



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

JOÃO FERNANDO MARQUES DA SILVA

**PADRÕES LONGITUDINAIS DAS ASSEMBLEIAS DE
PEIXES EM RIACHOS DE MONTANHA PERTENCENTES
AO BIOMA DE FLORESTA TROPICAL**

Londrina
2012

JOÃO FERNANDO MARQUES DA SILVA

**PADRÕES LONGITUDINAIS DAS ASSEMBLEIAS DE
PEIXES EM RIACHOS DE MONTANHA PERTENCENTES
AO BIOMA DE FLORESTA TROPICAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Londrina como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas, área de concentração: Zoologia.

Orientadora: Dra. Sirlei Terezinha Bennemann

Londrina
2012

CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
BIOLÓGICAS

DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Discente: João Fernando Marques da Silva

Título: "Padrões das assembleias de peixes em riachos de montanha da mata atlântica, sul do Brasil".

Data da Defesa: 13 de junho de 2012 – 9:00 hs, na sala 8 do Centro de Tecnologia e Urbanismo, desta Universidade.

Banca Examinadora

Parecer

Presidente:

Dr^a. Sirle Terezinha Bennemann

Aprovado

Titulares:

Dr^a. Elaine Antoniassi Luiz Kashiwaqui

APROVADO


Dr. Oscar Akio Shibatta

Aprovado

Parecer Final

Aprovado


Dr^a. Sirle Terezinha Bennemann


Dr^a. Elaine Antoniassi Luiz Kashiwaqui


Dr. Oscar Akio Shibatta

JOÃO FERNANDO MARQUES DA SILVA

**PADRÕES LONGITUDINAIS DAS ASSEMBLEIAS DE PEIXES EM
RIACHOS DE MONTANHA PERTENCENTES AO BIOMA DE
FLORESTA TROPICAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Londrina como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas, área de concentração: Zoologia.

BANCA EXAMINADORA

Orientadora: Prof. Dra. Sirlei Terezinha Bennemann
UEL – Londrina – PR

Profa. Dra. Elaine Antoniassi Luiz Kashiwaqui
UEM – Maringá – PR

Prof. Dr. Oscar Akio Shibatta
UEL – Londrina – PR

Londrina, 13 de julho de 2012.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Mestrado em Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Londrina pela estrutura e suporte.

A CAPES, pela bolsa concedida e pelos recursos fornecidos.

À Professora Dra. Sirlei T. Bennemann, pela oportunidade em realizar este projeto, o conhecimento compartilhado, a orientação e a confiança.

Aos professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas da UEL, que sempre estiveram dispostos a ajudar.

Ao Professor Dr. Oscar A. Shibatta, pela identificação dos peixes e sugestões.

Ao técnico de laboratório Edison Santana da Silva pelas coletas e pelo aprendizado em campo.

Aos amigos Cibele, Mario, Matheus, Alessandro e Alex que me acompanharam em campo, encarando barro e chuva, às vezes vindo de longe só para ir a campo.

A todos os amigos, que sempre me apoiaram durante esta fase.

Aos amigos de RPG – Júlio, Bruno, Fer e Matheus, ou melhor, Ithilien, Califf, Idryel e Soveliss, pelos encontros quinzenais ao redor de uma mesa, em um mundo de magia e aventura.

E principalmente aos meus pais, João e Bete, que tanto me apoiam nesta vida de estudante.

SILVA, João Fernando Marques. **Padrões longitudinais das assembleias de peixes em riachos de montanha pertencentes ao bioma de floresta tropical**. 2012. 34 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2012.

RESUMO

Esta dissertação foi desenvolvida para obtenção do título de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, área de concentração Zoologia, da Universidade Estadual de Londrina, além de colaborar com os estudos de ecologia de peixes de riachos da Mata Atlântica. Com o objetivo de testar se os riachos de montanha da bacia do rio Tibagi apresentam padrões na estrutura de suas assembleias de peixes e caracterizar variações espaciais e temporais na composição de suas espécies, foram realizadas quatro coletas em três trechos do ribeirão Varanal, do riacho João Pinheiro e do rio Preto. No total foram coletadas 21 espécies, em um total de 1154 indivíduos. As ordens mais abundantes foram Characiformes (59,01%) e Siluriformes (39,34%). *Phalloceros harpagos* foi a espécie mais abundante, com 433 indivíduos, seguida por *Trichomycterus* aff. *davisi* com 292 indivíduos. Não foi verificada variação temporal (entre estações) e nem variação espacial (entre riachos), mas a análise de agrupamento sugere uma separação na composição de espécies entre os trechos mais próximos das nascentes dos trechos mais afastados. Os dois primeiros eixos da Análise de Correspondência Canônica (CCA) explicaram 76,3% da variação na distribuição em abundância das espécies de peixes, sendo que as variáveis que estruturam a composição de espécies de peixes nos riachos estudados se baseiam em aspectos relacionados ao volume de água e complexidade dos habitats. Estes resultados estão apresentados na forma de um artigo, que será submetido à revista *Biota Neotropica*.

Palavras-chave: Ictiofauna. Peixes de água doce. Riachos de baixa ordem. Bacia do rio Tibagi.

SILVA, João Fernando Marques. **Longitudinal patterns of fish assemblages in mountain streams from tropical forest biome**. 2012. 34 f. Dissertation (Master's degree in Biological Sciences) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2012.

ABSTRACT

This dissertation was designed for obtaining the Master degree through the graduation program in Biological Science, Zoology concentration zone, from Universidade Estadual de Londrina, besides contributing with the knowledge of fish ecology from mountain streams of the Mata Atlântica biome. Aiming to describe the patterns of fish assemblages in mountain streams of the Tibagi river basin, characterizing the spatial and temporal variation in species composition of fish, four samples were realized in three stretches of the Varanal and João Pinheiro streams and Preto river. We collected 1154 specimens belonging to 21 species. The most abundant orders were Characiformes (59.01%) and Siluriformes (39.34%). *Phalloceros harpagos* was the most abundant species with 433 individuals, followed by *Trichomycterus* aff. *davisi*, with 292 individuals. No temporal variation (between seasons) and no spatial variation (between streams) were detected, but the cluster analysis suggests a separation of species composition between the stretches closer to the headwaters and those more distant. The first two axes of the Canonical Correspondence Analysis (CCA) explained 76.3% of the variation in species abundance, and the variables that structured the fish assemblages in those streams are based on aspects related to water volume and habitat complexity. These results are presented in paper format, which will be submitted to the journal *Biota Neotropica*.

Keywords: Ichthyofauna. Freshwater fish. Low order streams. Tibagi river basin.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores médios dos dados físicos e químicos amostrados no ribeirão Varanal, riacho João Pinheiro e rio Preto	24
Tabela 2 – Número de exemplares das espécies de peixes amostrados no ribeirão Varanal, riacho João Pinheiro e rio Preto	25
Tabela 3 – Resultado da análise de correspondência canônica (CCA, coeficientes canônicos [CCA1 e CCA2] e coeficiente de determinação [r^2]) para as assembleias de peixes e variáveis ambientais do ribeirão Varanal, riacho João Pinheiro e rio Preto.....	27

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa do relevo brasileiro, com localização do bioma Mata Atlântica 12

Artigo

Figura 2 – Trechos de amostragens dos peixes no ribeirão Varanal (RV) e no riacho João Pinheiro (JP) e estado de conservação dos remanescentes florestais da Mata Atlântica..... 20

Figura 3 – Trechos de amostragens de peixes no rio Preto (RP) e estado de conservação dos remanescentes florestais da Mata Atlântica 21

Figura 4 – Dendrograma de similaridade (similaridade de Bray-Curtis) para os trechos amostrados no ribeirão Varanal, riacho João Pinheiro e rio Preto..... 26

