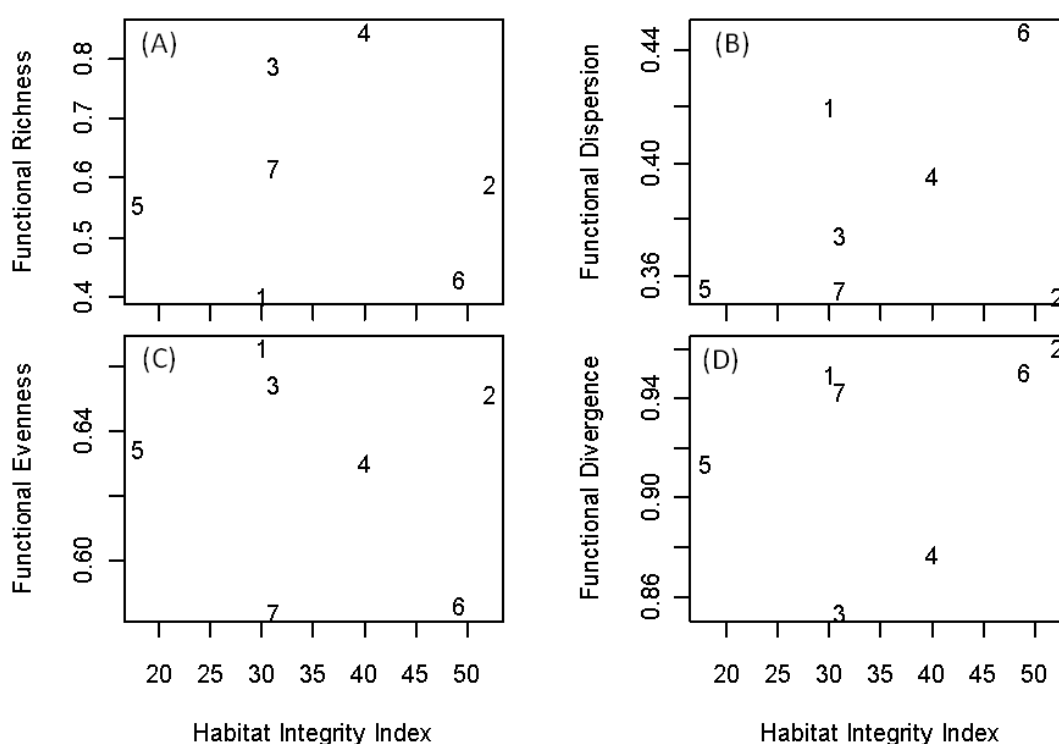


Figura 2 Relações entre os índices funcionais (FI) e *habitat integrity index* (HII). Os números plotados correspondem aos córregos e suas posições com relação às variáveis.

Os resultados obtidos para os córregos mais íntegros como S2, foram em parte determinados pela abundância de chironomídeos da sub-família Tanytopodinae, onde a maioria de seus gêneros são primariamente predadores. Em S6 atributos como reofilia e trofia foram determinados principalmente por larvas de *Heterelmis* (Coleoptera: Elmidae).

Tabela 4 Valores do *habitat integrity index* (HII), porcentagem de cobertura florestal e composição funcional (FComp), obtida por *community-level weighted means* (CWM) para os córregos em questão. Para conferir os códigos dos atributos ver Tabela 1.

Córregos	HII	Floresta (%)	Exoesqueleto	Tamanho	Reofilia	Trofia
S1	30	20	2,242	2,155	Rh2	Tr3
S2	52	100	1,414	1,389	Rh2	Tr4
S3	31	20	1,437	1,579	Rh2	Tr1
S4	40	80	1,890	2,277	Rh3	Tr2
S5	18	10	1,467	1,621	Rh3	Tr2
S6	49	100	2,009	1,674	Rh3	Tr3
S7	31	25	1,365	1,348	Rh1	Tr1

S4 e S5, embora apresentando grande variação de integridade, foram similares em trofia e reofilia, com predomínio de coletores – filtradores presentes em corredeiras, determinado pela abundância de *Simulium* (Diptera: Simuliidae) e *Smicridia* (Trichoptera: Hydropsychidae). A família Hydropsychidae apresenta hábitos alimentares onívoros, mas são considerados filtradores por construir redes fixas junto a corredeiras (Reynaga 2009), da qual obtém, como alimento, partículas e pequenos animais em deriva (Angrisano 1995; Correa et al. 1981).

Discussão

As relações entre usos do solo e respostas funcionais variam consideravelmente em relação ao tipo de gradiente avaliado (Laliberté et al. 2010). Nosso estudo corrobora com os modelos ii e iii, apresentados na introdução, em outras palavras, nós não encontramos relação entre grau de integridade dos córregos e diversidade funcional de insetos aquáticos (Tabela 2 e Figura 2).

Allan (2004), em uma revisão com dados de corpos d'água norte-americanos localizados em áreas sob diferentes usos do solo demonstrou que, em córregos localizados em matrizes de agricultura ou pastagem, as alterações nas comunidades locais se tornam perceptíveis e lineares com as alterações na paisagem apenas depois que o uso do solo em questão abrange de 30% a 50% do total da paisagem. Em nosso estudo a paisagem é marcada por uma matriz de pecuária e por córregos com mata ripícola em diferentes graus de conservação. Assim, a falta de relação entre FI e HII pode ser atribuída ao gradiente ambiental não ser forte o suficiente para imprimir respostas funcionais.

FRic foi mais alta em córregos com integridade moderada (S3 e S4, HII = 31 e 40, respectivamente), o que confere com estudos de impacto, onde a riqueza taxonômica em gradientes de “distúrbio intermediário” (Connell 1978) é determinada por grupos generalistas ou oportunistas com maiores valores de tolerância, refletindo também em estratégias alimentares e comportamentais de sobrevivência (Goldstein e Simon 1999), onde essas espécies podem ocupar funcionalmente o lugar de grupos especialistas mais raros. Entretanto, o córrego S1, que se encontra nessa faixa intermediária, não coincidiu com os demais.

FDiv (Figura 2D), que calcula o quanto as espécies são dissimilares para cada atributo, indica que, em áreas conservadas (S2 e S6) e de integridade moderada (S1 e S7), os táxons coletados apresentam funções extremas para cada atributo, e.g., nesses locais, tamanho corporal e exoesqueleto, não apresentam valores médios, sendo ou grandes (>16 mm) ou pequenos (<9 mm), ou “bem esclerotizados” ou “corpo mole”. Em córregos funcionalmente mais ricos (S3 e S4) as espécies apresentaram baixa divergência, i.e., uma composição mais homogênea para cada atributo.

A dispersão entre as espécies dentro de cada par de atributos funcionais (FDis) (Laliberté e Legendre 2010), foi alta tanto em gradiente íntegro (S6) quanto em integridade moderada (S1), assim como FEve, que refere-se ao quão funcionalmente similar as espécies estão representadas na comunidade, onde os córregos S1, S3 e S2 apresentaram maior equitabilidade, ou seja, os atributos presentes nesses córregos possuem a mesma representatividade, sendo proporcionais a abundância relativa das espécies.

FComp, em grande parte, foi determinada pela abundância de táxons predominantes e grupos próximos filogeneticamente (e.g., sub-família). Vários fatores são responsáveis por esses resultados, entre eles: a) a presença de fatores não detectados em nossas análises como, a redundância funcional entre táxons ligados evolutivamente, (Poff et al. 2006; Stutzner e Beche 2010) e b) o grau de integridade para os córregos amostrados não é suficiente para indicar modificações na estrutura funcional.

Neste estudo, nós classificamos funcionalmente os táxons em atributos bastante amplos e grosseiros (maioria categóricos), pois ainda existe muita incerteza em relação ao papel funcional de muitos insetos aquáticos na região Neotropical (Tomanová e Usseglio-Polatera 2007). Como os índices funcionais são sensíveis ao refinamento das categorias usadas (Cianciaruso et al. 2009), parte da falta de relação em FI e HII pode ser atribuída a categorização funcional empregada.

Em síntese, para diminuir as incertezas e possíveis artefatos relacionados a potencial falta de relação entre FI e HII necessitamos avaliar uma maior variabilidade de gradientes ambientais de conservação e refinar a categorização funcional de insetos aquáticos nas regiões tropicais.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul – FUNDECT, Projeto Biota/FAPESP, Programa Nacional de Cooperação Acadêmica – PROCAD, Doutoranda Melissa O. Segura (UFSCar), Mestrandos Rafael Moretto (USP) e Marciel Elio Rodrigues (UFGD), pelo auxílio na identificação e categorização funcional dos táxons de Coleoptera, Trichoptera e Odonata respectivamente, Profs. Drs. Marcus V. Cianciaruso (UFG) e Tadeu Siqueira (UFSCar), Mário A. Navarro (UFPR), Rogério Silvestre, Josué Raizer (UFGD) e Yzel R. Suarez (UEMS), pelas sugestões e apoio técnico e estatístico durante o trabalho. Aos membros da equipe do Curso Entomologia de Campo 2009 (UFGD) pelo auxílio nas coletas, Sr Neil, e Sr José Carlos, administradores das Fazendas Pitangueiras e Califórnia, respectivamente, bem como aos proprietários e residentes das mesmas que nos prestaram grande auxílio.

Referências

- Angrisano, E.B. (1995) ‘El Orden Trichoptera en la Argentina y países limitrofes’, *Physis*, 50(118-119),19-25.
- Allan, J.D. (2004), ‘Landscapes and riverscapes: The Influence of Land Use on Stream Ecosystems’, *Annual Review of Ecology, Evolution And Systematics*, 35:257–84.
- Alvarenga, S.M., Brasil, A.E. e Del’Arco, D.M. (1982), ‘Geomorfologia’ In *IBGE, Levantamento de Recursos Naturais*, 28, 125-184, Campo Grande, Folha SF-21. RJ.
- Boggiani, P. C., Coimbra, A. M., Gesicki, A. L. D., Sial, A. N., Ferreira, V. P., Ribeiro, F. B. e Flexor, J. M. (2000), ‘Tufas Calcárias da Serra da Bodoquena’, In: Schobbenhau, C., Campos, D., Queiroz, E.T., Winge, M., Berbert-Born, M. (Org.). *Indicative List of Geological Sites - GILGES-UNESCO*. Brasília-DF, 1, 249-259.
- Brasil, (2002), ‘Avaliação e identificação de áreas e ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade nos

- biomas brasileiros', *MMA/SBF*, Brasília, DF, disponível em: www.biodiversidade.rs.gov.br/arquivos/1179234642avaliacao.doc .
- Carter, J. L., Resh, V. H., Hannaford, M. J. e Myers, M. J. (2007), 'Macroinvertebrates as biotic indicators of environmental quality', In: *Methods in stream ecology*, Hauer, F. R. e Lamberti, G. A. (eds), 2a ed. Elsevier Academic Press, San Diego, USA, 895p.
- Cianciaruso, M.V., Silva, I.A. e Batalha, M.A. (2009), 'Diversidades filogenética e funcional: novas abordagens para a Ecologia de comunidades', *Biota Neotropica* 9, 1-11.
- Connell, J. H. (1978), 'Diversity in tropical rain forest and coral Reefs', *Science*, 199,1302-1310.
- Cummins, K. W. (1973), 'Trophic relations of aquatic insects', *Annual Review of Entomology*, 18, 183-206.
- Dutilleul P. (1993), 'Modifying the t test for assessing the correlation between two spatial processes', *Biometrics*, 49, 305-314.
- Feld, C. K. e Hering, D. (2007), 'Community structure or function: effects of environmental stress on benthic macroinvertebrates at different spatial scales', *Freshwater Biology*, 52,1380–1399.
- Flynn, D.F.B., Gogol-Prokurat, M., Nogeire, T., Molinari, N., Richers, B.T., Lin, B.L., Simpson, N., Mayfield, M.M. e DeClerck, F. (2009), 'Loss of functional diversity under land use intensification across multiple taxa', *Ecology Letters*, 12, 22–33.
- GEF – Rio Formoso. (2007), 'GEF - Global Environment Facility', disponível em <http://www.gefrioformoso.org.br/> .
- Goldstein, R. M. e Simon, T. P. (1999), 'Toward a united definition of guild structure for feeding ecology of North American, freshwater fishes', In: Simon, T.P. ed. *Assessing the sustainability and biological integrity of water resources using fish communities*, Boca Raton, CRC Press, 123-138.
- Halpern, B.S. e Floeter, S.R. (2008), 'Functional diversity responses to changing species richness in reef fish communities', *Marine Ecology Progressive Series*, 364, 147–156.
- Heino, J. (2005), 'Functional biodiversity of macroinvertebrate assemblages along major ecological gradients of boreal headwater streams', *Freshwater Biology*, 50, 1578–1587.

- Heino, L., Mykrä, H., Kotanen, J. e Muotka, T. (2007), 'Ecological filters and variability in stream macroinvertebrate communities: do taxonomic and functional structure follow the same path?', *Ecography*, 30, 217-230.
- IBAMA. (2004), '*Sistemas de Unidades de Conservação – SIUC*', disponível em: <http://www.ibama.gov.br/siucweb> .
- Laliberté, E. e Legendre, P. (2010), 'A distance-based framework for measuring functional diversity from multiple traits', *Ecology*, 91, 299–305.
- Laliberté, E. e Shipley, B. (2010), 'Measuring functional diversity (FD) from multiple traits, and other tools for functional ecology', *FD-Package 1.0-9*.
- Laliberté, E., Wells, J.A., DeClerck, F., Metcalfe, D.J., Catterall, C.P., Queiroz, C., Aubin, I., Bonser, S.P., Ding, Y., Fraterrigo, J.M., McNamara, S., Morgan, J.W., Merlos, D.S., Vesk, P.A. and Mayfield, M.M. (2010), 'Land-use intensification reduces functional redundancy and response diversity in plant communities', *Ecology Letters*, 13: 76–86.
- Lavorel, S., Grigulis, K., McIntyre, S., Williams, N. S. G., Garden, D., Dorrrough, J., Berman, S., Quétier, F., Thebault, A. e Bonis, A. (2008), 'Assessing functional diversity in the field – methodology matters!', *Functional Ecology*, 22,134-147.
- Legendre P. e Legendre L. (1998), '*Numerical ecology*', 2nd English edition, Elsevier Science BV, Amsterdam, 853 p.
- Legendre, P. (1993), 'Spatial autocorrelation: trouble or new paradigm?', *Ecology*, 74, 1659-1673.
- Lorion, C. M. e Kennedy, B. P. (2008), 'Relationships between deforestation, riparian forest buffers and benthic macroinvertebrates in neotropical headwater streams', *Freshwater Biology*, DOI: 10.1111/j.1365-2427.2008.02092.x.
- Martinez, N. D. (1996), 'Defining and measuring functional aspects of biodiversity', In: Gaston, K. J. (Ed), *Biodiversity a biology of numbers and difference*, Blackwell Scientific Ltd. London, 396 pp.
- Mason, N. W. H., Mouillot, D., Lee, W.G. e Wilson, J.B. (2005), 'Functional richness, functional evenness and functional divergence: the primary components of functional diversity', *Oikos*, 111, 112-118.
- Mouillot, D., Mason, N. W. H. e Dumay, O. (2005), 'Functional regularity: a neglected aspect of functional diversity', *Oecologia*, 142, 353-359.