Figura 5 – Diagrama de dispersão dos dois primeiros eixos resultantes da análise de correspondência canônica (CCA) para as assembleias de peixes do ribeirão Varanal, riacho João Pinheiro e rio Preto..... 27

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	10
Referências	13
ARTIGO – PADRÕES LONGITUDINAIS DAS ASSEMBLEIAS DE PEIXES EM RIACHOS DE MONTANHA PERTENCENTES AO BIOMA DE FLORESTA TROPICAL	16
Abstract	17
Resumo	17
Introdução	18
Material e Métodos	19
Resultados	23
Discussão	28
Agradecimentos	30
REFERÊNCIAS	31

INTRODUÇÃO GERAL

A América do Sul apresenta a fauna de peixes de água doce mais rica do planeta (Castro 1999), mas apresenta numerosas lacunas no seu conhecimento biológico (Lemes & Garutti 2002). A maior parte dessa diversidade pode ser atribuída aos peixes de pequeno e médio porte distribuídos principalmente em riachos de baixa ordem, onde chegam a compor até 50% da assembleia geral das bacias hidrográficas (Lowe-McConnell 1999). Riachos são ambientes lóticos, com um fluxo de água forte e unidirecional, canalizados durante a estação seca e com áreas de inundação não persistentes durante a estação chuvosa e, como são sistemas abertos, algumas de suas características se alteram ao longo de seu curso, ocorrendo gradientes ambientais que vão desde corredeiras com rochas e pedras até poções e pequenos remansos (Knöppel 1970, Soares 1979, Garutti 1988, Sabino & Castro 1990, Araújo-Lima et al. 1995, Esteves & Aranha 1999, Uieda & Castro 1999).

Para o estudo de riachos, a primeira avaliação a ser feita é a definição da ordem dos segmentos que se quer avaliar (Strahler 1957), pois trechos de mesma ordem são comparáveis entre si. Os segmentos fluviais que não possuem afluentes são classificados como de primeira ordem e, quando recebem um afluente de primeira ordem, passam a ser classificados como de segunda ordem, e assim sucessivamente. Para complementar o protocolo de avaliação em ordem desses ambientes lóticos, Uieda & Castro (1999) classificam esses sistemas em riachos de planície, litorâneo e de montanha. Esta classificação é baseada nas características geográficas dos riachos aliada aos atributos físicos e químicos da água.

Os riachos de planície apresentam declividade mínima e baixa velocidade da corrente, com substrato irregular e com deposição de sedimento, o que propicia uma baixa transparência da água. Como possuem uma pequena quantidade de corredeiras, também apresentam baixa oxigenação da água (Uieda & Castro 1999). Já os riachos litorâneos formam bacias que nascem nas encostas das serras, percorrem a planície costeira e deságuam no oceano, possuindo em uma extensão relativamente curta uma grande heterogeneidade ambiental (Uieda & Castro 1999). Riachos deste tipo possuem condições ambientais instáveis, devido principalmente à pluviosidade, que apresenta regimes esporádicos com altas concentrações de chuvas, o que ocasiona o fenômeno conhecido como tromba d'água nas regiões de cabeceira. As trombas d'água promovem uma desestruturação do leito dos riachos, chegando a alterar o fluxo de seus cursos originais (Aranha & Caramaschi 1999, Rincón 1999, Uieda & Castro 1999, Duboc 2004, Ribeiro 2006, Wolff 2008). Os riachos de montanha, quando comparados aos anteriores, são caracterizados pela sua maior declividade,

maior velocidade da água, menor temperatura, maior transparência da água, teores mais altos de oxigênio dissolvido e substrato de fundo mais grosseiro (Uieda & Castro 1999).

Independente do tipo de riacho, os ecossistemas aquáticos estão sujeitos a constantes ameaças antrópicas (Barrella et al. 2000). Os riachos de planície estão localizados em áreas propícias à pecuária e agricultura, e em sua maioria não apresentam bons valores de integridade (Uieda & Castro 1999). De acordo com Ferreira & Casatti (2006), os valores de integridade desses riachos são afetados pela substituição da vegetação ripária por áreas de pastagem, provocando uma mudança na estrutura do hábitat interno, na qualidade da água e na estrutura da ictiocenose. Os riachos litorâneos constituem áreas de forte endemismo devido à sua instabilidade natural, mas estão sujeitos a uma série de alterações, inclusive a introdução de espécies exóticas e represamento (Uieda 1995).

Ao analisar o relevo brasileiro, percebe-se que a maioria dos riachos de montanha estão localizados no bioma Mata Atlântica (Figura 1), um dos maiores repositórios de biodiversidade e um dos mais importantes e ameaçados biomas do mundo, estando atualmente reduzido a menos de 8% de sua extensão original (MMA/SBF 2002). Os ecossistemas aquáticos da Mata Atlântica possuem uma ictiofauna rica, com um alto grau de endemismo, porém a avaliação e compreensão dessa riqueza são afetadas negativamente pelo desconhecimento de sua ecologia, biologia e sistemática (Menezes 1996). Além disto, os ecossistemas aquáticos pertencentes a este bioma estão sujeitos a constantes ameaças antrópicas, sendo que as principais causas de perda de diversidade são a alteração da vegetação ripária, introdução de espécies e alterações físicas do sistema (Barrella et al. 2000).

Estudos em riachos íntegros nesse bioma possibilitam conhecer as funções ecológicas das espécies de peixes, servem de referência para diagnosticar as alterações das atividades antrópicas, gerando conhecimento para a definição de áreas prioritárias de conservação e identificação de espécies-chave a serem preservadas. Contudo, Bernardino (2009) alerta que os estudos nesses ambientes ainda são raros, e muitas espécies que habitam esses riachos estão desaparecendo antes mesmo de serem conhecidas pela ciência. Esse quadro é frequente nas bacias hidrográficas do sul do Brasil, em especial a bacia do rio Tibagi, Estado do Paraná.

Localizado na Mata Atlântica, o rio Tibagi forma uma importante bacia tanto no aspecto econômico quanto social do estado do Paraná (Medri et al. 2002), tendo sido investigada intensamente durante as últimas décadas (e.g., Bennemann et al. 1995, Shibatta et al. 2002, Shibatta et al. 2007). Devido a um aumento recente no interesse por riachos de baixa ordem, quer pela sua importância como fonte hídrica ou por ser dotado de uma fauna peculiar

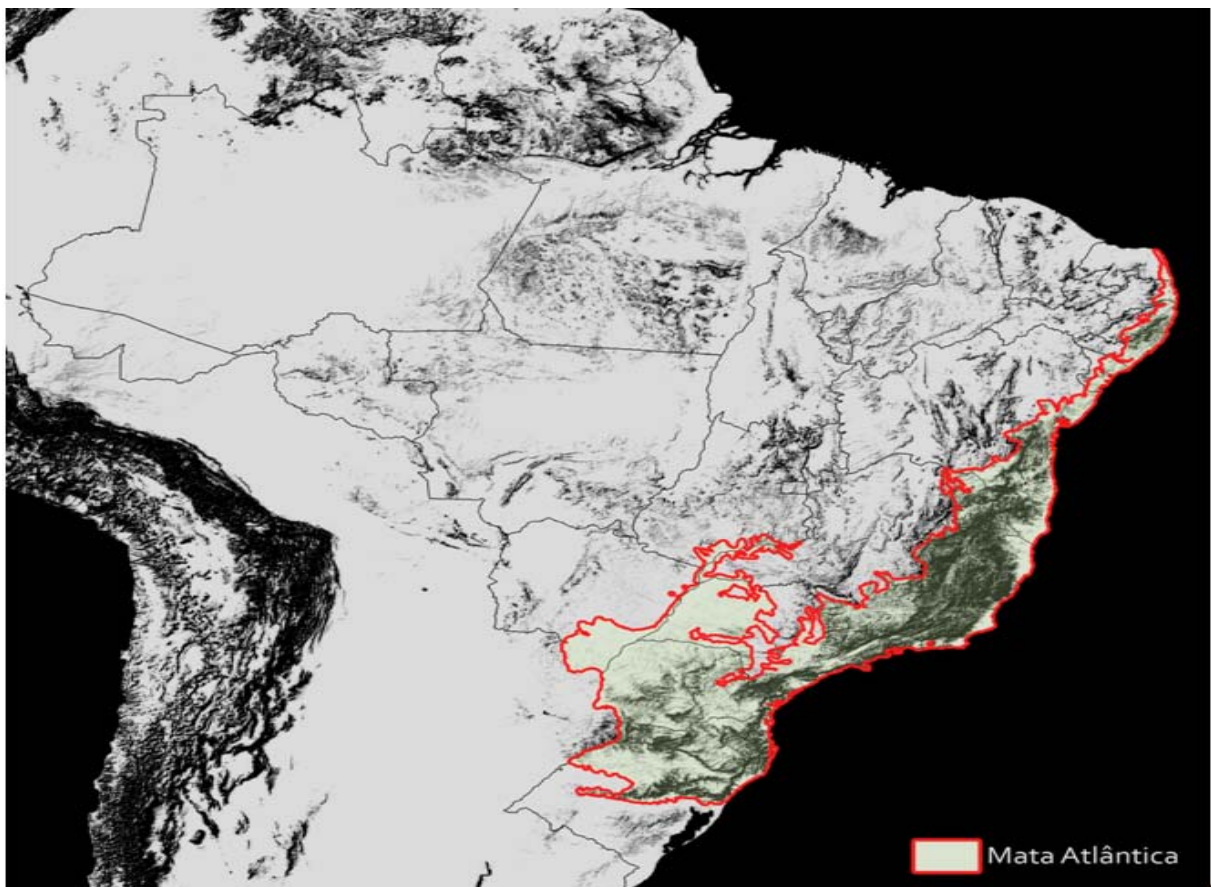
e ameaçada (Luiz et al. 1998), os estudos nos tributários de baixa ordem desta bacia se intensificaram nos últimos anos (e.g., Shibatta & Cheida 2003, Oliveira & Bennemann 2005, Oricolli & Bennemann 2006, Galves et al. 2007, Bennemann et al. 2008).

Esses cursos de menor ordem da bacia do rio Tibagi apresentam uma elevada riqueza de espécies de peixes de pequeno porte (Shibatta & Cheida 2003) e são alvos de constantes pressões antrópicas, principalmente a construção de barragens para a instalação de hidrelétricas (Shibatta et al. 2007), o que torna muito importante o estudo das assembleias de peixes em riachos de baixa ordem desta bacia que ainda possuem certa integridade biótica.

Desta forma, com o artigo apresentado a seguir esperamos contribuir com o conhecimento da ecologia de peixes de riachos de montanha, situados na bacia do rio Tibagi, bem como identificar possíveis padrões que estruturam a composição das assembleias de peixes nestes ambientes. O artigo segue as normas da revista *Biota Neotropica* (<http://www.biotaneotropica.org.br/>).

Figura 1 – Mapa do relevo brasileiro, com localização do bioma Mata Atlântica. Modificado de: ESRI® ArcGIS Explorer (2012).

Figure 1 – Relief map of Brazil with location of the Mata Atlântica biome. Modified from: ESRI® ArcGIS Explorer (2012).



REFERÊNCIAS

- ARANHA, J. M. R. & CARAMASCHI, E. P. 1999. Estrutura populacional, aspectos da reprodução e alimentação dos Cyprinodontiformes (Osteichthyes) de um riacho do sudeste do Brasil. *Rev. Bras. Zool.* 16(1):637-651.
- ARAÚJO-LIMA, C. A. R. M., AGOSTINHO, A. A. & FABRÉ, N. N. 1995. Trophic aspects of fish communities in brazilian rivers and reservoirs. In *Limnology in Brazil* (J.G. Tundisi, C.E.M. Bicudo, T. Matsumura-Tundisi, eds.). ABC/SBL, Rio de Janeiro, p.105-136.
- BARRELLA, W., PETRERE, J. R. M., SMITH, W. S. & MONTAG, L. F. A. 2000. As relações entre matas ciliares, os rios e os peixes. In *Matas Ciliares: conservação e recuperação* (R.R. Rodrigues & H.F. Leitão Filho, eds). EDUSP, São Paulo, p.187-207.
- BENNEMANN, S. T., SILVA-SOUZA, Â. T. & ROCHA, G. R. A. 1995. Composición ictiofaunística em cinco localidades de la cuenca del rio Tibagi, PR – Brasil. *Interciencia.* 20(1):7-13.
- BENNEMANN, S. T., SHIBATTA, O. A. & VIEIRA, A. O. S. 2008. A Flora e a Fauna do Ribeirão Varanal: um estudo da biodiversidade no Paraná. EDUEL, Londrina.
- BERNARDINO, D. F. S. 2009. Caracterização e dinâmica trófica em um riacho íntegro de Mata Atlântica do Sul do Brasil. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual de Londrina, Londrina.
- CASTRO, R. M. C. 1999. Evolução da ictiofauna de riachos Sul-Americanos: padrões gerais e possíveis processos causais. In *Ecologia de peixes de riachos: Estado Atual e Perspectivas* (E. P. Caramaschi, R. Mazzoni, C. R. S. F. Bizerril & P.R. Peres-Neto, eds). *Oecol. Bras.* 6:139-155.
- DUBOC, L. F. 2004. Ecologia de bagres Heptapterídeos no rio Morato, Guaraqueçaba – PR. (Siluriformes: Heptapteridae). Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- ESRI® ArcGIS Explorer. 2012. <http://www.esri.com/software/arcgis/explorer/index.html> (último acesso em 11/06/2012)
- ESTEVES, K. E. & ARANHA, J. M. R. 1999. Ecologia trófica de peixes de riachos. In *Ecologia de peixes de riachos: Estado Atual e Perspectivas* (E.P. Caramaschi, R. Mazzoni, C. R. S. F. Bizerril & P. R. Peres-Neto, eds). *Oecol. Bras.* 6:157-182.
- FERREIRA, C. P. & CASATTI, L. 2006. Influência da estrutura do hábitat sobre a ictiofauna de um riacho em uma micro-bacia de pastagem, São Paulo, Brasil. *Rev. Bras. Zool.* 23(3):642-651.
- GALVES, W., JEREP, F. C. & SHIBATTA, O. A. 2007. Estudo da condição ambiental pelo levantamento da fauna de três riachos na região do Parque Estadual Mata dos Godoy (PEMG), Londrina, PR, Brasil. *Pan Am. J. A. S.* 2(1):55-65.
- GARUTTI, V. 1988. Distribuição longitudinal da ictiofauna em um córrego da região noroeste do estado de São Paulo, bacia do rio Paraná. *Rev. Bras. Biol.* 48(4):747-759.