- Nessimian, J.L., Venticinque, E.M., Zuanon, J., De Marco Jr, P., Gordo, M., Fidelis, L., Batista, J.D. e Juen, L. (2008), 'Land use, habitat integrity, and aquatic insect assemblages in Central Amazonian streams', *Hydrobiologia*, 614,117–131.
- Podani, J. (1999), 'Extending Gower's general coefficient of similarity to ordinal characters', *Taxon*, 48, 331-340.
- Poff, N. L. (1997), 'Landscape filters and species traits: towards mechanistic understanding and prediction in stream ecology', *Journal the North American Benthological Society*, 16, 391-409.
- Poff, N. L., Olden, J. D., Vieira, N. K. M., Finn, D. S., Simmons, M. P. e Kondratieff, B. C. (2006), 'Functional trait niches of North American lotic insects: traits-based ecological applications in light of phylogenetic relationships', *Journal the North American Benthological Society*, 25, 730–755.
- R Development Core Team (2011), 'R: A language and environment for statistical computing', *R Foundation for Statistical Computing*, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, Disponível em: <http://www.R-project.org> .
- Reynaga, M.C. (2009), 'Hábitos alimentarios de larvas de Trichoptera (Insecta) de una cuenca subtropical' *Ecología Austral*, 19, 207-214.
- Rosenberg, D. M. e Resh V. H. (1993), '*Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*', London, Chapman e Hall, p. 461.
- Schmera, D., Erös, T. e Podani, J. (2009), 'A measure for assessing functional diversity in ecological communities', *Aquatic Ecology*, 43,157–167.
- Stark, J. D., Boothroyd, I. K. G., Harding, J. S., Maxted, J. R. e Scarsbrook, M. R. (2001), 'Protocols for sampling macroinvertebrates in wadeable streams', *New Zealand Macroinvertebrate Working Group Report No. 1*, Prepared for the Ministry for the Environment, Sustainable Management Fund Project No. 5103, 57p.
- Statzner, B., Bonada, N. e Dolédec, S. (2007), 'Conservation of taxonomic and biological trait diversity of European stream macroinvertebrates communities: a case for a collective public database', *Biodiversity Conservation*, 16, 3609-3632.
- Statzner, B., Bonada, N. e Dolédec, S. (2008), 'Predicting the abundance of European stream macroinvertebrates using biological attributes', *Oecologia*, 156, 65-73.
- Statzner, B. e Beche, L.A. (2010), 'Can biological invertebrate traits resolve effects of multiple stressors?', *Freshwater Biology*, 55 (Suppl. 1), 80–119.
- Tomanová, S., Goitia E. e Helesic, J. (2006), 'Trophic levels and functional feeding groups of macroinvertebrates in neotropical streams', *Hidrobiologia*, 556: 251-264.

- Tomanová, S., e Usseglio-Polatera, P. (2007), 'Patterns of benthic community traits in neotropical streams: relationship to mesoscale spatial variability', *Fundamental and Applied Limnology / Archiv für Hydrobiologie*, 170, 243-255.
- Townsend, C. R. e Hildrew, A. G. (1994), 'Species traits in relation to a habitat templet for river systems', *Freshwater Biology*, 31, 265-275.
- Townsend, C. R., Dolédec, S. e Scarbrook, M. R. (1997), 'Species traits in relation to temporal and espacial heterogeneity in streams: a test of habitat templet theory', *Freshwater Biology*, 37, 367-387.
- Usseglio-Polatera, P., Bournaud, M., Richoux, P. e Tachet, H. (2000), 'Biological and ecological traits of benthic freshwater macroinvertebrates: relationships and definition of groups with similar traits', *Freshwater Biology*, 43, 175-205.
- Vannote, R. L., Minshall, G. W., Cummins, K. W., Sedell, J. R. e Cushing, C. R. (1980), 'The river continuum concept', *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 37, 130-137.
- Vieira, N.K.M., Poff, N.L., Carlisle, D.M., Moulton II, S. R., Koski, M.J. e Kondratieff, L.B.C. (2006), 'A Database of Lotic Invertebrate Traits for North América', *U.S. Geological Survey Data Series 187*, disponível em: <http://pubs.water.usgs.gov/ds187>
- Violle, C., Navas, M., Vile, D., Kazakou, E., Fortunel, C., Hummel, I., Garnier, E. (2007), 'Let the concept of trait be functional', *Oikos*, 116,882-892.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para a região de Mata Atlântica, os resultados indicaram uma alta correlação entre os atributos funcionais e riqueza de espécies, ao longo do gradiente analisado. A relação significativa ($p < 0,05$) mais alta para os índices foi entre SRic e FD (Pearson = 1), seguida por FDis vs FDiv (Pearson = 0,478), e FDiv vs FD (Pearson = 0,365). Nas análises de regressão, 74,8% e 70,3% (r^2) da variação de FD e FDis, respectivamente, foram explicadas pelos preditores. A variabilidade de FDiv não foi explicada significativamente pelos preditores utilizados.

No Planalto da Bodoquena os resultados não apresentaram um padrão linear de relação com os valores de integridade ambiental, córregos com altos valores de integridade apresentaram baixa FRic, mas alta FDiv e FDis. Um dos motivos se deve ao fato de não termos nessa região, um gradiente de integridade com diferentes usos do solo. A paisagem é marcada por uma matriz de pecuária composta por pastagens, nas quais estão inseridos os remanescentes de mata. e por córregos com mata ripícola em diferentes graus de conservação. Assim, a falta de relação entre os índices funcionais e de integridade ambiental pode ser atribuída ao gradiente ambiental não ser forte o suficiente para imprimir respostas funcionais. Neste estudo, nós classificamos funcionalmente os táxons em atributos bastante amplos e grosseiros (maioria categóricos), pois ainda existe muita incerteza em relação ao papel funcional de muitos insetos aquáticos na região Neotropical. Como os índices funcionais são sensíveis ao refinamento das categorias usadas (parte da falta de relação em os índices funcionais e índice de integridade de habitat pode ser atribuída a categorização funcional empregada.

Embora nosso estudo não avalie diretamente funções ecossistêmicas, a forte relação entre FD e SRic na Mata Atlântica indica que, com a perda de espécies ao longo do gradiente de impacto, provavelmente algumas funções ficam comprometidas, *e.g.*, vários táxons de Trichoptera e Plecoptera só ocorreram em córregos bem conservados onde a composição funcional contou com o predomínio de coletores – raspadores, e grupos com hábitos relacionados a corredeiras (clingers). Já em córregos presentes em áreas de intenso uso do solo houve predomínio de predadores, espalhadores de substrato (sprawlers), grupos que vivem agarrados ao substrato (clingers) e poucos construtores

de refúgios móveis (maioria de Trichoptera e alguns Chironominae), o que pode estar relacionado à falta de matéria-prima necessária (detritos finos e folhiço) para a presença dos mesmos. Do mesmo modo, os táxons encontrados em ambientes conservados apresentaram maior tamanho corporal que os coletados nas áreas de intenso uso do solo, onde as espécies precisam emergir mais rapidamente. Isto é bastante preocupante sob o ponto de vista de conservação, considerando que a perda funcional na maioria dos casos só é identificada após uma grande perda na riqueza de espécies, pois a redundância funcional tende a ser maior em ecossistemas estáveis.

Nosso estudo além de gerar um banco de dados funcionais para macroinvertebrados para as regiões de São Paulo e Mato Grosso do Sul, adiciona mais informações sobre os efeitos deletérios na biodiversidade estrutural na Mata Atlântica causado por mudanças na paisagem, indicando que estas mudanças são associadas a mudanças na organização funcional. Entretanto, para diminuir as incertezas e possíveis artefatos relacionados a potencial falta de relação entre os índices funcionais e de integridade utilizados, necessitamos avaliar uma maior variabilidade de gradientes ambientais e refinar a categorização funcional de insetos aquáticos na região Neotropical.

MATERIAL SUPLEMENTAR CAPÍTULO 1

ANNEX 1. Values obtained for the metrics applied. Latitud W and Longitud S; bio1(min. temperature); bio2 (annual precipitation); bio3 (sazonal precipitation); and Forest (percent in 200m ray); pH, Eletric Conduktiviy; Dissolvided Oxigen; B= boulder; G= gravel; Sa= sand; Si= silt; SRic= species richness; FDiv= functional divergence; FDis= functional dispersion (Laliberté & Legendre 2010); FD= functional diversity (Petchey & Gaston 2002); Spatial Filters 1, 2, 3, 4; and principal components analysis axes 1 and 2 for the environmental variables.

Streams	Longitud W	Latitud S	bio1 (°C)	bio2 (mm)	bio3 (mm)	Forest (%)	pH	Cond $\mu\text{S.cm}^{-1}$	DO (%)	B (%)	G (%)	Sa (%)	Si (%)	SRic	FDiv	FDis	FD	SF 1	SF 2	SF 3	SF 4	PCA 1	PCA 2
S1	-45,4653	-22,6925	36	1780	69	95	6.980	11.400	8.260	5	25	60	10	62	0,841	0,371	0,335	0.305	-0.004	0.150	0.079	-1.091	0.556
S2	-45,4617	-22,6914	35	1799	69	90	6.700	11.800	8.460	10	40	40	10	59	0,745	0,331	0,322	0.305	-0.004	0.150	0.079	-1.183	0.521
S3	-45,4839	-22,6981	38	1761	70	40	6.580	16.300	8.650	5	40	50	5	51	0,864	0,300	0,280	0.305	-0.003	0.150	0.079	-1.349	0.767
S4	-45,4889	-22,6975	38	1761	70	32	6.560	11.600	8.540	10	40	40	10	65	0,902	0,363	0,356	0.305	-0.003	0.150	0.079	-1.183	0.619
S5	-45,4886	-22,6989	38	1761	70	75	6.560	12.100	8.470	20	40	30	10	62	0,862	0,362	0,339	0.305	-0.003	0.150	0.079	-1.169	0.258
S6	-49,6861	-22,3864	92	1305	59	100	7.140	70	10.800	0	40	50	10	61	0,842	0,355	0,340	-0.231	-0.094	-0.239	0.296	-1.892	0.324
S7	-47,4161	-20,2019	117	1526	78	5	8.080	25	9.850	50	30	10	10	36	0,823	0,364	0,205	-0.266	0.031	0.281	0.263	-1.860	-1.544
S8	-47,4603	-20,2294	115	1568	77	42	7.030	33	7.850	50	30	10	10	38	0,899	0,379	0,214	-0.267	0.032	0.281	0.263	-0.982	-1.358
S9	-48,0481	-21,7206	106	1343	71	0	6.710	10	10.200	0	50	40	10	45	0,876	0,310	0,253	-0.228	0.104	0.148	-0.201	-1.804	1.135
S10	-52,3006	-22,6044	114	1192	41	100	6.840	30	10.400	0	80	10	10	64	0,787	0,338	0,353	-0.032	-0.516	0.048	-0.147	-1.999	0.743
S11	-52,2464	-22,5986	114	1188	42	100	6.320	10	10.300	0	40	50	10	50	0,703	0,322	0,276	-0.066	-0.534	-0.009	0.009	-1.712	1.421
S12	-52,3428	-22,4761	117	1173	43	100	6.560	20	10.200	0	0	90	10	45	0,910	0,266	0,249	-0.032	-0.516	0.048	-0.147	-1.499	1.301
S13	-48,4175	-24,2967	85	1374	45	100	8.800	56	9	0	60	35	5	29	0,876	0,349	0,169	0.032	-0.015	-0.430	0.185	-1.890	-0.849
S14	-48,455	-24,2728	76	1383	45	15	8.400	104	10	15	30	55	10	43	0,912	0,380	0,240	-0.002	0.006	-0.446	0.108	-1.903	-1.370
S15	-48,4236	-24,2722	77	1386	45	100	8.700	166	9.600	45	10	40	5	26	0,946	0,304	0,150	-0.036	0.026	-0.436	-0.002	-1.599	-3.320
S16	-48,1361	-21,8489	101	1362	70	0	5.300	20	7	0	0	10	90	16	0,688	0,161	0,094	-0.228	0.104	0.147	-0.203	2.064	1.105
S17	-48,0481	-21,9106	101	1395	70	0	5.010	30	9.110	0	0	10	90	28	0,777	0,228	0,157	-0.232	0.110	0.042	-0.207	1.447	1.518
S18	-48,2247	-21,9069	107	1318	71	0	8.450	25	6.560	0	0	0	100	11	0,598	0,139	0,065	-0.233	0.110	-0.064	-0.148	1.905	-0.931
S19	-47,6142	-22,5642	98	1298	69	0	5.600	10	8.400	0	0	0	100	29	0,600	0,334	0,164	0.005	0.106	0.002	0.145	1.806	1.234
S20	-48,1103	-21,8675	102	1361	70	0	5.200	80	9.300	0	0	0	100	24	0,759	0,247	0,136	-0.227	0.104	0.146	-0.204	1.750	0.806
S21	-47,6706	-22,3033	99	1326	71	0	6.600	40	7	0	0	20	80	31	0,868	0,418	0,175	0.002	0.106	0.007	0.149	1.580	0.156
S22	-47,6525	-22,2386	100	1322	71	0	7.300	210	6.500	0	10	10	80	35	0,864	0,381	0,197	0.002	0.106	0.009	0.149	1.962	-2.360
S23	-47,9625	-22,2744	99	1361	70	0	5	40	9.200	0	0	10	90	32	0,737	0,301	0,181	-0.002	0.106	0.004	0.150	1.443	1.423
S24	-47,78	-22,0375	102	1433	70	0	6.700	20	8.200	0	5	0	95	46	0,895	0,355	0,255	-0.002	0.106	0.012	0.153	1.519	0.441
S25	-47,7528	-22,3906	101	1333	71	0	6.500	60	8	0	0	90	10	57	0,827	0,371	0,312	0.002	0.106	0.004	0.148	-0.669	0.497
S26	-46,7739	-23,4183	95	1365	61	0	6.300	50	6.190	0	0	0	100	26	0,688	0,273	0,149	0.130	0.107	-0.076	-0.287	2.495	-0.020
S27	-46,8622	-23,3447	89	1345	62	0	6.900	140	6.700	0	10	0	90	12	0,727	0,238	0,072	0.129	0.108	-0.076	-0.288	2.091	-1.325
S28	-46,8503	-23,3242	87	1346	62	0	8.500	100	6.900	0	0	0	100	20	0,783	0,233	0,115	0.129	0.108	-0.076	-0.288	1.960	-1.777
S29	-46,8903	-23,3536	88	1347	62	0	7.100	29	7.800	0	0	0	100	21	0,953	0,220	0,121	0.129	0.108	-0.077	-0.288	1.762	0.027

ANNEX 2. Table of functional traits for genus collected in the Atlantic Forest region in São Paulo, Brazil. (A) = adult and (L) = larvae.