- KNÖPPEL, H. A. 1970. Food of Central Amazonian Fishes. Contribution to the nutrient ecology of Amazonian rainforest streams. *Amazoniana* 2(3):257-352.
- LEMES, E. M. & GARUTTI, V. 2002. Ecologia da ictiofauna de um córrego de cabeceira da bacia do alto rio Paraná, Brasil. *Iheringia, Sér. Zool.* 92(3):69-78.
- LOWE-MCCONNELL, R. H. 1999. Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais. EDUSP, São Paulo.
- LUIZ, E. A., AGOSTINHO, A. A., GOMES, L. C. & HAHN, N. S. 1998. Ecologia trófica de peixes em dois riachos da bacia do rio Paraná. *Ver. Brasil. Biol.* 58(2):273-285.
- MEDRI, M. E., BIANCHINI, E., SHIBATTA, O. A. & PIMENTA, J. A. 2002. A Bacia do rio Tibagi. EDUEL, Londrina.
- MENEZES, N. A. 1996. Methods for assessing freshwater fish diversity. In *Biodiversity in Brazil: a first approach* (C. E. M. Bicudo & N.A. Menezes, eds). CNPQ, São Paulo, p.289-295.
- MMA/SBF. 2002. Biodiversidade Brasileira: avaliação e identificação de áreas e ações prioritárias para conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade brasileira. Brasília, 404p.
- OLIVEIRA, D. C. & BENNEMANN, S. T. 2005. Ictiofauna, recursos alimentares e relações com as interferências antrópicas em um riacho urbano no sul do Brasil. *Biota Neotrop.* 5(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v5n1/pt/abstract?article+bn02905012005> (ultimo acesso em 08/11/2011)
- ORICOLLI, M. C. G. & BENNEMANN, S. T. 2006. Dieta de *Bryconamericus iheringii* (Ostariophysi: Characidae) em riachos da bacia do rio Tibagi, Estado do Paraná. *Acta Sci. Biol. Sci.* 28(1):59-63.
- RAIO, C. B. 2010. Riacho de montanha, Mata Atlântica, Paraná, Brasil: caracterização e estrutura trófica. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual de Londrina, Londrina.
- RIBEIRO, A. C. 2006. Tectonic history and the biogeography of the freshwater fishes from the coastal drainages of eastern Brazil: an example of faunal evolution associated with a divergent continental margin. *Neotrop. Ichthyol.* 4(2):225-246.
- RINCÓN, P. A. 1999. Uso do micro-habitat em peixes de riachos: métodos e perspectivas. In *Ecologia de peixes de riachos: Estado Atual e Perspectivas* (E.P. Caramaschi, R. Mazzoni, C.R.S.F. Bizerril & P.R. Peres-Neto, eds). *Oecol. Bras.* 6:23-90.
- SABINO, J. & CASTRO, R. M. C. 1990. Alimentação, período de atividade e distribuição espacial dos peixes de um riacho da Floresta Atlântica (Sudeste do Brasil). *Rev. Bras. Biol.* 50(1): 23-36.
- SHIBATTA, O. A., ORSI, M. L., BENNEMANN S. T. & SILVA-SOUZA Â. T. 2002. Diversidade e distribuição de Peixes na bacia do rio Tibagi. In *A Bacia do rio Tibagi*. (M.E. Medri, E. Bianchini, O.A. Shibatta & J.A. Pimenta, eds). EDUEL, Londrina, p.403-424

SHIBATTA, O. A. & CHEIDA, C. 2003. Composição em tamanho dos peixes (Actinopterygii, Teleostei) de ribeirões da bacia do rio Tibagi, Paraná, Brasil. *Rev. Bras. Zool.* 20(3):469-473.

SHIBATTA, O. A., GEALH, A. M. & BENNEMANN, S. T. 2007. Ictiofauna dos trechos alto e médio da bacia do rio Tibagi, Paraná, Brasil. *Biota Neotrop.* 7(2): <http://www.biotaneotropica.org.br/v7n2/pt/abstract?article+bn02107022007> (ultimo acesso em 08/11/2011)

SOARES, M. G. M. 1979. Aspectos ecológicos (alimentação e reprodução) dos peixes do igarapé do Porto, Aripuanã, MT. *Acta Amazon.* 9(2):325-352.

STRAHLER, A. N. 1957. Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Eos. T. Am. Geophys. Un.* 8(6):913-920.

UIEDA, V. S. 1995. Comunidade de peixes se um riacho litorâneo: composição, habitat e hábitos. Tese de doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

UIEDA, V. S. & CASTRO, R. M. C. 1999. Coleta e fixação de peixes de riachos. In *Ecologia de peixes de riachos: Estado Atual e Perspectivas* (E. P. Caramaschi, R. Mazzoni, C. R. S. F. Bizerril & P.R. Peres-Neto, eds). *Oecol. Bras.*6:1-22.

WOLFF, L. L. 2008. Diversificação ecomorfológica da Assembleia de peixes em um riacho da encosta atlântica paranaense, Antonina, Paraná. Tese de doutorado, Universidade Estadual de Maringá, Maringá.

**PADRÕES LONGITUDINAIS DAS ASSEMBLEIAS DE PEIXES EM RIACHOS DE
MONTANHA PERTENCENTES AO BIOMA DE FLORESTA TROPICAL**

**LONGITUDINAL PATTERNS OF FISH ASSEMBLAGES IN MOUNTAIN
STREAMS FROM TROPICAL FOREST BIOME**

**João Fernando Marques da Silva, Cibele Bender Raio, Débora Fernandes Silva
Bernardino & Sirlei Terezinha Bennemann**

PADRÕES LONGITUDINAIS DAS ASSEMBLEIAS DE PEIXES EM RIACHOS DE MONTANHA PERTENCENTES AO BIOMA DE FLORESTA TROPICAL

LONGITUDINAL PATTERNS OF FISH ASSEMBLAGES IN MOUNTAIN STREAMS FROM TROPICAL FOREST BIOME

João Fernando Marques da Silva^{1,2}, Cibele Bender Raio^{1,3}, Débora Fernandes Silva Bernardino^{1,3} & Sirlei Terezinha Bennemann^{1,3}

Abstract

Aiming to describe the patterns of fish assemblages in mountain streams of the Tibagi river basin, characterizing the spatial and temporal variation in species composition of fish, samples were realized in three stretches of the Varanal and João Pinheiro streams and Preto river. We collected 1154 specimens belonging to 21 species. The most abundant orders were Characiformes (59.01±2.84%) and Siluriformes (39.34±2,82%). *Phalloceros harpagos* was the most abundant species with 433 individuals, followed by *Trichomycterus* aff. *davisi*, with 292 individuals. No temporal variation (between seasons) and no spatial variation (between streams) were detected, but the cluster analysis suggests a separation of species composition between the stretches closer to the headwaters and those more distant. The first two axes of the Canonical Correspondence Analysis (CCA) explained 76.3% of the variation in species abundance, and the variables that structured the fish assemblages in those streams are based on aspects related to water volume and habitat complexity.

Keywords: Ichthyofauna. Freshwater fish. Low order streams. Tibagi river basin.

Resumo

Com o objetivo de testar se os riachos de montanha da bacia do rio Tibagi apresentam padrões na estrutura de suas assembleias de peixes, caracterizando variações espaciais e temporais na composição de espécies de peixes, foram realizadas coletas em três trechos do ribeirão Varanal, riacho João Pinheiro e rio Preto. No total foram coletadas 21 espécies, em um total de 1154 indivíduos. As ordens mais abundantes foram Characiformes (59,01±2,84%) e Siluriformes (39,34±2,82%). *Phalloceros harpagos* foi a espécie mais abundante, com 433 indivíduos, seguida por *Trichomycterus* aff. *davisi* com 292 indivíduos. Não foi verificada variação temporal (entre estações) e nem variação espacial (entre riachos), mas a análise de agrupamento sugere uma separação na composição de espécies entre os trechos mais próximos das nascentes dos trechos mais afastados. Os dois primeiros eixos da Análise de Correspondência Canônica (CCA) explicaram 76,3% da variação na distribuição em abundância das espécies de peixes, sendo que as variáveis que estruturam a composição de

¹Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, Departamento de Biologia Animal e Vegetal, Centro de Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Londrina. Rodovia Celso Garcia Cid, Pr 445 Km 380, 86051-980, Londrina – PR, Brasil. Site: <http://www.uel.br>

² Autor para correspondência: jfm.bio@gmail.com

³Laboratório de Ecologia Trófica, Departamento de Biologia Animal e Vegetal, Centro de Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Londrina.

espécies de peixes nos riachos estudados se baseiam em aspectos relacionados ao volume de água e à complexidade de habitats.

Palavras-chave: Ictiofauna. Peixes de água doce. Riachos de baixa ordem. Bacia do rio Tibagi.

Introdução

Os componentes de uma bacia fluvial podem ser classificados de diferentes formas. Para Strahler (1957), a definição da ordem dos segmentos dos riachos é o primeiro passo que deve ser tomado ao estudar uma bacia fluvial. Os segmentos que não possuem afluentes são classificados como de primeira ordem, e quando dois segmentos de primeira ordem se encontram, é formado um segmento de segunda ordem e assim sucessivamente, sendo que os segmentos que apresentam a mesma ordem são comparáveis entre si. Aliado a essa classificação hidrológica, Uieda & Castro (1999) propuseram a categorização dos ambientes lóticos em três tipos: de planície, litorâneo e de montanha. Esta classificação é baseada nas características geográficas dos riachos aliada aos atributos físicos e químicos da água, facilitando a comparação de diferentes riachos.

De acordo com o relevo dos biomas brasileiros, a maioria dos riachos de montanha está localizada na Mata Atlântica, um dos mais importantes e ameaçados biomas do mundo (MMA/SBF 2002). Os ecossistemas aquáticos da Mata Atlântica possuem uma ictiofauna rica, com um alto grau de endemismo, porém a avaliação e compreensão dessa riqueza são negativamente afetadas pelo desconhecimento de sua ecologia, biologia e sistemática (Menezes 1996). Além disso, os ecossistemas aquáticos pertencentes a este bioma estão sujeitos a constantes ameaças antrópicas, sendo que as principais causas de perda de diversidade são a alteração da vegetação ripária, a introdução de espécies invasoras e as alterações físicas do sistema (Barrella et al. 2000).

Localizado na Mata Atlântica, o rio Tibagi forma uma importante bacia tanto no aspecto econômico quanto social do estado do Paraná (Medri et al. 2002), tendo sido investigada intensamente durante as últimas décadas (e.g., Bennemann et al. 1995, Shibatta et al. 2002, Shibatta et al. 2007). Os segmentos de menor ordem da bacia do Tibagi apresentam uma elevada riqueza de peixes de pequeno porte, mas também apresentam uma grande variação na riqueza dos diferentes tributários (Shibatta & Cheida 2003). Como são encontrados tanto riachos de planície quanto riachos de montanha nesta bacia, e a maioria dos

trabalhos não definem com clareza as características do ambiente amostrado, é possível que esta diferença na riqueza seja devido à comparação de riachos de diferentes tipos.

Desta forma, utilizando a classificação de riachos proposta por Uieda & Castro (1999), este trabalho teve como objetivo testar se os riachos de montanha da bacia do rio Tibagi apresentam padrões na estrutura e composição de suas assembleias de peixes. Para isto, a ictiofauna de três riachos de montanha da bacia do rio Tibagi foi analisada quanto às suas riquezas, variação espacial e temporal na composição de espécies de peixes e possíveis relações entre as espécies amostradas e as variáveis ambientais de cada trecho amostrado. Desta forma, esperamos contribuir para o conhecimento da ecologia de peixes de riachos da Mata Atlântica.

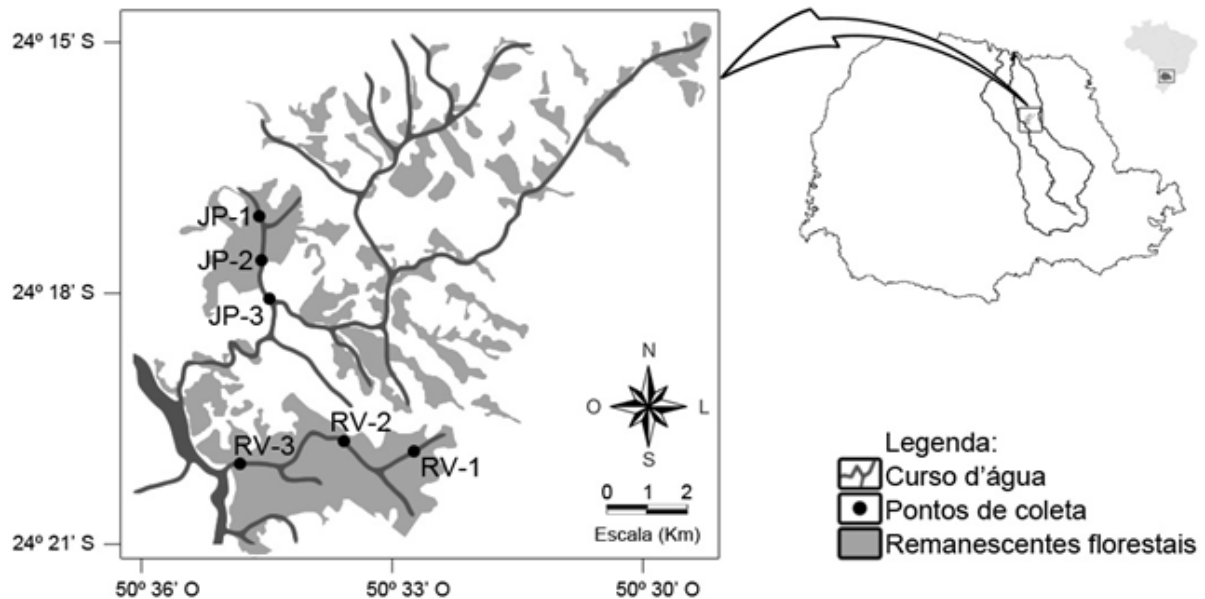
Material e Métodos

1 Área de estudo

As amostragens foram realizadas nos trechos de cabeceira, médio e foz do ribeirão Varanal, do riacho João Pinheiro e da porção superior da sub-bacia do rio Preto (Figuras 2 e 3), sendo que a ordem de cada trecho amostrado foi definida com o auxílio de cartas cartográficas de escala 1:250.000. O ribeirão Varanal é um afluente do rio Tibagi localizado em uma Reserva Particular do Patrimônio Natural e suas características físicas, a composição de fauna de peixes e a caracterização do riacho são resultados dos trabalhos realizados, respectivamente, por Azevedo et al. (2008), Shibatta et al. (2008) e Bennemann et al. (2008), tendo sido definido como um riacho de montanha referência para a comparação com outros riachos da bacia do rio Tibagi devido à sua alta integridade. A cabeceira do ribeirão Varanal (RV-1) é um trecho de primeira ordem e possui leito estreito e pouco profundo com substrato argiloso e poças com deposição de folhiço. O trecho médio (RV-2) é de segunda ordem, apresenta o fluxo da água alternando de rápido nas corredeiras a lento nos poções e o substrato é composto por areia e seixos de diferentes tamanhos. A foz (RV-3) também é de segunda ordem, mas apresenta forte influência do rio Tibagi. É um trecho bem encaixado, com barrancos nas margens formados por argila e rochas. O substrato é dominado por argila, com pouca areia e algumas rochas, formando áreas de corredeiras.

Figura 2 – Trechos de amostragens dos peixes no ribeirão Varanal (RV) e no riacho João Pinheiro (JP) e estado de conservação dos remanescentes florestais da Mata Atlântica. Modificado de: Fundação SOS Mata Atlântica & Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (2011) e Instituto de Terras, Cartografia e Geociências (2011).