	Acronyms	Rf	Ex	Rs	Size	Bf	Rh	Hb	Tr
Coleoptera									
Dryopidae									
<i>Dryops</i> (A)	DryA	1	3	3	1	1	1	2	3
<i>Dryops</i> (L)	DryL	1	1	2	1	2	1	1	3
<i>Helichus</i> (A)	HeliA	1	3	3	1	1	3	4	3
<i>Helichus</i> (L)	HeliL	1	1	2	1	2	3	4	3
Dytiscidae									
<i>Bidessonotus</i> (A)	BideA	1	3	3	3	1	2	2	4
<i>Celina</i> (A)	CelA	1	3	3	3	1	1	5	4
<i>Desmopachria</i> (A)	DesmA	1	3	3	3	1	2	5	4
<i>Dytiscidae sp</i> (L)	DytL	1	2	1	2	2	2	5	4
<i>Hydaticus</i> (A)	HydA	1	3	3	3	1	2	5	4
<i>Laccophilus</i> (A)	LacpA	1	3	3	3	1	2	5	4
<i>Liodessus</i> (A)	LiodA	1	3	3	3	1	2	5	4
<i>Ranthus</i> (A)	RantA	1	3	3	3	1	2	5	4
Elmidae									
<i>Austrolimnius</i> (A)	AustA	1	3	3	2	2	3	4	5
<i>Cylloepus</i> (A)	CyllA	1	3	3	2	2	3	4	5
<i>Elmidae sp1</i> (L)	Elm1L	1	3	2	2	1	3	4	3
<i>Elmidae sp2</i> (L)	Elm2L	1	3	2	2	1	3	4	3
<i>Heterelmis</i> (A)	HeteA	1	3	3	2	2	3	4	5
<i>Heterelmis</i> (L)	HeteL	1	3	2	2	1	3	4	3
<i>Hexacylloepus</i> (A)	HexaA	1	3	3	2	2	3	4	5
<i>Hexacylloepus</i> (L)	HexaL	1	3	2	2	1	3	4	3
<i>Hulechius</i> (L)	HuleL	1	3	2	2	1	3	4	3
<i>Lara</i> (A)	LaraA	1	3	3	2	2	3	4	5
<i>Lara</i> (L)	LaraL	1	3	2	2	1	3	4	3
<i>Macrelmis</i> (A)	MacrA	1	3	3	2	2	3	4	5
<i>Macrelmis</i> (L)	MacrL	1	3	2	2	1	3	4	3
<i>Microcylloepus</i> (A)	MicrA	1	3	3	2	2	3	4	5
<i>Microcylloepus</i> (L)	MicrL	1	3	2	2	1	3	4	3
<i>Neoelmis</i> (A)	NeoeA	1	3	3	2	2	3	4	5
<i>Neoelmis</i> (L)	NeoeL	1	3	2	2	1	3	4	3
<i>Phanocerus</i> (A)	PhanA	1	3	3	2	2	3	4	5
<i>Phanocerus</i> (L)	PhanL	1	3	2	2	1	3	4	3
<i>Promoresia</i> (L)	PromL	1	3	2	2	1	3	4	3
<i>Stegoelmis</i> (A)	StegA	1	3	3	2	2	3	4	5
<i>Stenelmis</i> (L)	StenL	1	3	2	2	1	3	4	3
<i>Xenelmis</i> (A)	XeneA	1	3	3	2	2	3	4	5
<i>Xenelmis</i> (L)	XeneL	1	3	2	2	1	3	4	3
<i>Zaitzevia</i> (L)	ZaitL	1	3	2	2	1	3	4	3
Gyrinidae									
<i>Gyretes</i> (A)	GyreA	1	3	3	1	1	2	6	4

<i>Gyretes(L)</i>	GyreL	1	2	2	2	2	2	2	4
<i>Gyrinus(L)</i>	GyriL	1	2	2	2	2	2	2	4
Hydrophilidae									
<i>Anacaena (A)</i>	AnacA	1	3	3	3	2	2	5	5
<i>Berosus(A)</i>	BeroA	1	3	3	3	2	2	5	3
<i>Berosus(L)</i>	BeroL	1	1	2	2	2	2	2	4
<i>Derallus(A)</i>	DeraA	1	3	3	3	2	2	5	1
<i>Helocombus(L)</i>	HeloL	1	1	2	2	2	1	1	4
<i>Hydrochus(A)</i>	HychA	1	3	3	3	2	2	5	5
<i>Laccobius(A)</i>	LacbA	1	3	3	3	2	2	5	1
<i>Tropisternus(A)</i>	TropA	1	3	3	3	2	2	5	1
<i>Tropisternus(L)</i>	TropL	1	3	2	3	2	2	2	4
Lutrochidae									
<i>Lutrochus (L)</i>	LutrL	1	3	2	1	2	3	4	5
Noteridae									
<i>Hydrocanthus(A)</i>	HythA	1	3	3	1	1	1	2	4
<i>Suphisellus(A)</i>	SuphA	1	3	3	1	1	2	2	4
Psephenidae									
<i>Ectopria(L)</i>	EctoL	1	3	2	1	1	2	4	3
<i>Psephenus(L)</i>	PsepL	1	3	2	1	1	2	4	3
Ptilodactylidae									
<i>Anchytarsus(L)</i>	AnchL	1	2	2	2	1	3	4	3
Diptera									
Ceratopogonidae <i>sp</i>									
	Cerat	1	1	1	1	2	1	3	4
Chironomidae									
<i>Ablabesmyia</i>	Ablab	1	1	1	1	2	2	3	4
<i>Beardius</i>	Beard	3	1	1	1	2	1	1	1
<i>Chironomus spp</i>	Chirn	3	1	1	2	2	2	1	1
<i>Cladotanytarsus</i>	Cladt	2	1	1	1	2	2	1	1
<i>Clinotanypus</i>	Clino	2	1	1	1	2	2	1	4
<i>Coelotanypus</i>	Coelt	2	1	1	1	2	1	1	4
<i>Corynoneura</i>	Coryn	1	1	1	1	2	2	3	1
<i>Cricotopus</i>	Cricr	2	1	1	1	2	2	4	3
<i>Cryptochironomus</i>	Crypt	1	1	1	1	2	2	3	4
<i>Dicrotendipes</i>	Dicrt	2	1	1	1	2	1	1	1
<i>Djalmabatista</i>	Djalb	1	1	1	1	2	3	3	4
<i>Endotribelos spp</i>	Endot	2	1	1	1	2	1	1	1
<i>Fissimentum</i>	Fiss	2	1	1	1	2	3	1	1
<i>Fittkauimyia</i>	Fittk	1	1	1	1	2	2	?	4
<i>Gymnometriocnemus</i>	Gymtr	1	1	1	1	2	1	3	1
<i>Harnischia</i>	Harn	1	1	1	1	2	1	2	1
<i>Labrundinia</i>	Labru	1	1	1	1	2	2	3	4
<i>Larsia spp</i>	Lars	1	1	1	1	2	2	3	4
<i>Macropelopiini</i>	Macrp	1	1	1	1	2	2	?	4
<i>Nanocladius</i>	Nancl	1	1	1	1	2	2	3	1
<i>Onconeura</i>	Oncon	1	1	1	1	2	2	?	1

<i>OrthoY</i>	OrthY	1	1	1	1	2	2	1	1
<i>Oukuriella</i>	Oukur	1	1	1	1	2	?	1	1
<i>Parachironomus</i>	Parac	1	1	1	1	2	1	3	4
<i>Parametriocnemus</i>	Param	1	1	1	1	2	3	3	4
<i>Paratendipes</i>	Par	2	1	1	1	2	2	1	1
<i>Pelomus</i>	Pelom	1	1	1	1	2	1	2	1
<i>Pentaneura</i>	Pentn	1	1	1	1	1	1	3	4
<i>Polypedilum</i>	Polyp	1	1	1	1	2	1	2	5
<i>Procladius</i>	Procl	1	1	1	1	2	2	3	4
<i>Pseudochironomini</i>	Pschi	1	1	1	1	2	2	1	1
<i>Rheocricotopus</i>	Rheoc	1	1	1	1	2	3	3	4
<i>Rheotanytarsus</i>	Rheot	2	1	1	1	2	3	4	2
<i>Stempellina</i>	Stemp	2	1	1	1	2	2	2	1
<i>Stempellinella</i>	Stlla	2	1	1	1	2	2	3	1
<i>Stenochironomus spp</i>	Steno	1	1	1	1	2	2	1	1
<i>Tanypus</i>	Tanyp	1	1	1	1	2	1	3	4
<i>Tanytarsus_Caladomyia</i>	Tanyt	2	1	1	1	2	2	2	2
<i>Thienemanniella</i>	Thila	1	1	1	1	2	2	3	1
<i>Thienenannimyia</i>	Thiia	1	1	1	1	2	2	3	4
Culicidae <i>sp</i>	Culic	1	1	3	1	2	1	3	1
Dixidae <i>sp</i>	Dixid	1	1	3	1	2	2	5	1
Dolichopodidae <i>sp</i>	Dlich	1	1	3	1	2	2	3	4
Empididae <i>sp</i>	Empid	1	1	3	2	2	3	3	4
Ephydriidae <i>sp</i>	Ephyd	1	1	3	1	2	1	3	1
Psychodidae <i>sp</i>	Psych	1	1	3	1	2	3	1	1
Simuliidae									
Simuliidae <i>spp</i>	Simul	1	1	1	1	2	3	4	2
Stratiomyidae <i>sp</i>	Strat	1	1	3	1	2	1	3	1
Tabanidae <i>sp</i>	Taban	1	1	3	2	2	3	3	4
Tipulidae <i>_sp</i>	Tipul	1	1	2	2	2	2	1	?
Ephemeroptera									
Baetidae									
<i>Americabaetis</i>	Amebt	1	2	2	2	1	3	5	1
<i>Apobaetis</i>	Apobt	1	2	2	2	1	3	5	1
<i>Baetodes</i>	Baeto	1	2	2	2	1	3	5	3
<i>Callibaetis</i>	Calli	1	2	2	2	1	1	5	1
<i>Cloeodes</i>	Cleo	1	2	2	2	1	2	5	1
Caenidae									
<i>Caenis</i>	Caen	1	2	2	2	1	2	3	1
Leptohyphidae									
<i>Leptohyphes</i>	Leptp	1	2	2	2	1	3	4	1
<i>Leptohyphodes</i>	Leptd	1	2	2	2	1	3	4	1
<i>Traverhyphes</i>	Trave	1	2	2	2	1	3	3	1
<i>Tricorythodes</i>	Tricd	1	2	2	2	1	3	3	1
<i>Tricorythopsis</i>	Tricp	1	2	2	2	1	3	3	1
Leptophlebiidae									

<i>Farrodes</i>	Farr	1	2	2	2	1	3	4	1
<i>Hagenulopsis</i>	Hagen	1	2	2	2	1	3	4	1
<i>Hermanella</i>	Herm	1	2	2	2	1	3	4	1
<i>Hylister</i>	Hylis	1	2	2	2	1	3	?	2
<i>Massartella</i>	Mass	1	2	2	2	1	3	5	1
<i>Miroculis</i>	Miroc	1	2	2	2	1	3	5	1
<i>Needhamella</i>	Needh	1	2	2	2	1	3	5	1
<i>Thraulodes</i>	Thrau	1	2	2	2	1	3	4	1
Melanemerellidae									
<i>Melanemerella</i>	Melan	1	2	2	2	1	3	?	5
Polymitarciidae									
<i>Campylocia</i>	Campy	1	2	2	3	1	2	1	1
Hemiptera									
Belostomatidae <i>sp</i>									
<i>Belst</i>	Belst	1	3	3	3	1	3	2	4
Gerridae <i>sp</i>									
<i>Gerrd</i>	Gerrd	1	3	3	2	1	2	6	4
Helotrephidae <i>sp</i>									
<i>Heltp</i>	Heltp	1	3	3	1	1	2	5	4
Naucoridae <i>sp</i>									
<i>Nauc</i>	Nauc	1	3	3	2	1	2	4	4
Pleidae <i>sp</i>									
<i>Pleid</i>	Pleid	1	3	3	2	1	1	5	4
Megaloptera									
Corydalidae									
<i>Archichauliodes</i>	Archi	1	3	2	3	1	3	4	4
<i>Corydalis</i>	Coryd	1	3	2	3	1	3	4	4
Odonata									
Aeshnidae									
<i>Castoraeschna</i>	Cast	1	3	2	3	1	1	2	4
<i>Limnetron</i>	Limnt	1	3	2	3	1	1	2	4
<i>Neuraeschna</i>	Neur	1	3	2	3	1	2	2	4
Calopterygidae									
<i>Calopterygidae spp</i>	Calpt	1	3	2	3	1	3	2	4
Coenagrionidae									
<i>Argia</i>	Argia	1	3	2	3	1	2	2	4
<i>Cyanallagma</i>	Cyana	1	3	2	3	1	2	2	4
<i>Oxyagrion</i>	Oxyag	1	3	2	3	1	2	2	4
Corduliidae									
<i>Navicordulia</i>	Navic	1	3	2	3	1	1	3	4
<i>Neocordulia</i>	Neoc	1	3	2	3	1	2	3	4
Gomphidae									
<i>Agriogomphus</i>	Agrig	1	3	2	3	1	2	1	4
<i>Aphylla</i>	Aphyl	1	3	2	3	1	2	1	4
<i>Gomphoides</i>	Gomph	1	3	2	3	1	2	1	4
<i>Perigomphus</i>	Perig	1	3	2	3	1	2	1	4
<i>Phyllocycla</i>	Phyll	1	3	2	3	1	3	1	4
<i>Progomphus</i>	Prog	1	3	2	3	1	2	1	4
<i>Tibiogomphus</i>	Tibig	1	3	2	3	1	2	1	4
Libellulidae									
<i>Cannaphila</i>	Canph	1	3	2	3	1	3	3	4

<i>Brechmorhoga</i>	Brech	1	3	2	3	1	3	3	4
<i>Dasythemis</i>	Dasyt	1	3	2	3	1	1	3	4
<i>Dythemis</i>	Dyth	1	3	2	3	1	3	3	4
<i>Erythrodiplax</i>	Eryth	1	3	2	3	1	1	2	4
<i>Macrothemis</i>	Macth	1	3	2	3	1	1	3	4
<i>Orthemis</i>	Orthe	1	3	2	3	1	1	3	4
<i>Tramea</i>	Tram	1	3	2	3	1	1	3	4
Megapodagrionidae									
<i>Oxystygma</i>	Oxyst	1	3	2	3	1	1	?	4
Plecoptera									
Gripopterygidae									
<i>Gripopteryx</i>	Grip	1	3	2	3	1	3	4	5
<i>Paragripopteryx</i>	Parag	1	3	2	3	1	3	4	5
Perlidae									
<i>Anacroneuria</i>	Anacr	1	3	2	3	1	3	4	4
<i>Kempnyia</i>	Kempn	1	3	2	3	1	3	4	4
<i>Macrogynoplax</i>	Macrg	1	3	2	3	1	3	4	4
Trichoptera									
Calamoceratidae									
<i>Phylloicus</i>	Phyll	3	1	2	2	2	3	3	5
Ecnomidae									
<i>Austrotinodes</i>	Austr	2	1	2	2	2	3	4	2
Glossosomatidae									
<i>Protoptilinae</i>	Prot	4	1	2	2	2	3	4	3
Helicopsychidae									
<i>Helicopsyche</i>	Helic	3	1	2	2	2	2	4	3
Hydrobiosidae									
<i>Atopsyche</i>	Atops	1	1	2	2	2	3	4	4
Hydropsychidae									
<i>Blepharopus</i>	Bleph	2	2	2	2	2	3	?	?
<i>Hydropsyche</i>	Hydps	2	2	2	2	2	3	4	2
<i>Leptonema</i>	Lepto	2	2	2	2	2	3	4	2
<i>Macronema</i>	Macrn	2	2	2	2	2	3	4	2
<i>Smicridea</i>	Smicr	2	2	2	2	2	3	4	2
Hydroptilidae									
<i>Leucotrichinii</i>	Leuct	3	1	2	2	2	3	4	3
<i>Metrichia</i>	Metch	3	1	2	2	2	3	?	1
<i>Neotrichia</i>	Neotr	3	1	2	2	2	3	4	3
<i>Ochrotrichia</i>	Ochro	3	1	2	2	2	3	4	3
<i>Oxyethira</i>	Oxyet	3	1	2	2	2	1	2	3
Leptoceridae									
<i>Atanatolica</i>	Atan	3	1	2	2	2	2	2	3
<i>Grumichella</i>	Grumc	3	1	2	2	2	2	?	3
<i>Nectopsyche</i>	Nectp	3	1	2	2	2	2	2	?
<i>Notalina</i>	Notal	3	1	2	2	2	2	?	3
<i>Oecetis</i>	Oecet	3	1	2	2	2	2	?	4

<i>Triplectides</i>	Tripl	3	1	2	2	2	2	?	5
Odontoceridae									
<i>Barypenthus</i>	Baryp	3	1	2	2	2	3	3	5
<i>Marilia</i>	Maril	3	1	2	2	2	3	3	3
Philopotamidae									
<i>Chimarra</i>	Chim	2	1	2	2	2	3	4	2
Polycentropodidae									
<i>Cerntina</i>	Cernt	2	1	2	2	2	2	4	4
<i>Polyplectropus</i>	Poly	2	1	2	2	2	2	4	4?
Sericostomatidae									
<i>Grumicha</i>	Grum	3	1	2	2	2	2	?	5

ANNEX 3. *References not cited in the text of the functional traits description.*

- ANGRISIANO, E.B. 1995. El Orden Trichoptera en la Argentina y países limitrofes. Physis (Buenos Aires), Secc. B, 50 (118-119):19-25.
- ALLEN, K.A., AND, D.J. THOMPSON. 2010. Movement characteristics of the Scarce Blue-tailed Damselfly, *Ischnura pumilio*. Insect Conservation and Diversity 3: 5–14.
- ANDERSON, J. M. E. 1976. Aquatic Hydrophilidae (coleoptera). The biology of some Australian species with descriptions of immature stages reared in the laboratory. J. Aust. Ent. Soc. 15: 219-228.
- APIGIAN, K.O., D.L. DAHLSTEN, AND S.L. STEPHENS. 2006. Biodiversity of Coleoptera and the Importance of Habitat Structural Features in a Sierra Nevada Mixed-conifer Forest. Environ. Entomol. 35(4): 964-975.
- ASSIS, J.C.F., A.L. CARVALHO, AND, J.L. NESSIMIAN. 2004. Composição e preferência por microhábitat de imaturos de Odonata (Insecta) em um trecho de baixada do Rio Ubatiba, Maricá-RJ, Brasil. Revista Brasileira de Entomologia 48(2): 273-282.
- BAPTISTA, D.F., D.F. BUSS, L.G. DIAS, J.L. NESSIMIAN, E.R. DA SILVA, A.H.A. DE MORAES NETO, S.N. CARVALHO, M.A. DE OLIVEIRA, AND, L.R. ANDRADE. 2006. Functional feeding groups of Brazilian Ephemeroptera nymphs: ultrastructure of mouthparts. Ann. Limnol. - Int. J. Lim. 42(2): 87-96.
- BECKETT, D.C. 1987. Plecoptera of the Ohio River: Community Composition and Species Phenologies of Nymphs Collected Near Cincinnati, Ohio. Ohio J. Sci. 87(1): 41-45.

- BENETTI, C.J, AND G.L. FIORENTIN. 2003. Bionomia e ecologia de coleópteros aquáticos, com ênfase em Hydradephaga. *Acta Biologica Leopoldensia* 25(2): 153-164.
- BOTOSANEANU, L., AND, D. SAKAL. 1992. Ecological observations on the caddisflies (Insecta: Trichoptera) from Trinidad and Tobago (W. Indies). *Revue d'Hydrobiologie Tropicale*, 25:197-207.
- BOUCHARD JR, R. W. 2004. *Guide to Aquatic Invertebrates of the Upper Midwest: Identification Manual for Students, Citizen Monitors and Aquatics Resource Professionals*. University of Minnesota, 183p.
- BRITAIN, J.E. 1982. Biology of Mayflies. *Ann. Rev. Entomol.* 27:119-147.
- BRODERSEN, K.P., O. PEDERSEN, C. LINDEGAARD, AND K. HAMBURGER. 2004. Chironomids (Diptera) and oxy-regulatory capacity: An experimental approach to paleolimnological interpretation. *Limnol. Oceanogr.* 49(5): 1549–1559.
- BROWN, H.P. 1972. Aquatic Dryopoid beetles of the United States. *Biota of Freshwater Ecosystems, Identification Manual 6*. Oceanography and Limnology Program (Smithsonian Institution); United States Environmental Protection Agency – USEPA. 82p.
- BROWN, H.P. 1987. Biology of riffle beetles. *Annual Review of Entomology* 32: 253-273.
- CARVALHO, A.L., AND, J.L. NESSIMIAN. 1998. Odonata do Estado do Rio de Janeiro, Brasil: habitas e hábitos das larvas. In: J.L. Nessimian, and A.L. Carvalho (Eds). *Ecologia de insetos aquáticos*. Series Oecologia Brasiliensis 5: 3-28.
- CHAPMAN, L.J., K. R. SCHNEIDER, C. APODACA, AND C. A. CHAPMAN. 2004 Respiratory Ecology of Macroinvertebrates in a Swamp–River System of East Africa. *Biotropica* 36(4): 572–585.
- CLIFFORD, H.F. 1991. *Aquatic Invertebrates of Alberta*. Department of Biological Science, University of Alberta. Available in: http://sunsite.ualberta.ca/Projects/Aquatic_Invertebrates/index.php
- CORBET, P.S. 1962. *A biology of dragonflies*. H.F. & G. Witherby Ltd. 5 Warwick Court, London, 1ed. 247p.
- CORREA, M., T. MACHADO AND G. ROLDÁN. 1981. Taxonomía y ecología del Orden Trichoptera en el Departamento de Antioquia en diferentes pisos altitudinales. *Actualidades Biológicas* 10(36):35-48.
- CUMMINS K.W. 1974. Structure and function of stream ecosystem. *Bioscience* 2: 631-641.

- DOMÍNGUEZ, E., M.D. HUBBARD, AND, M.L. PESCADOR. 1994. Los Ephemeroptera em Argentina. In: Z.A. Castellanos (Dir.). 1994. Fauna de agua Dulce de La Republica Argentina, vol. 33, fasc. 1. 145p.
- ELLIOT, J.M. 2008. The ecology of riffle beetles (Coleoptera: Elmidae). *Freshwater Reviews* 1: 189-203.
- EPLER, J.H. 2006. Identification manual for the aquatic and semi-aquatic heteroptera of Florida. Division of Water Resource Management. Florida Department of Environmental Protection. 195p.
- EPLER, J.H. 2010. The water beetles of Florida. Division of Environmental Assessment and Restoration. Florida Department of Environmental Protection. 414p.
- EWER, R.F. 1942. On the function of haemoglobin in *Chironomus*. *J.E.B.* 18(3): 197-205.
- FERREIRA-PERUQUETTI, P., AND, S. TRIVINHO-STRIXINO. 2003. Notas sobre relações foréticas entre espécies de Chironomidae e Odonata do Estado de São Paulo, Brasil. *Entomotropica* 18(2):149-151.
- FROELICH C.G. 1964. - The feeding apparatus of the nymph of *Arthroplea cogener* Bengtsson (Ephemeroptera). *Opuscula Entomologica* 29: 188-208.
- GALLARDO-MAYENCO, A., AND, J. TOJA. 2002. Spatio-temporal distribution of Simuliids (Diptera) and associated environmental factors in two Mediterranean Basins of southern Spain. *Limnetica* 21: 47-57.
- GIOVANNI, M.V., PIRISINU, Q., GIANGIULIANI, G., GORETTI, E., AND, PAMPANELLA, L. 1999. Oxygen consumption in two aquatic coleoptera species: *Hydrous piceus* and *Dytiscus marginalis*. *Ital. J. Zool.* 66(4): 329-332.
- HAMADA, N., AND, J.W. MCCREADIE. 1999. Environmental factors associated with the distribution of *Simulium perfl avum* (Diptera: Simuliidae) among streams in Brazilian Amazonia. *Hydrobiology* 397: 71-78.
- HAMADA, N., J.W. MCCREADIE, AND, P.H. ADLER P.H. 2002. Species richness and spatial distribution of blackflies (Diptera: Simuliidae) in streams of Central Amazonia, Brazil. *Freshw. Biol.* 47: 31-40.
- HAWKING, J.H., L.M. SMITH, AND K. LE BUSQUE. 2009. Identification and Ecology of Australian Freshwater Invertebrates. <http://www.mdfr.org.au/bugguide>, Version January 2009. Available in 03/2010.
- HEPP, L.U., C. BIASI, S.V. MILESI, F.O. VEIGA, AND, R.M. RESTELLO. 2008. Chironomidae (Diptera) larvae associated to *Eucalyptus globulus* and *Eugenia uniflora* leaf litter in a subtropical stream (Rio Grande do Sul, Brazil). *Acta Limnol. Bras* 20(4): 345-350.

- HOLZENTHAL, R.W. AND O.S. FLINT, JR.(Eds.) 1997. Proceedings of the 8th International Symposium on Trichoptera. Columbus, Ohio: Ohio Biological Survey. 496 p
- HYNES, H.B.N., 1976. Biology of Plecoptera. Annu. Rev. Entomol. 21:135-153.
- LARSEN, O. 1966. On the morphology and function of the locomotor organs of the Gyrinidae and other Coleoptera. Opuscula entomologica 30: 1-242.
- MARJANIAN, M.A. 2009. On the Hydrophilid Genus *Paracymus* Thomson (Coleoptera, Hydrophilidae) of the fauna of Armenia. Entomological Review 89(1): 72–78
- MOREIRA, F.F.F., J.R.I. RIBEIRO, AND, J.L. NESSIMIAN. 2009. A synopsis of the *Hydrometra* (Hemiptera, Heteroptera, Hydrometridae) from the Amazon River floodplain, Brazil, with redescription of *Hydrometra argentina* Berg. Revista Brasileira de Entomologia 53(1): 69-73.
- NAVARRO-MARTÍNEZ, D., M. J. LÓPEZ-RODRÍGUEZ, AND, J. M. TIERNO DE FIGUEROA. 2007. The life cycle and nymphal feeding of *Capnioneura petitpierreae* Aubert, 1961 (Plecoptera, Capniidae). Illiesia 3(8):65-69.
- PINDER, L.C.V. 1986. Biology of freshwater Chironomidae. Ann. Rev. Entomol. 31:1-23.
- POLEGATTO C.M., AND, C.G. FROELICH. 2001. - Functional morphology of the feeding apparatus of the nymph of *Farrodes* sp. (Ephemeroptera: Leptophlebiidae). Acta Zool. 82: 165-175.
- RASMUSSEN, A.K., AND, PESCADOR, M.L. 2002. A guide to the Megaloptera and aquatic Neuroptera of Florida. Division of Water Resource Management Florida Department of Environmental Protection. Available in: <http://www.dep.state.fl.us/labs/library/keys.htm>
- REYNAGA, M.C. 2009. Hábitos alimentarios de larvas de Trichoptera (Insecta) de una cuenca subtropical. Ecología Austral 19:207-214.
- ROZKOŠNÝ, R. 1982. A biosystematix study of the European Stratiomyidae (Diptera). Series Entomol. 21: viii+401.
- SANTOS, R.B., J. LOPES, AND, K.B. SANTOS. 2010. Distribuição Espacial e Variação Temporal da Composição de Espécies de Borrachudos (Diptera: Simuliidae) em uma Microbacia Situada no Norte do Paraná. Neotropical Entomology 39(2): 289-298.
- SEAGLE JR, H.H. 1982. Comparison of the Food Habits of Three Species of Riffle Beetles, *Stenelmis crenata*, *Stenelmis mera*, and *Optioservus trivittatus* (Coleoptera: Dryopoidea: Elmidae). Freshwater Invertebrate Biology 1(2): 33-38.