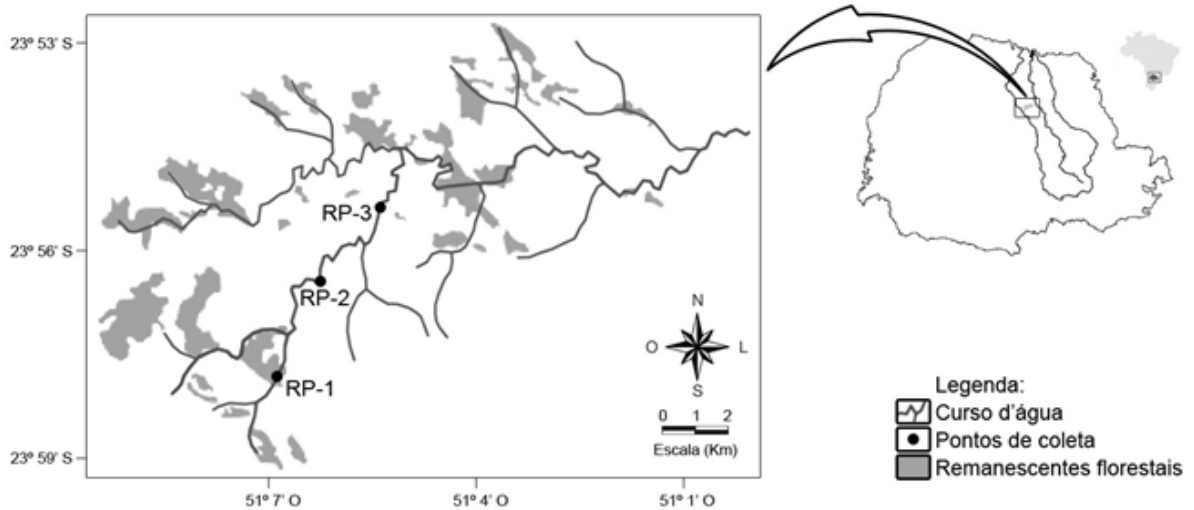
Figure 2 – Fish samples sites in the Varanal (RV) and João Pinheiro (JP) streams and conservation status of forest remnants of Mata Atlântica biome. Modified from: Fundação SOS Mata Atlântica & Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (2011) e Instituto de Terras, Cartografia e Geociências (2011).



O riacho João Pinheiro é um subafluente do rio Tibagi e está localizado no Parque Ecológico da Fazenda Monte Alegre. O trecho de cabeceira deste riacho (JP-1) é de primeira ordem e está localizado próximo a uma área de plantio comercial de araucária. O substrato é formado por areia e seixos e é comum a presença de pequenas quedas-d'água. O trecho médio (JP-2) é de segunda ordem e, apesar de estar localizado em um Parque Ecológico, apresenta ações antrópicas que evidenciam o histórico de uso da área, como a presença de uma lagoa artificial construída para a criação das espécies introduzidas *Micropterus salmoides* (Lacepède, 1802) e *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758. O fundo apresenta grandes depósitos de areia e em algumas áreas ocorre a formação de um banhado, apresentando vegetação marginal submersa. A foz (JP-3) também é um trecho de segunda ordem com alterações evidentes. A mata ripária apresenta desflorestamento óbvio e ocorre a formação de um banhado no ponto aonde o riacho João Pinheiro desagua no rio Harmonia. O fundo é argiloso e apresenta trechos de solo exposto nas margens.

Figura 3 – Trechos de amostragens de peixes no rio Preto (RP) e estado de conservação dos remanescentes florestais da Mata Atlântica. Modificado de: Fundação SOS Mata Atlântica & Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (2011) e Instituto de Terras, Cartografia e Geociências (2011).

Figure 3 – Fish samples sites in the Preto river (RP) and conservation status of forest remnants of Mata Atlântica biome. Modified from: Fundação SOS Mata Atlântica & Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (2011) e Instituto de Terras, Cartografia e Geociências (2011).



O Rio Preto é um subafluente do rio Tibagi e sua nascente se localiza no município de Mauá da Serra – PR a uma altitude de 1100 m e deságua no Rio Apucarana a 650 m de altitude como um rio de quarta ordem, mas somente a porção superior do rio Preto, que apresenta características de riacho de montanha, foi amostrada neste estudo (Figura 3). O trecho de cabeceira (RP-1) é de segunda ordem e está localizado em um remanescente florestal. Apresenta habitats diversificados e estáveis, com o fundo formado por seixos e cascalho. O trecho médio (RP-2) é de terceira ordem e apresenta o substrato totalmente alterado. No passado os seixos do fundo foram retirados para serem utilizados como material de alvenaria. Atualmente o fundo é recoberto com depósitos de lama, com poucas áreas de corredeira, as margens apresentam desflorestamento óbvio, com trechos de solo exposto e margens instáveis. A foz (RP-3) também é de terceira ordem e está inserida em uma matriz de eucaliptos. Apresenta habitats rápidos e remansos com estrutura diversificada e o leito é composto por areia e seixos. Cabe ressaltar que parte deste trecho é canalizada devido a uma estrada vicinal rural.

2 Amostragens

As amostragens nos três rios seguiram os métodos descritos por Bennemann & Galves (2008). Em todos os trechos foram amostrados 75 m de extensão durante o período diurno por uma hora. Em áreas de folhicho e áreas marginais os peixes foram coletados com peneiras (malha 2 mm) e em áreas de corredor os peixes foram capturados com rede de arrasto com malha de mesmo tamanho da peneira. Na foz do rio Preto (RP-3), por ser um trecho mais fundo do que os demais, foram utilizadas redes de espera de malhas variando de 2,4 a 8,0 cm entre nós opostos, armadas durante 24 horas. Em campo, os exemplares coletados foram anestesiados e fixados em formol a 10%. Após cinco dias os peixes foram lavados em água corrente e armazenados em álcool etílico 70% para posterior triagem e identificação. As identificações foram realizadas com auxílio dos trabalhos de Shibatta et al. (2002) e Shibatta et al. (2008), além de comparações com espécimes testemunho no Museu de Zoologia da Universidade Estadual de Londrina (MZUEL), aonde exemplares testemunho foram depositados. Foram realizadas quatro coletas por trecho amostrado, nos meses de fevereiro, abril, julho e novembro de 2005 para o ribeirão Varanal, julho e novembro de 2008 e fevereiro e maio de 2009 para o riacho João Pinheiro e julho e outubro de 2010 e fevereiro e maio de 2011 para o rio Preto.

Cada trecho foi localizado geograficamente através de aparelho GPS e foram medidas os seguintes fatores ambientais: pH, oxigênio dissolvido (mg.L^{-1}), condutividade elétrica ($\mu\text{S.cm}^{-1}$) e temperatura da água ($^{\circ}\text{C}$) utilizando uma sonda multifunção YSI modelo 85. A largura e a profundidade (m) de cada trecho foram obtidas a partir da média de 10 mensurações ao longo do trecho utilizando uma trena e uma haste de madeira graduada e a velocidade da água (m.s^{-1}) foi determinada a partir da média do tempo que um flutuador levava para percorrer uma distância de cinco metros em 10 repetições. Os valores de largura, profundidade e velocidade da água foram utilizados para calcular a vazão ($\text{m}^3.\text{s}^{-1}$) de cada trecho.

3 Análise dos dados

Para a análise dos dados, a abundância das espécies de peixes foi transformada por raiz quadrada a fim de se reduzir o efeito das espécies mais representativas e os dados ambientais foram padronizados pela média da variável analisada (média = 0 e desvio padrão = 1). Foi utilizada uma análise de similaridade (ANOSIM) para verificar se existiam

diferenças espaciais (entre locais) e temporais (entre estações) na composição de espécies de peixes dos riachos amostrados (Clarke 1993).

Para testar o padrão de distribuição das espécies de peixes coletadas, foi realizada uma análise de agrupamento pela média dos grupos (group-average linking) seguida pelos testes de perfil de similaridade (SIMPROF) e porcentagem de similaridade (SIMPER). O SIMPROF testa a hipótese de que os grupos resultantes no dendograma não se diferenciam entre si em uma escala multivariada enquanto o SIMPER identifica as espécies que melhor definem os grupos formados pela análise de agrupamento (Clarke 1993).