- SEGURA, M.O., A.A. FONSECA-GESSNER, AND M.O. TANAKA. 2007. Composition and distribution of aquatic Coleoptera (Insecta) in loworder streams in the state of São Paulo, Brazil: influence of environmental factors. *Acta Limnol. Bras.* 19(3):247-256.
- SILVA, F.L., D.C. MOREIRA, G.L. BOCHINI, AND, S.S. RUIZ. 2008. Hábitos alimentares de larvas de Chironomidae (Insecta: Diptera) do córrego Vargem Limpa, Bauru, SP, Brasil. *Biotemas* 21(2): 155-159.
- TAKAHASHI, MA., J. HIGUTI, Y.M. BAGATINI, I.P. ZVIEJKOVSKI, AND, L.F.M. VELHO. 2008. Composition and biomass of larval chironomid (Insecta, Diptera) as potential indicator of trophic conditions in southern Brazil reservoirs. *Acta Limnol. Bras.* 20(1):5-13.
- TAYLOR, B.W., C.R. ANDERSON, AND, B.L. PECKARSKY. 1998. Effects of size at metamorphosis on stonefly fecundity, longevity, and reproductive success. *Oecologia* 114: 494-502.
- THORPE, W.H., AND, D. J. CRISP. 1949. Studies on plastron respiration. Iv. Plastron respiration in the coleoptera. *J.E.B.* 26(3): 219-262.
- TRIVINHO-STRIXINO, S. AND, G. STRIXINO. 2003. The immature stages of two *Caladomyia* Säwedall, 1981 species, from São Paulo State, Brazil (Chironomidae, Chironominae, Tanytarsini). *Rev. Bras. Ent.* 47(4): 597-602.
- WALLACE, J.B. AND R.W. MERRITT. 1980. Filter-feeding ecology of aquatic insects. *Annual Review of Entomology* 25:103-132.
- WALSHE, B.M. 1950. The function of haemoglobin in relation to filter feeding in leaf-mining chironomid larvae. *J.E.B.* 28(1): 57-61.
- WEAVER, J.S., III, AND, J.C. MORSE. 1986. Evolution of feeding and case-making behavior in Trichoptera. *J. N. Am. Bent. Soc.* 5:150-158.

ANNEX 4. Complete values of the partition of variance applied on three predictors set (A, B and C) for FD and FDis. 1-(x)= residuals.

FD		FDis	
A =	0.443	A =	0.158
1-(A) =	0.557	1-(A) =	0.842
A.B =	0.039	A.B =	0.072
A:B =	0.403	A:B =	0.086
A.C =	0.09	A.C =	0.064
A:C =	0.352	A:C =	0.095
A.B+C =	0.012	A.B+C =	0.114
A:B+C =	0.431	A:B+C =	0.045
B =	0.696	B =	0.683
1-(B) =	0.304	1-(B) =	0.317
B.A =	0.292	B.A =	0.597
B:A =	0.403	B:A =	0.086
B.C =	0.198	B.C =	0.422
B:C =	0.497	B:C =	0.26
B.A+C =	0.12	B.A+C =	0.472
B:A+C =	0.576	B:A+C =	0.21
C =	0.628	C =	0.273
1-(C) =	0.372	1-(C) =	0.727
C.A =	0.276	C.A =	0.178
C:A =	0.352	C:A =	0.095
C.B =	0.131	C.B =	0.013
C:B =	0.497	C:B =	0.26
C.A+B =	0.103	C.A+B =	0.054
C:A+B =	0.525	C:A+B =	0.219
A+B =	0.735	A+B =	0.755
1-(A+B) =	0.265	1-(A+B) =	0.245
A+B.C =	0.21	A+B.C =	0.536
A+B:C =	0.525	A+B:C =	0.219
A+C =	0.718	A+C =	0.337
1-(A+C) =	0.282	1-(A+C) =	0.663
A+C.B =	0.142	A+C.B =	0.127
A+C:B =	0.576	A+C:B =	0.21
B+C =	0.826	B+C =	0.695
1-(B+C) =	0.174	1-(B+C) =	0.305
B+C.A =	0.395	B+C.A =	0.651
B+C:A =	0.431	B+C:A =	0.045
A+B+C =	0.838	A+B+C =	0.809
1-(A+B+C) =	0.162	1-(A+B+C) =	0.191
A:B.C =	0.079	A:B.C =	-0.05
A:C.B =	0.028	A:C.B =	-0.041
B:C.A =	0.173	B:C.A =	0.124
A:B:C =	0.325	A:B:C =	0.136

ANNEX 5. Functional composition obtained by community-level weighted means (CWM) of the traits, considering their abundances for stream (see Lavorel et al. 2008). S1-S15 located in Conservation Areas (CA), S16-S20 in sugarcane cultivations (SC), S21-S25 in pasture (PS) and S26-S29 in eucalyptus plantations (EP). The trait codes can be found in Table 1, on paper.

	Streams	Refuge	Exoskeleton	Respiration	Size	Body form	Rheophily	Habit	Trophic
C A	S1	Rf1	1,957,971	Rs2	1,840,580	Bf2	2,611,594	Hb4	Tr2
	S2	Rf1	1,728,324	Rs2	1,967,245	Bf2	2,645,472	Hb4	Tr2
	S3	Rf1	1,906,021	Rs2	1,989,721	Bf2	2,713,656	Hb4	Tr1
	S4	Rf1	2,086,879	Rs2	2,005,319	Bf2	2,583,333	Hb4	Tr5
	S5	Rf1	1,604,436	Rs2	1,737,523	Bf2	2,347,505	Hb4	Tr1
	S6	Rf1	1,539,440	Rs1	1,464,377	Bf2	2,407,125	Hb4	Tr2
	S7	Rf1	1,614,907	Rs2	1,612,836	Bf2	2,556,936	Hb3	Tr4
	S8	Rf1	1,878,882	Rs2	1,742,236	Bf2	2,431,677	Hb4	Tr1
	S9	Rf1	2,209,115	Rs2	1,922,252	Bf1	2,682,306	Hb4	Tr1
	S10	Rf1	1,471,422	Rs2	1,824,133	Bf2	2,428,920	Hb2	Tr1
	S11	Rf1	1,254,831	Rs1	1,386,473	Bf2	2,434,783	Hb3	Tr4
	S12	Rf2	1,224,409	Rs1	1,178,478	Bf2	1,956,693	Hb2	Tr2
	S13	Rf1	1,656,140	Rs2	1,747,368	Bf2	2,656,140	Hb4	Tr3
	S14	Rf1	1,764,550	Rs1	1,568,783	Bf2	2,375,661	Hb4	Tr4
	S15	Rf2	1,197,115	Rs1	1,254,808	Bf2	1,442,308	Hb1	Tr1
S C	S16	Rf1	1,044,304	Rs1	1,088,608	Bf2	2,860,759	Hb4	Tr2
	S17	Rf2	1,068,602	Rs1	1,042,216	Bf2	2,034,301	Hb3	Tr4
	S18	Rf1	1,056,338	Rs1	1,098,592	Bf2	1,802,817	Hb3	Tr4
	S19	Rf1	1,554,404	Rs2	1,724,093	Bf2	2,319,948	Hb3	Tr1
	S20	Rf1	1,036,649	Rs1	1,167,539	Bf2	2,272,251	Hb3	Tr4
P S	S21	Rf1	1,917,391	Rs2	1,939,130	Bf1	1,826,087	Hb2	Tr4
	S22	Rf1	1,898,551	Rs2	1,888,889	Bf1	2,309,179	Hb5	Tr1
	S23	Rf1	1,316,514	Rs1	1,339,450	Bf2	2,518,349	Hb4	Tr2
	S24	Rf1	1,396,768	Rs1	1,432,675	Bf2	2,202,873	Hb2	Tr4
	S25	Rf1	1,413,793	Rs1	1,434,729	Bf2	2,062,808	Hb2	Tr2
E P	S26	Rf1	1,903,614	Rs2	1,933,735	Bf1	1,897,590	Hb3	Tr1
	S27	Rf3	1,094,340	Rs1	1,566,038	Bf2	1,792,453	Hb1	Tr1
	S28	Rf1	1,251,572	Rs1	1,232,704	Bf2	2,660,377	Hb4	Tr2
	S29	Rf2	1,272,289	Rs1	1,281,928	Bf2	2,572,464	Hb4	Tr2

MATERIAL SUPLEMENTAR CAPÍTULO 2

Anexo 1. Características de habitat utilizadas na avaliação dos sítios de amostragem para cálculos do *Habitat Integrity Index* – HII (Nessimian et al. 2008).

	Característica	Condição	Valor
F1	Padrão de utilização do solo além da zona ripícola	Floresta primária contínua /100 ha fragmento/ 10 ha fragmento	6
		Floresta secundária <i>Cecropia</i> / floresta secundária mista	5
		Floresta secundária <i>Vismia</i>	4
		Pasto	3
		Culturas perenes	2
		Culturas de ciclo curto/ solo exposto	1
F2	Largura da mata ciliar	Floresta contínua	6
		Floresta com largura entre 30 e 100m	5
		Floresta com largura entre 5 e 30 m	4
		Floresta com largura entre 1 e 5 m	3
		Zona ripícola ausente, mas algumas espécies arbustivas e árvores pioneiras	2
		Mata ciliar e vegetação arbustiva ausente	1
F3	Integridade da mata ciliar	Zona ripícola intacta, sem rompimento na vegetação	4
		Interrupções que ocorrem em intervalos de > 50m	3
		Pausas frequentes com ravinas (barrancos) e cicatrizes a cada 50 m	2
		Profundamente marcada com barrancos ao longo da sua extensão	1
F4	Vegetação da zona ripícola de 10 m de canal	Mais de 90% de densidade de plantas não-pioneira árvores ou arbustos	4
		Espécies pioneiras mistas e árvores maduras	3
		Gramíneas mistas e árvores pioneiras esparsas e arbustos	2
		Gramíneas e poucas árvores arbustivas	1
F5	Mecanismo de retenção	Canal com pedras e / ou antigos registros firmemente fixados no local	4
		Rochas e / ou registros presente, mas filete com sedimento	3
		Retenção de sólidos livre, que se deslocam com as cheias	2
		Canal de silte areia solta, poucas obstruções no canal	1
F6	Canal /sedimentos	Pouco ou nenhum alargamento canal sedimentos resultantes da acumulação	4
		Algumas barreiras de cascalho grosseiros pedras e pouco silte	3
		Sedimentos barreiras de pedras, areia e silte comum	2
		Canal dividido em tranças ou riachos canal corrigido	1
F7	Estrutura de margem	Margens inconspícuas	5
		Margem estável, com rochas e solo firme, dominada por gramíneas, arbustos, árvores enraizadas	4
		Margem firme, mas levemente composto por gramíneas e arbustos	3
		Margens de areia solta detidos por uma escassa camada de gramíneas e arbustos	2
		Margens instáveis, facilmente perturbado, com solo ou areia	1

		solta	
F8	Margem sub recorte	Pouco, não evidente ou restrito a áreas com árvores raiz suporte	4
		Corte apenas nas curvas e nas constrições	3
		Cortes freqüentes, subcotação das margens e das raízes	2
		Grave corte ao longo canal, os bancos em queda	1
F9	Riacho (leito)	Rocha de fundo de vários tamanhos embalados em conjunto, interstícios óbvio	4
		Rocha no fundo facilmente deslocado, com pouco sedimento	3
		Fundo de sedimento, cascalho e areia, estável em alguns lugares	2
		Uniformes fundo de areia e silte dissolutamente realizada em conjunto, ausente substrato pedregoso	1
F10	Correnteza e remanso, ou meandros	Distintas, que ocorrem em intervalos de 5-7 x a largura do riacho	4
		Irregularmente espaçadas	3
		Longos remansos separando curtas correntezas, meandros ausentes	2
		Meandros e correnteza / remanso ausente ou fluxo corrigido	1
F11	Vegetação aquática	Quando presentes, constituída por musgos e algas	4
		Algas dominantes nos remansos, plantas vasculares ao longo borda	3
		Algas presentes, algumas plantas vasculares, alguns musgos	2
		Algas rasteiras cobrem o fundo, plantas vasculares dominam o canal	1
F12	Detritos	Consistindo principalmente em folhas e madeira, sem sedimento	5
		Consistindo principalmente em folhas e madeira, com sedimento	4
		Poucas folhas e madeira, detritos orgânicos finos, com sedimentos	3
		Sem detritos de madeira, grossas e finas de matéria orgânica, com sedimentos	2
		Sedimentos anaeróbios, detritos não grosseiros	1

Anexo 2. Resultados do *habitat integrity index* (HII) para os córregos amostrados

Córregos	(F1)	(F2)	(F3)	(F4)	(F5)	(F6)	(F7)	(F8)	(F9)	(F10)	(F11)	(F12)	H.I.I.
S1	3	3	1	3	2	2	3	3	3	3	0	4	30
S2	6	6	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	52
S3	3	4	3	3	2	3	3	3	2	2	0	3	31
S4	3	4	4	3	3	4	4	4	3	4	0	4	40
S5	3	3	1	1	1	1	3	2	1	1	0	1	18
S6	6	6	4	4	4	4	4	4	4	4	0	5	49
S7	3	4	2	2	3	2	3	3	3	2	0	4	31

Anexo 3. Referências não citadas no texto, utilizadas para avaliação funcional dos táxons

- Allen, K.A., and, D.J. Thompson. 2010. Movement characteristics of the Scarce Blue-tailed Damselfly, *Ischnura pumilio*. *Insect Conservation and Diversity* 3: 5–14.
- Anderson, J. M. E. 1976. Aquatic Hydrophilidae (coleoptera). The biology of some Australian species with descriptions of immature stages reared in the laboratory. *J. Aust. Ent. Soc.* 15: 219-228.
- Anderson, M. J., Ellingsen, K. E., e McArdle B. H. (2006), ‘Multivariate dispersion as a measure of beta diversity’, *Ecology Letters* 9:683-693.
- Apigian, K.O., D.L. Dahlsten, and S.L. Stephens. 2006. Biodiversity of Coleoptera and the Importance of Habitat Structural Features in a Sierra Nevada Mixed-conifer Forest. *Environ. Entomol.* 35(4): 964-975.
- Assis, J.C.F., A.L. Carvalho, and, J.L. Nessimian. 2004. Composição e preferência por microhabitat de imaturos de Odonata (Insecta) em um trecho de baixada do Rio Ubatiba, Maricá-RJ, Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia* 48(2): 273-282.
- Baptista, D.F., D.F. Buss, L.G. Dias, J.L. Nessimian, E.R. Da Silva, A.H.A. De Moraes Neto, S.N. Carvalho, M.A. De Oliveira, and, L.R. Andrade. 2006. Functional feeding groups of Brazilian Ephemeroptera nymphs: ultrastructure of mouthparts. *Ann. Limnol. - Int. J. Lim.* 42(2): 87-96.
- Beckett, D.C. 1987. Plecoptera of the Ohio River: Community Composition and Species Phenologies of Nymphs Collected Near Cincinnati, Ohio. *Ohio J. Sci.* 87(1): 41-45.
- Benetti, C.J, and G.L. Fiorentin. 2003. Bionomia e ecologia de coleópteros aquáticos, com ênfase em Hydradephaga. *Acta Biologica Leopoldensia* 25(2): 153-164.