Uma análise de correspondência canônica (CCA, Ter Braak 1986) foi utilizada para verificar padrões de distribuição das espécies de peixes ao longo do gradiente ambiental. A abundância das espécies de maior contribuição para a diferenciação dos grupos formados pela análise de agrupamento de acordo com o teste SIMPER foi utilizada como variável dependente. A influência de cada variável ambiental foi verificada pela função “envfit”, que utiliza o valor de r^2 e uma série de randomizações (999 permutações) para definir a significância destas variáveis. Após a obtenção do modelo da CCA foi utilizada a função “anova” para testar se a CCA obtida é significativa. As análises foram realizadas no programa estatístico PRIMER (Clarke & Gorley 2006) a um nível de significância de 0,05, com exceção da CCA que foi realizada na plataforma R (R Development Core Team 2012), pacote “vegan” (Oksanen 2011).

Resultados

Os valores médios por ponto dos atributos físicos e químicos amostrados nos três riachos são apresentados na tabela 1. No total foram coletados 1154 indivíduos distribuídos em quatro ordens, 10 famílias, 17 gêneros e 21 espécies (Tabela 2). Entre os exemplares coletadas, 59,01±2,84% pertencem à ordem Characiformes, 39,34±2,82% à ordem Siluriformes e o restante, 1,65±0,73% às ordens Gymnotiformes e Perciformes. As espécies mais abundantes foram *Phalloceros harpagos* (37,52±2,79%), seguido de *Trichomycterus aff. davisii* (25,30±2,51%), *Astyanax aff. paranae* (10,75±1,79%), *Corydoras ehrhardti* (9,71±1,71%) e *Piabina argentea* (7,63±1,53%). O ribeirão Varanal foi o que apresentou maior riqueza (13 espécies), seguido pelo riacho João Pinheiro (12 espécies), enquanto que o rio Preto apresentou a menor riqueza (9 espécies).

Não foi encontrada diferença significativa na composição de espécies entre as estações amostradas (ANOSIM $r = -0,062$; $p = 0,854$) e nem entre os riachos amostrados

(ANOSIM $r = 0,037$; $p = 0,407$), mas a análise de agrupamento com o teste SIMPROF mostrou uma marcada diferença espacial entre os trechos analisados (Figura 4), separando os trechos de cabeceira e médio (grupo A), dos trechos que apresentam alterações no padrão de riacho de montanha, devido à presença de lagoa artificial e banhado nas áreas amostradas (grupo B), dos trechos de foz (grupo C). O SIMPER indicou que o grupo A é definido pela espécie *Trichomycterus aff. davisii*, responsável por 87,94% da similaridade interna do grupo, o grupo B é definido por *Otothyropsis sp.*, responsável por 49,96% da similaridade do grupo, seguido por *Hisonotus francirochai* (24,98%) e *Trichomycterus aff. davisii* (17,97%), enquanto que o grupo C foi definido por *Astyanax aff. paranae*, responsável por 49,83% da similaridade do grupo, seguido por *Apareiodon ibitiensis* (21,20%) e *Hypostomus ancistroides* (20,46%).

Tabela 1 – Valores médios dos dados físicos e químicos amostrados no ribeirão Varanal, riacho João Pinheiro e rio Preto.

Table 1 – Mean values of physical and chemical parameters of water sampled in Varanal and João Pinheiro streams and Preto river.

	Varanal			João Pinheiro			Preto		
	RV-1	RV-2	RV-3	JP-1	JP-2	JP-3	RP-1	RP-2	RP-3
Altitude (m)	840	707	637	812	741	711	906	858	821
Largura (m)	0,9	3,64	3,34	0,79	1,92	1,46	2,64	10,46	10,28
Profundidade (m)	0,16	0,28	0,46	0,07	0,16	0,33	0,26	0,75	0,47
Velocidade da água (m.s ⁻¹)	0,21	0,25	0,37	0,14	0,23	0,27	0,38	0,3	0,64
Vazão (m ³ .s ⁻¹)	0,03	0,26	0,56	0,01	0,07	0,13	0,26	2,35	3,09
pH	8,13	8,11	8,24	6,64	6,67	6,42	8,34	7,99	8,14
Oxigênio dissolvido (mg.L ⁻¹)	7,45	8,05	7,9	9,35	11,4	10,3	10,79	8,98	9,22
Condutividade (μS.cm ⁻¹)	16,76	21,03	20,98	32,04	49,9	47,7	25,45	36,43	40,23
Temperatura (°C)	17,58	14,65	15,28	17,7	20,5	22,5	16,83	17,45	18,05
Hierarquia fluvial	1	2	2	1	2	2	2	3	3

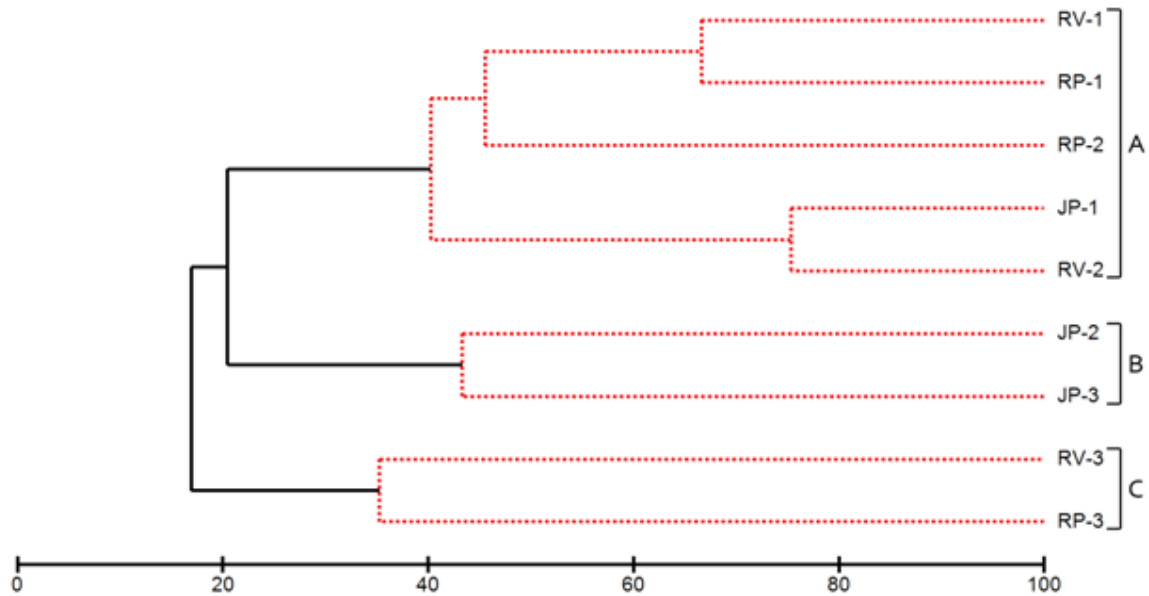
Tabela 2 – Número de exemplares das espécies de peixes amostrados no ribeirão Varanal, riacho João Pinheiro e rio Preto.

Table 2 – Number of specimens of fish species sampled in the Varanal and João Pinheiro streams and Preto river.