- Botosaneanu, L., and, D. Sakal. 1992. Ecological observations on the caddisflies (Insecta: Trichoptera) from Trinidad and Tobago (W. Indies). *Revue d'Hydrobiologie Tropicale*, 25:197-207.
- Bouchard Jr, R. W. 2004. Guide to Aquatic Invertebrates of the Upper Midwest: Identification Manual for Students, Citizen Monitors and Aquatics Resource Professionals. University of Minnesota, 183p.
- Brittain, J.E. 1982. Biology of Mayflies. *Ann. Rev. Entomol.* 27:119-147.
- Brodersen, K.P., O. Pedersen, C. Lindegaard, and K. Hamburger. 2004. Chironomids (Diptera) and oxy-regulatory capacity: An experimental approach to paleolimnological interpretation. *Limnol. Oceanogr.* 49(5): 1549–1559.
- Brown, H.P. 1972. Aquatic Dryopoid beetles of the United States. Biota of Freshwater Ecosystems, Identification Manual 6. Oceanography and Limnology Program (Smithsonian Institution); United States Environmental Protection Agency – USEPA. 82p.
- Brown, H.P. 1987. Biology of riffle beetles. *Annual Review of Entomology* 32: 253-273.
- Callisto, M. e Esteves, F. A. (1998). ‘Categorização funcional dos macroinvertebrados bentônicos em quatro ecossistemas lóticos sob influência das atividades de mineração de bauxita na Amazônia Central (Brasil)’, *Oecologia Brasiliensis*, 5: 223-234.
- Carvalho, A.L., and, J.L. Nessimian. 1998. Odonata do Estado do Rio de Janeiro, Brasil: habitas e hábitos das larvas. In: J.L. Nessimian, and A.L. Carvalho (Eds). *Ecologia de insetos aquáticos. Series Oecologia Brasiliensis* 5: 3-28.
- Chapman, L.J., K. R. Schneider, C. Apodaca, and C. A. Chapman. 2004 Respiratory Ecology of Macroinvertebrates in a Swamp–River System of East Africa. *Biotropica* 36(4): 572–585.
- Clifford, H.F. 1991. Aquatic Invertebrates of Alberta. Department of Biological Science, University of Alberta. Available in: http://sunsite.ualberta.ca/Projects/Aquatic_Invertebrates/index.php
- Corbet, P.S. 1962. A biology of dragonflies. H.F. e G. Witherby Ltd. 5 Warwick Court, London, 1ed. 247p.
- Correa, M., T. Machado and G. Roldán. 1981. Taxonomía y ecología del Orden Trichoptera en el Departamento de Antioquia en diferentes pisos altitudinales. *Actualidades Biológicas* 10(36):35-48.
- Cummins K.W. 1974. Stucture and function of stream ecosystem. *Bioscience* 2: 631-641.

- Domínguez, E., M.D. Hubbard, and, M.L. Pescador. 1994. Los Ephemeroptera em Argentina. In: Z.A. Castellanos (Dir.). 1994. Fauna de agua Dulce de La Republica Argentina, vol. 33, fasc. 1. 145p.
- Elliot, J.M. 2008. The ecology of riffle beetles (Coleoptera: Elmidae). *Freshwater Reviews* 1: 189-203.
- Epler, J.H. 2006. Identification manual for the aquatic and semi-aquatic heteroptera of Florida. Division of Water Resource Management. Florida Department of Environmental Protection. 195p.
- Epler, J.H. 2010. The water beetles of Florida. Division of Environmental Assessment and Restoration. Florida Department of Environmental Protection. 414p.
- Ewer, R.F. 1942. On the function of haemoglobin in *Chironomus*. *J.E.B.* 18(3): 197-205.
- Ferreira-Peruquetti, P., and, S. Trivinho-Strixino. 2003. Notas sobre relações foréticas entre espécies de Chironomidae e Odonata do Estado de São Paulo, Brasil. *Entomotropica* 18(2):149-151.
- Froehlich C.G. 1964. - The feeding apparatus of the nymph of *Arthroplea cogener* Bengtsson (Ephemeroptera). *Opuscula Entomologica* 29: 188-208.
- Gallardo-Mayenco, A., and, J. Toja. 2002. Spatio-temporal distribution of Simuliids (Diptera) and associated environmental factors in two Mediterranean Basins of southern Spain. *Limnetica* 21: 47-57.
- Giovanni, M.V., Pirisinu, Q., Giangiuliani, G., Goretti, E., and, Pampanella, L. 1999. Oxygen consumption in two aquatic coleoptera species: *Hydrous piceus* and *Dytiscus marginalis*. *Ital. J. Zool*, 66(4): 329-332.
- Hamada, N., and, J.W. McCreadie. 1999. Environmental factors associated with the distribution of *Simulium perfl avum* (Diptera: Simuliidae) among streams in Brazilian Amazonia. *Hydrobiology* 397: 71-78.
- Hamada, N., J.W. McCreadie, and, P.H. Adler P.H. 2002. Species richness and spatial distribution of blackflies (Diptera: Simuliidae) in streams of Central Amazonia, Brazil. *Freshw. Biol.* 47: 31-40.
- Hawking, J.H., L.M. Smith, and K. Le Busque. 2009. Identification and Ecology of Australian Freshwater Invertebrates. <http://www.mdfrc.org.au/bugguide>, Version January 2009. Available in 03/2010.
- Hepp, L.U., C. Biasi, S.V. Milesi, F.O. Veiga, and, R.M. Restello. 2008. Chironomidae (Diptera) larvae associated to *Eucalyptus globulus* and *Eugenia uniflora* leaf litter in a subtropical stream (Rio Grande do Sul, Brazil). *Acta Limnol. Bras* 20(4): 345-350.

- Holzenthal, R.W. and O.S. Flint, Jr.(Eds.) 1997. Proceedings of the 8th International Symposium on Trichoptera. Columbus, Ohio: Ohio Biological Survey. 496 p
- Hynes, H.B.N., 1976. Biology of Plecoptera. *Annu. Rev. Entomol.* 21:135-153.
- Larsen, O. 1966. On the morphology and function of the locomotor organs of the Gyrinidae and other Coleoptera. *Opuscula entomologica* 30: 1-242.
- Marjanian, M.A. 2009. On the Hydrophilid Genus *Paracymus* Thomson (Coleoptera, Hydrophilidae) of the fauna of Armenia. *Entomological Review* 89(1): 72–78
- Moreira, F.F.F., J.R.I. Ribeiro, and, J.L. Nessimian. 2009. A synopsis of the *Hydrometra* (Hemiptera, Heteroptera, Hydrometridae) from the Amazon River floodplain, Brazil, with redescription of *Hydrometra argentina* Berg. *Revista Brasileira de Entomologia* 53(1): 69-73.
- Navarro-Martínez, D., M. J. López-Rodríguez, and, J. M. Tierno de Figueroa. 2007. The life cycle and nymphal feeding of *Capnioneura petitpierreae* Aubert, 1961 (Plecoptera, Capniidae). *Illiesia* 3(8):65-69.
- Pinder, L.C.V. 1986. Biology of freshwater Chironomidae. *Ann. Rev. Entomol.* 31:1-23.
- Polegatto C.M., and, C.G. Froehlich. 2001. - Functional morphology of the feeding apparatus of the nymph of *Farrodes* sp. (Ephemeroptera: Leptophlebiidae). *Acta Zool.* 82: 165-175.
- Rasmussen, A.K., and, Pescador, M.L. 2002. A guide to the Megaloptera and aquatic Neuroptera of Florida. Division of Water Resource Management Florida Department of Environmental Protection. Available in: <http://www.dep.state.fl.us/labs/library/keys.htm>
- Rozkošný, R. 1982. A biosystematix study of the European Stratiomyidae (Diptera). *Series Entomol.* 21: viii+401.
- Santos, R.B., J. Lopes, and, K.B. Santos. 2010. Distribuição Espacial e Variação Temporal da Composição de Espécies de Borrachudos (Diptera: Simuliidae) em uma Microbacia Situada no Norte do Paraná. *Neotropical Entomology* 39(2): 289-298.
- Seagle Jr, H.H. 1982. Comparison of the Food Habits of Three Species of Riffle Beetles, *Stenelmis crenata*, *Stenelmis mera*, and *Optioservus trivittatus* (Coleoptera: Dryopoidea: Elmidae). *Freshwater Invertebrate Biology* 1(2): 33-38.
- Segura, M.O., A.A. Fonseca-Gessner, and M.O. Tanaka. 2007. Composition and distribution of aquatic Coleoptera (Insecta) in loworder streams in the state of São Paulo, Brazil: influence of environmental factors. *Acta Limnol. Bras.* 19(3):247-256.

- Sephton, TW (1987) Some observations on the food of larvae of *Procladius bellus* (Diptera: Chironomidae) Aquatic Insects, Volume 9, Issue 4: 195 - 202
- Silva, F.L., S.S. Ruiz, G.L. Bochini, and, D.C. Moreira. 2008. Functional feeding habits of Chironomidae larvae (Insecta, Diptera) in a lotic system from Midwestern region of São Paulo State, Brazil. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 3(2): 135-141.
- Takahashi, MA., J. Higuti, Y.M. Bagatini, I.P. Zviejkovski, and, L.F.M. Velho. 2008. Composition and biomass of larval chironomid (Insecta, Diptera) as potential indicator of trophic conditions in southern Brazil reservoirs. *Acta Limnol. Bras.* 20(1):5-13.
- Taylor, B.W., C.R. Anderson, and, B.L. Peckarsky. 1998. Effects of size at metamorphosis on stonefly fecundity, longevity, and reproductive success. *Oecologia* 114: 494-502.
- Thorpe, w.h., and, d. J. Crisp. 1949. Studies on plastron respiration. Iv. Plastron respiration in the coleoptera. *J.E.B.* 26(3): 219-262.
- Trivinho-Strixino, S. and, G. Strixino. 2003. The immature stages of two *Caladomyia* Säwedall, 1981 species, from São Paulo State, Brazil (Chironomidae, Chironominae, Tanytarsini). *Rev. Bras. Ent.* 47(4): 597-602.
- Wallace, J.B. and R.W. Merritt. 1980. Filter-feeding ecology of aquatic insects. *Annual Review of Entomology* 25:103-132.
- Walshe, B.M. 1950. The function of haemoglobin in relation to filter feeding in leaf-mining chironomid larvae. *J.E.B.* 28(1): 57-61.
- Weaver, J.S., III, and, J.C. Morse. 1986. Evolution of feeding and case-making behavior in Trichoptera. *J. N. Am. Bent. Soc.* 5:150-158.

Anexo 4. Lista de táxons coletados no Planalto da Bodoquena, com seus respectivos atributos funcionais. Os referentes códigos podem ser visualizados na Tabela 1, no corpo do texto.

	Exoesqueleto	Tamanho	Reofilia	Trofia
Coleoptera				
Elmidae				
<i>Austrolimnius L</i>	3	2	Rh3	Tr3
<i>Austrolimnius A</i>	3	2	Rh3	Tr5
<i>Hexacylloepus L</i>	3	2	Rh3	Tr3
<i>Hexacylloepus A</i>	3	3	Rh3	Tr5
<i>Heterelmis L</i>	3	2	Rh3	Tr3
<i>Heterelmis (af) L</i>	3	2	Rh3	Tr3
<i>Heterelmis A</i>	3	2	Rh3	Tr5

<i>Hexanchorus L</i>	3	2	Rh3	Tr3
<i>Larainae L</i>	3	3	Rh3	Tr3
<i>Macrelmis L</i>	3	3	Rh3	Tr3
<i>Macrelmis A</i>	3	3	Rh3	Tr5
<i>Microcylloepus L</i>	3	2	Rh3	Tr3
<i>Microcylloepus A</i>	3	2	Rh3	Tr5
<i>Neoelmis L</i>	3	2	Rh3	Tr3
<i>Neoelmis A</i>	3	2	Rh3	Tr5
<i>Phanocerus L</i>	3	2	Rh3	Tr3
<i>Phanocerus A</i>	3	3	Rh3	Tr5
<i>Stegoelmis L</i>	3	2	Rh3	Tr3
<i>Stenhelmoides A</i>	3	2	Rh3	Tr5
Elmidae sp L	3	1	Rh3	Tr3
Dryopidae				
Dryopidae L	2	2	Rh1	Tr3
Dryopidae (af) L	2	2	Rh1	Tr3
Dyticidae				
Dytiscidae L	3	2	Rh1	Tr4
Dytiscidae A	3	3	Rh1	Tr4
<i>Laccophilus L</i>	3	2	Rh1	Tr4
Hydroporinae L	3	2	Rh1	Tr4
Gyrinidae				
<i>Gyretes L</i>	2	2	Rh1	Tr4
Gyrinidae sp	2	2	Rh1	Tr4
Hydrophilidae				
<i>Berosus L</i>	2	2	Rh2	Tr4
<i>Berosus A</i>	3	3	Rh2	Tr6
<i>Paracymus A</i>	3	3	Rh2	Tr6
Hydrophilidae sp 1 L	2	2	Rh2	Tr4
Hydrophilidae sp2 L	2	2	Rh2	Tr4
Lutrochidae				
<i>Lutrochus L</i>	3	1	Rh3	Tr5
<i>Lutrochus (af) L</i>	3	1	Rh3	Tr5
<i>Lutrochus A</i>	3	1	Rh3	Tr5
Scirtidae				
Scirtidae sp1 L	3	1	Rh1	Tr2
Scirtidae sp2 L	3	1	Rh1	Tr2
Staphylinidae				
Staphylinidae A	3	3	Rh2	NA
Diptera				
Tipulidae				
Tipulidae sp1	1	2	Rh1	Tr4?
Tipulidae sp2	1	2	Rh1	Tr4?
Tipulidae sp3	1	2	Rh1	Tr4?
Ceratopogonidae				
Ceratopogonidae sp	1	2	Rh1	Tr4

Simuliidae				
<i>Simulium</i> (cf)	1	1	Rh3	Tr2
Stratyomidae				
Stratyomidae sp	1	1	Rh1	Tr1
Stratyomidae (aff)	1	1	Rh1	Tr1
Empididae				
Empididae (aff)	1	2	Rh1	Tr4
Tabanidae				
Tabanidae sp	1	2	Rh1	Tr4?
Chironomidae				
<i>Ablablesmia</i>	1	1	Rh2	Tr4
<i>Axarus</i>	1	1	Rh2	Tr1
<i>Beardius</i>	1	1	Rh1	Tr1
<i>Beardius</i> (cf)	1	1	Rh1	Tr1
<i>Clinotanypus</i>	1	1	Rh2	Tr4
<i>Coelotanypus</i>	1	1	Rh1	Tr4
<i>Chironomus</i>	1	2	Rh2	Tr6
<i>Corynoneura</i>	1	1	Rh2	Tr1
<i>Cryptochironomus</i>	1	1	Rh2	Tr4
<i>Cricotopus</i>	1	1	Rh2	Tr3
<i>Demicryptochironomus</i>	1	1	NA	NA
<i>Denopelopia</i> (af)	1	1	NA	Tr4
<i>Dicrotendipes</i>	1	1	Rh1	Tr1
<i>Djalmabatista</i>	1	1	Rh3	Tr4
<i>Endotribellos sp1</i>	1	1	Rh1	Tr1
<i>Endotribellos sp2</i> (cf)	1	1	Rh1	Tr1
<i>Fissimentum</i>	1	1	Rh3	Tr1
<i>Fittkauimyia</i>	1	1	Rh2	Tr4
<i>Goeldichironomus</i>	1	2	Rh1	Tr1
<i>Labrundinia</i>	1	1	Rh2	Tr4
<i>Larsia</i>	1	1	Rh2	Tr4
<i>Lauterboniella</i> (af)	1	1	NA	Tr1
<i>Lopescladius</i>	1	1	NA	Tr1
<i>Nanocladius sp1</i>	1	1	Rh2	Tr1
<i>Nanocladius sp2</i>	1	1	Rh2	Tr1
<i>Paratendipes</i>	1	1	Rh2	Tr1
<i>Paralauterboniella</i>	1	1	Rh1	Tr1
<i>Paralauterboniella</i> (af)	1	1	Rh1	Tr1
<i>Parametriocnemus</i>	1	1	Rh3	Tr4
<i>Pentaneura</i>	1	1	Rh1	Tr4
<i>Polypedilum</i>	1	1	Rh1	Tr1
<i>Polypedilum</i> (Asheum)	1	1	Rh1	Tr1
<i>Procladius</i>	1	1	Rh2	Tr4
<i>Pseudochironomus</i>	1	1	Rh2	Tr1

<i>Pseudochironomus (aff)</i>	1	1	Rh2	Tr1
<i>Stenochironomus</i>	1	2	Rh2	Tr1
<i>Tanypus</i>	1	1	Rh1	Tr4
<i>Tanytarsus Caladomyia</i>	1	1	Rh2	Tr2
<i>Thienemaniella</i>	1	1	Rh2	Tr1
<i>Zavreliomyia</i>	1	1	Rh2	Tr4
<i>Chironominae sp1</i>	1	1	Rh2	Tr1
<i>Chironominae sp2</i>	1	1	Rh2	Tr1
Tanypodinae sp	1	1	NA	Tr4
Ephemeroptera				
Leptophlebiidae				
<i>Microphlebia</i>	2	2	Rh2	Tr1
<i>Traverella</i>	2	2	Rh2	Tr1
<i>Farrodes</i>	2	2	Rh2	Tr1
Leptophlebiidae sp1	2	2	Rh2	Tr1
Leptophlebiidae sp2	2	2	Rh2	Tr1
<i>Umeritoides</i>	2	2	Rh2	Tr1
Ephemeridae				
<i>Exagenia</i>	2	3	Rh1	Tr1
Baetidae				
Baetidae sp1	2	1	Rh2	Tr3
Baetidae sp2	2	1	Rh2	Tr3
<i>Camelobaetidus</i>	2	1	Rh2	Tr3
<i>Cloeodes</i>	2	1	Rh2	Tr3
Caenidae				
<i>Caenis</i>	2	2	Rh2	Tr1
Leptohiphidae				
<i>Leptohiphes</i>	2	2	Rh3	Tr1
<i>Traveryphes</i>	2	2	Rh3	Tr1
Hemiptera				
Belostomatidae	3	3	Rh1	Tr4
Gerridae	3	2	Rh1	Tr4
Vellidae	3	3	Rh1	Tr4
Naucoridae	3	2	Rh1	Tr4
Lepidoptera				
Pyralidae	1	1	Rh2	Tr5
Megaloptera				
Corydalidae				
Corydalinae	3	3	Rh3	Tr4
Odonata				
Aeshinidae				
<i>Limnetron</i>	3	3	Rh1	Tr4
Calopterygidae				
Calopterygidae sp	3	3	Rh3	Tr4
Coenagrionidae				
Coenagrionidae spp	3	2	Rh2	Tr4

Gomphidae				
<i>Aphyla</i>	3	3	Rh1	Tr4
<i>Epigomphus</i>	3	3	Rh1	Tr4
<i>Tibiogomphus</i>	3	3	Rh1	Tr4
Libellulidae				
Libellulidae sp	3	3	Rh1	Tr4
<i>Perithemis</i>	3	3	Rh1	Tr4
<i>Libellula</i>	3	3	Rh1	Tr4
Plecoptera				
Perlidae				
<i>Anacroneuria</i>	3	3	Rh3	Tr4
Trichoptera				
Hydropsychidae				
<i>Leptonema</i>	2	3	Rh3	Tr2
<i>Smicridia</i>	2	3	Rh3	Tr2
<i>Macronema</i>	2	3	Rh3	Tr2
<i>Plectromacronema</i>	2	3	Rh3	NA
Philopotamidae				
<i>Chimarra</i>	1	2	Rh2	Tr2
Philopotamidae sp	1	2	Rh2	Tr2
Polycentropodidae				
<i>Polycentropus</i>	1	2	Rh2	Tr4
Helicopsychidae				
<i>Helicopsyche</i>	2	3	Rh2	Tr3
Ecnomidae				
<i>Austronoides</i>	2	3	Rh3	Tr2
Ecnomidae	2	3	Rh3	Tr2
Xiphocentronidae				
<i>Xiphocentron sp1</i>	2	3	Rh2	NA
<i>Xiphocentron sp2</i>	2	3	Rh2	NA
Calamoceratidae				
<i>Phylloicus</i>	2	3	Rh2	Tr5
Leptoceridae				
<i>Triplectides</i>	2	3	Rh2	Tr5
<i>Oecetis</i>	2	3	Rh2	Tr4
Hydroptilidae				
Hydroptilidae	2	1	Rh2	Tr3
Glossosomatidae				
<i>Mexitrichia</i>	2	2	Rh2	Tr3
Decapoda				
Palaemonidae				
<i>Macrobrachium</i>	3	3	Rh1	Tr3
Microcrustaceo (ñ id)	3	1	Rh1	Tr3
Oligochaeta				
Tubificidae	1	3	Rh1	Tr1
Nardidae				

<i>Dero</i>	1	3	Rh1	Tr1
Nardidae sp	1	3	Rh1	Tr1
Hirudinea	1	1	Rh1	Tr7
Nematoda	1	2	Rh1	NA
Plathihelminthes	1	1	Rh1	Tr8
Hygrophila				
Acroloxidae				
<i>Acroloxus</i>	3	2	Rh1	Tr3
<i>Acroloxidae sp</i>	3	2	Rh1	Tr3
Lymnaeidae	3	2	Rh1	Tr3
Planorbidae	3	3	Rh1	Tr3
Basommatophora				
Ancylidae	3	3	Rh1	Tr3

**MATERIAL SUPLEMENTAR 3 (NORMAS PARA
PUBLICAÇÃO)**

BIOTROPICA – JOURNAL OF THE ASSOCIATION FOR TROPICAL BIOLOGY AND CONSERVATION

CHECKLIST FOR PREPARATION OF MANUSCRIPTS AND ILLUSTRATIONS (updated February 2010)

Online submission and review of manuscripts is mandatory effective 01 January 2005.

Please format your paper according to these instructions and then go to the following website to submit your manuscript (<http://mc.manuscriptcentral.com/bitrop>). Contact the BIOTROPICA Office for assistance if you are unable to submit your manuscript via Manuscript Central (biotropica@env.ethz.ch).

Authors are requested to provide a **cover letter** that details the **novelty, relevance** and **implications** of their work, and a brief explanation of the suitability of the work for BIOTROPICA. The number of words in the manuscript should also be given in the cover letter.

Owing to limited space within Biotropica we ask authors to place figures and tables that do not have central relevance to the manuscript as online Supporting Information (SI). SI accompanies the online version of a manuscript and will be fully accessible to everyone with electronic access to Biotropica. Authors are welcome to submit supplementary information, including photographs, for inclusion as SI, although all such material must be cited in the text of the printed manuscript. The Editor reserves the right to make decisions regarding tables, figures and other materials in SI. If authors disagree with the Editor's decision, they could ask for such tables and figures to be included in the printed article on the condition that the authors cover the additional page charges incurred at the rate of US \$60 per page.

I. General Instructions

- ⊙ Publication must be in English, but second abstract in other languages (such as Spanish, French, Portuguese, Hindi, Arabic, Chinese etc.) may be published as online Supporting Information. BIOTROPICA offers assistance in editing manuscripts if this is required (see English Editorial Assistance below). Second abstracts will **not** be copy-edited and the author(s) must take full responsibility for content and quality.
- ⊙ Manuscripts may be submitted in the following categories, based on these suggested word limits:
 - Paper (up to 5000 words)
 - Insights (up to 2000 words)
 - Review (up to 8000 words)
 - Commentary (up to 2000 words)

Word counts exclude title page, abstract(s), literature cited, tables, figures, or appendices.

- ⊙ Use 8.5" x 11" page size (letter size). Double space everything, including tables, figure legends, abstract, and literature cited.
- ⊙ Use a 1" margin on all sides. Align left. Avoid hyphens or dashes at ends of lines; do not divide a word at the end of a line.
- ⊙ Use standard 12 point type (Times New Roman).
- ⊙ Indent all but the first paragraph of each section.
- ⊙ Use italics instead of underline throughout. Italicize non-English words such as *e.g.*, *i.e.*, *et al.*, *cf.*, *ca.*, *n.b.*, *post-hoc*, and *sensu* (the exceptions being 'vs.' and 'etc.').
- ⊙ Include page number in the centre of all pages. Do use line numbering starting on each page.

- ⊕ Cite each figure and table in the text. Tables and figures must be numbered in the order in which they are cited in the text.
- ⊕ Use these abbreviations: yr (singular & plural), mo, wk, d, h, min, sec, diam, km, cm, mm, ha, kg, g, L, g/m²
- ⊕ For units, avoid use of negative numbers as superscripts: use the notation /m² rather than m⁻².
- ⊕ Write out other abbreviations the first time they are used in the text; abbreviate thereafter: "El Niño Southern Oscillation (ENSO) . . ."
- ⊕ Numbers: Write out one to ten unless a measurement (*e.g.*, four trees, 6 mm, 35 sites, 7 yr, 10 × 5 m, > 7 m, ± SE) or in combination with other numbers (*e.g.*, 5 bees and 12 wasps). Use a comma as a separator in numbers with **more than** four digits (*i.e.*, 1000, but 10,000); use decimal points as in 0.13; 21°C (no spaces); use dashes to indicate a set location of a given size (*e.g.*, 1-ha plot).
- ⊕ Spell out 'percent' except when used in parentheses (20%) and for 95% CI.
- ⊕ Statistical abbreviations: Use italics for *P*, *N*, *t*, *F*, *R*, *r*, *G*, *U*, *N*, χ^2 (italics, superscripts non-italics); but use roman for: df, SD, SE, SEM, CI, two-way ANOVA, ns
- ⊕ Dates: 10 December 1997; Times: 0930 h, 2130 h
- ⊕ Latitude and Longitude are expressed as: 10°34'21" N, 14°26'12" W
- ⊕ Above sea level is expressed as: asl
- ⊕ Regions: SE Asia, UK (no periods), but note that U.S.A. includes periods.
- ⊕ Geographical place names should use the English spelling in the text (Zurich, Florence, Brazil), but authors may use their preferred spelling when listing their affiliation (Zürich, Firenze, Brasil).
- ⊕ Lists in the text should follow the style: ... : (1)... ; (2)...; and (3)..., as in, "The aims of the study were to: (1) evaluate pollination success in *Medusagyne oppositifolia*; (2) quantify gene flow between populations; and (3) score seed set."
- ⊕ Each reference cited in text must be listed in the Literature Cited section, and vice versa. Double check for consistency, spelling and details of publication, including city and country of publisher.
- ⊕ For manuscripts ACCEPTED for publication but not yet published, cite as Yaz (in press) or (Yaz, in press). Materials already published online can be cited using the digital object identifier (doi)
- ⊕ Literature citations in the text are as follows:
 - One author: Yaz (1992) or (Yaz 1992)
 - Two authors: Yaz and Ramirez (1992); (Yaz & Ramirez 1992)
 - Three or more authors: Yaz *et al.* (1992), but include ALL authors in the literature cited section.
- ⊕ Cite unpublished materials or papers not in press as (J. Yaz, pers. obs.) or (J. Yaz, unpubl. data). Initials and last name must be provided. 'In prep' or 'submitted' are NOT acceptable, and we encourage authors not to use 'pers. obs.' or 'unpubl. data' unless absolutely necessary. Personal communications are cited as (K. A. Liston, pers. comm.).
- ⊕ Use commas (Yaz & Taz 1981, Ramirez 1983) to separate citations, BUT use semicolon for different types of citations (Fig. 4; Table 2) or with multiple dates per author (Yaz *et al.* 1982a, b; Taz 1990, 1991). Order references by year, then alphabetical (Azy 1980, Yaz 1980, Azy 1985).
- ⊕ Assemble manuscripts in this order:
 - Title page
 - Abstract (s)
 - Key words
 - Text

Acknowledgments (spelled like this)
Literature cited
Tables
Appendix (when applicable)
Figure legends (one page)
Figures

- ⊕ For the review purpose, submit the entire manuscript, with Tables, Figure legends and Figures embedded at the end of the manuscript text, as a Microsoft Word for Windows document (*.doc), or equivalent for Mac or Linux. Do NOT submit papers as pdf files.

II. Title Page

(Do not number the title page)

- ⊕ Running heads two lines below top of page.

LRH: Yaz, Pirozki, and Peigh (may not exceed 50 characters or six author names; use *Yaz et al.*)

RRH: Seed Dispersal by Primates (use capitals; may not exceed 50 characters or six words)

- ⊕ Complete title, flush left, near middle of page, Bold Type and Initial Caps, usually no more than 12 words.
- ⊕ Where species names are given in the title it should be clear to general readers what type(s) of organism(s) are being referred to, either by using Family appellation or common name. For example: ‘Invasion of African Savanna Woodlands by the Jellyfish tree *Medusagyne oppositifolia*’, or ‘Invasion of African Savanna Woodlands by *Medusagyne oppositifolia* (Medusagynaceae)’
- ⊕ Titles that include a geographic locality should make sure that this is clear to the general reader. For example: ‘New Species of Hummingbird Discovered on Flores, Indonesia’, and NOT ‘New Species of Hummingbird Discovered on Flores’.
- ⊕ Below title, include author(s) name(s), affiliation(s), and unabbreviated complete address(es). Use superscript number(s) following author(s) name(s) to indicate current location(s) if different than above. In multi-authored papers, additional footnote superscripts may be used to indicate the corresponding author and e-mail address. **Please refer to a current issue.**
- ⊕ At the bottom of the title page every article must include: Received ____; revision accepted ____ . (BIOTROPICA will fill in dates.)

III. Abstract Page

(Page 1)

- ⊕ Abstracts should be concise (maximum of 250 words for papers and reviews; 50 words for Insights; no abstract for Commentary). Include brief statements about the intent, materials and methods, results, and significance of findings. The abstract of Insights should emphasise the novelty and impact of the paper.
- ⊕ Do not use abbreviations in the abstract.
- ⊕ **Authors are strongly encouraged to provide a second abstract in the language relevant to the country in which the research was conducted**, and which will be published as online Supporting Information. This second abstract should be embedded in the manuscript text following the first abstract.
- ⊕ Provide up to eight key words after the abstract, separated by a semi-colon (;). Key words should be listed alphabetically. Include location, if not already mentioned in the title. See style below. Key words should NOT repeat words used in the title. Authors should aim to provide informative key words—avoid words that are too broad or too specific.
- ⊕ *Key words*: Melastomataceae; *Miconia argentea*; seed dispersal; Panama; tropical wet forest.—Alphabetized and key words in English only.

IV. Text

(Page 2, etc) See General Instructions above, or recent issue of BIOTROPICA (Section I).

- ⊕ No heading for Introduction. First line or phrase of Introduction should be SMALL CAPS.
- ⊕ Main headings are **METHODS**, **RESULTS**, and **DISCUSSION**: All CAPITALS and **Bold**. Flush left, one line.
- ⊕ One line space between main heading and text
- ⊕ Second level headings: SMALL CAPS, flush left, Capitalize first letter, begin sentence with em-dash, same line (*e.g.*, INVENTORY TECHNIQUE.—The ant inventory...).
- ⊕ Use no more than second level headings.
- ⊕ Do not use footnotes in this section.
- ⊕ References to figures are in the form of ‘Fig. 1’, and tables as ‘Table 1’. Reference to online Supporting Information is as ‘Fig. S1’ or ‘Table S1’.

V. Literature Cited

(Continue page numbering and double spacing)

- ⊕ No ‘in prep.’ or ‘submitted’ titles are acceptable; cite only articles published or ‘in press’. ‘In press’ citations must be accepted for publication. Include journal or publisher.
- ⊕ Verify all entries against original sources, especially journal titles, accents, diacritical marks, and spelling in languages other than English.
- ⊕ Cite references in alphabetical order by first author's surname. References by a single author precede multi-authored works by the same senior author, regardless of date.
- ⊕ List works by the same author chronologically, beginning with the earliest date of publication.
- ⊕ Insert a period and space after each initial of an author's name; example: YAZ, A. B., AND B. AZY. 1980.
- ⊕ Authors Names: use SMALL CAPS.
- ⊕ **Every** reference should spell out author names as described above. BIOTROPICA no longer uses ‘em-dashes’ (—) to substitute previously mentioned authors.
- ⊕ Use journal name abbreviations (see <http://www.bioscience.org/atlas/jourabbr/list.htm>). If in doubt provide full journal name.
- ⊕ Double-space. Hanging indent of 0.5 inch.
- ⊕ Leave a space between volume and page numbers and do not include issue numbers. 27: 3–12
- ⊕ Article in books, use: AZY, B. 1982. Title of book chapter. *In* G. Yaz (Ed.). Book title, pp. 24–36. Blackwell Publications, Oxford, UK.
- ⊕ Dissertations, use: ‘PhD Dissertation’ and ‘MSc Dissertation’.

VI. Tables

(Continue page numbering)

- ⊕ Each table must start on a separate page, double-spaced. The Table number should be in Arabic numerals followed by a period. Capitalize first word of title, double space the table caption. Caption should be italicized, except for words and species names that are normally in italics.
- ⊕ Indicate footnotes by lowercase superscript letters (, ^a , ^b , ^c , etc.).
- ⊕ Do not use vertical lines in tables.
- ⊕ Ensure correct alignment of numbers and headings in the table (see current issues)
- ⊕ Tables must be inserted as a Word table or copy and pasted from Excel in HTML format.

VII. Figure Legends

(Continue page numbering)

- ⊙ Double-space legends. All legends on one page.
- ⊙ Type figure legends in paragraph form, starting with 'FIGURE' (uppercase) and number.
- ⊙ Do not include 'exotic symbols' (lines, dots, triangles, etc.) in figure legends; either label them in the figure or refer to them by name in the legend.
- ⊙ Label multiple plots/images within one figure as A, B, C etc, as in 'FIGURE 1. Fitness of *Medusagyne oppositifolia* as indicated by (A) seed set and (B) seed viability', making sure to include the labels in the relevant plot.

VIII. Preparation of Illustrations or Graphs

Please consult <http://www.blackwellpublishing.com/bauthor/illustration.asp> for detailed information on submitting electronic artwork. We urge authors to make use of online Supporting Information, particularly for tables and figures that do not have central importance to the manuscript. If the editorial office decides to move tables or figures to SI, a delay in publication of the paper will necessarily result. We therefore advise authors to identify material for SI on submission of the manuscript.

- ⊙ Black-and-white or half-tone (photographs), drawings, or graphs are all referred to as 'Figures' in the text. Consult editor about color figures. Reproduction is virtually identical to what is submitted; flaws will not be corrected. Consult a recent issue of BIOTROPICA for examples.
- ⊙ If it is not possible to submit figures embedded within the text file, then submission as *.pdf, *.tif or *.eps files is permissible.
- ⊙ Native file formats (Excel, DeltaGraph, SigmaPlot, etc.) cannot be used in production. When your manuscript is accepted for publication, for production purposes, authors will be asked upon acceptance of their papers to submit:
 - Line artwork (vector graphics) as *.eps, with a resolution of > 300 dpi at final size
 - Bitmap files (halftones or photographs) as *.tif or *.eps, with a resolution of >300 dpi at final size
- ⊙ Final figures will be reduced. Be sure that all text will be legible when reduced to the appropriate size. Use large legends and font sizes. We recommend using Arial font (and NOT Bold) for labels within figures.
- ⊙ Do not use negative exponents in figures, including axis labels.
- ⊙ Each plot/image grouped in a figure or plate requires a label (*e.g.*, A, B). Use upper case letters on grouped figures, and in text references.
- ⊙ Use high contrast for bar graphs. Solid black or white is preferred.

IX. Insights (up to 2000 words)

Title page should be formatted as with Papers (see above)

- ⊙ No section headings.
- ⊙ Up to two figures or tables (additional material can be published as online Supporting Information).

X. Appendices

- ⊙ We do NOT encourage the use of Appendices unless absolutely necessary. Appendices will be published as online Supporting Information in almost all cases.
- ⊙ Appendices are appropriate for species lists, detailed technical methods, mathematical equations and models, or additional references from which data for figures or tables have been derived (*e.g.*, in a review paper). If in doubt, contact the editor.

- ⊕ Appendices must be referred to in the text, as Appendix S1. Additional figures and tables may be published as SI (as described above), but these should be referred to as Fig. S1, Table S1.
- ⊕ Appendices should be submitted as a separate file.
- ⊕ The editor reserves the right to move figures, tables and appendices to SI from the printed text, but will discuss this with the corresponding author in each case.

English Editorial Assistance

Authors for whom English is a second language may choose to have their manuscript professionally edited before submission to improve the English and to prepare the manuscript in accordance with the journal style. Biotropica provides this service as the cost of US\$ 25, - per hour. Please contact the Biotropica office at Biotropica@env.ethz.ch if you wish to make use of this service. The service is paid for by the author and use of a service does not guarantee acceptance or preference for publication.

Manuscripts that are scientifically acceptable but require rewriting to improve clarity and to conform to the Biotropica style will be returned to authors with a provisional acceptance subject to rewriting. Authors of such papers may use the Biotropica editing service at the cost of US\$ 25, - per hour for this purpose.

Most papers require between two to four hours, but this is dependent on the work required. Authors will always be contacted should there be any uncertainty about scientific meaning, and the edited version will be sent to authors for final approval before proceeding with publication.

Questions? Please consult the online user's guide at Manuscript Central first before contacting the editorial office

Phone: 0041 44 632 89 45

Editor's Phone: 0041 44 632 86 27

Fax: 0041 44 632 15 75

biotropica@env.ethz.ch

Please use this address for all inquiries concerning manuscripts and editorial correspondence.

AQUATIC INSECTS PREPARATION OF MANUSCRIPTS AND ILLUSTRATIONS

Taylor & Francis Style No. 1
(single column, ranged left)

Running heads	<i>(verso)</i> J. Smith and P. Jones or J. Smith et al. if 3 or more authors. If J.B. Smith then initials are closed up <i>(recto)</i> Journal Title
Article type (when needed)	position left and right of pages RESEARCH ARTICLE
Title	bold caps, ranged left Bold, first word and proper nouns cap only
Authors	ranged left An Author and Another Author (initials closed up if J.B. Smith)
Affiliation	ranged left <i>a</i> Department, University, City, Country; <i>b</i> Department, University, City, Country
Received dates	ranged left (Received 20 July 2009; final version received 17 August 2010) After affiliation, ranged left
Abstract	Text smaller, indented both sides
Keywords	ranged left Keywords: word; another word; lower case except names Position aligned with abstract, same size as abstract
Correspondence details	Given as footnote on page 1* *Corresponding author. Email: xxxxxxxx ranged left, no indent. Postal address not included in footnote.
Headings	If there is only one author, use *Email: xxxxxxxx A. Bold initial cap only B. Bold italic initial cap only C. Italic initial cap only D. <i>Italic initial cap only</i> . Text runs on All ranged left, numbers to be included if supplied, no indent below.
Paragraphs	Indented
Tables	(Table 1) in text. Table 1. Title initial cap only. (ranged left above table) Note: This is a note. (ranged left under table)
Figures	(Figure 1) in text. Figure 1. Caption initial cap only. (ranged left under figure) Note: This is a note. (ranged left under figure)
Displayed quotations	Indented left and right, smaller font (over 40 words, or when appropriate)
Lists	(1) for numbered lists Bullets if wanted
Equations	Equation (1) in text

Acknowledgements	Centred A heading. Goes before notes, bio notes and refs Text smaller
Notes	Notes (A heading) 1. This is a note. 2. This is another note.
Notes on contributors	Text smaller
Not all journals require this – please see the relevant instructions for authors page	Notes on contributors (A heading) First author details. Line space Second author details. Goes after Acknowledgements, before refs Text smaller

Taylor & Francis Reference Style R
ASA
<p>Quick Guide</p> <p>Authors are encouraged to consult the complete style guide for full details of this style, including how to cite references in the text. If you can't access this document online, please contact authorqueries@tandf.co.uk</p>

Journal article	Author, A.A., Author, B.B., and Author, C. (Year), 'Title of Article', <i>Title of Journal</i> , Vol, pages.
	Hoerl, A.E., Kennard, R.W., and Baldwin, K.R. (1975), 'Ridge Regression: Some Simulations', <i>Communications in Statistics, Part A - Theory and Methods</i> , 4, 105–123.
Book	Author, A. (Year), <i>Title of Book</i> , Place of Publication: Publisher.
	Chambers, J.M., Cleveland, W.S., Kleiner, B., and Tukey, P.A. (1983), <i>Graphical Methods for Data Analysis</i> , Belmont, CA: Wadsworth.
Chapter	Author, A. (Year), 'Title of Chapter', in <i>Title of Book</i> , ed. A. Editor, Place of Publication: Publisher, pages.
	McQueen, M.Y. (in press), 'Kruskal's Proof

	Refuted', in <i>The Theorems and Proofs of Kruskal</i> , eds. J. Doe and B. Doe, Chicago: Rand McNally.
Internet document	Author, A. (Year). 'Title of Document'. URL.
	Snider, V. (2007). 'This Is a Sample Article Title'. <i>www.amstat.org</i> .
Thesis	Author, A. (Year), 'Title of Thesis', degree and type of thesis, Name of University and Department.
	Scheffe, H. (1973), 'Symptotic Theory of Sequential Fixed-Width Confidence Intervals', unpublished Ph.D. dissertation, Florida State University, Dept. of Statistics