Táxon	Varanal			João Pinheiro			Preto		
	RV-1	RV-2	RV-3	JP-1	JP-2	JP-3	RP-1	RP-2	RP-3
Ordem Characiformes									
Família Characidae									
<i>Astyanax aff. paranae</i> Eigenmann, 1914	-	21	39	-	7	2	1	26	28
<i>Astyanax altiparanae</i> Garutti & Britski, 2000	-	-	-	-	6	-	-	-	-
<i>Oligosarcus paranensis</i> Menezes & Géry, 1983	-	-	-	-	-	-	-	-	3
<i>Bryconamericus aff. iheringii</i> (Boulenger, 1887)	-	-	-	-	-	10	-	-	-
<i>Bryconamericus stramineus</i> Eigenmann, 1908	-	-	5	-	-	-	-	-	-
<i>Hyphessobrycon boulengeri</i> Eigenmann, 1907	-	-	1	-	-	-	-	-	-
<i>Piabina argentea</i> Reinhardt, 1867	-	-	87	-	1	-	-	-	-
Família Erythrinidae									
<i>Hoplias malabaricus</i> (Bloch, 1794)	-	-	-	-	-	5	-	-	2
Família Parodontidae									
<i>Apareiodon ibitiensis</i> Amaral Campos, 1944	-	-	2	-	-	-	-	-	1
<i>Apareiodon piracicabae</i> Eigenmann, 1907	-	-	1	-	-	-	-	-	-
Família Poeciliidae									
<i>Phalloceros harpagos</i> Lucinda, 2008	-	-	4	-	108	2	89	225	5
Ordem Gymnotiformes									
Família Gymnotidae									
<i>Gymnotus sylvius</i> Albert & Fernandes-Matioli, 1999	-	-	-	-	-	1	-	-	-
Ordem Perciformes									
Família Cichlidae									
<i>Geophagus brasiliensis</i> (Quoy & Gaimard, 1824)	-	-	1	-	-	17	-	-	-
Ordem Siluriformes									
Família Callichthyidae									
<i>Corydoras ehrhardti</i> Steindachner, 1910	-	-	-	-	8	104	-	-	-
<i>Corydoras paleatus</i> (Jenyns, 1842)	-	-	1	-	-	-	-	-	-
Família Heptapteridae									
<i>Rhamdia quelen</i> (Quoy & Gaimard, 1824)	-	-	1	-	-	-	-	-	10
Família Loricariidae									
<i>Hypostomus ancistroides</i> (Ihering, 1911)	-	-	14	-	-	-	-	-	15
<i>Isbrueckerichthys calvus</i> Jerep, Shibatta, Pereira & Oyakawa, 2006	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Hisonotus francirochai</i> (Ihering, 1928)	-	-	-	-	1	1	-	-	-
<i>Otothyropsis</i> sp.	-	-	1	-	2	3	-	-	-
Família Trichomycteridae									
<i>Trichomycterus aff. davisii</i> (Haseman, 1911)	24	79	39	67	17	13	25	25	3
	24	100	196	67	150	158	115	276	68

Figura 4 – Dendrograma de similaridade (similaridade de Bray-Curtis) para os trechos amostrados no ribeirão Varanal, riacho João Pinheiro e rio Preto. Linhas pretas sólidas indicam grupos significativamente diferentes a um nível de 5%.

Figure 4 – Similarity dendrogram (Bray-Curtis similarity) for sites sampled in the Varanal and João Pinheiro streams and Preto river. Solid black lines indicate significant group structure at the 5% level.



A análise de correspondência canônica (CCA) foi considerada significativa ($p=0,015$) e explicou 76,3% da variação na distribuição em abundância das espécies de peixes (59,4% no primeiro eixo e 16,9% no segundo). As variáveis ambientais consideradas significativas na distribuição da ictiofauna foram a largura e vazão do trecho e a temperatura e velocidade da água (Tabela 3). As espécies *Apareiodon ibitiensis*, *Hypostomus ancistroides* e *Astyanax* aff. *paranae* estiveram presentes, principalmente, em trechos mais largos, com uma maior velocidade e vazão de água, ao contrário de *Trichomycterus* aff. *davisi*, *Otothyropsis* sp. e *Hisonotus francirochai* que estiveram relacionadas com trechos menos largos e com menor velocidade de água. O eixo dois da CCA separou ainda *Otothyropsis* sp. e *Hisonotus francirochai* das demais espécies, que estiveram mais relacionadas com uma maior temperatura da água (Figura 5).

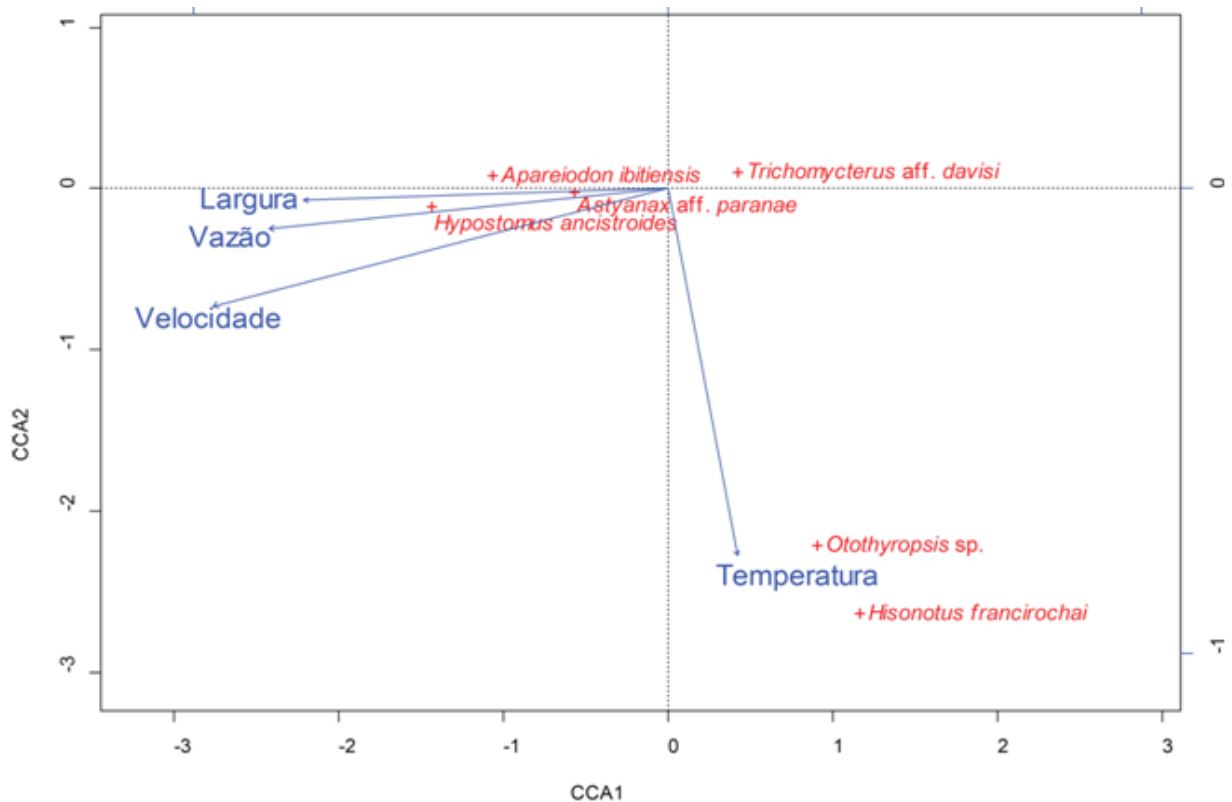
Tabela 3 – Resultado da análise de correspondência canônica (CCA, coeficientes canônicos [CCA1 e CCA2] e coeficiente de determinação [r^2]) para as assembleias de peixes e variáveis ambientais do ribeirão Varanal, riacho João Pinheiro e rio Preto. * = significativo a $\alpha \leq 0,05$; ** = significativo a $\alpha \leq 0,01$.

Table 3 – Results of canonical correspondence analysis (CCA, canonical coefficients [CCA1 and CCA2] and coefficient of determination [r^2]), of fish assemblages and environmental variables in Varanal and João Pinheiro streams and Preto river. * = significant at $\alpha \leq 0.05$; ** = significant at $\alpha \leq 0.01$.

	CCA1	CCA2	r^2
Altitude	-0,196	0,247	0,266
Largura	0,717	0,117	0,045 *
Profundidade	0,668	-0,023	0,117
Velocidade da água	0,899	-0,011	0,009 **
Vazão	0,786	0,089	0,034 *
pH	0,484	0,476	0,069
Oxigênio dissolvido	-0,175	-0,492	0,274
Condutividade	0,174	-0,626	0,115
Temperatura	-0,175	-0,492	0,045 *

Figura 5 – Diagrama de dispersão dos dois primeiros eixos resultantes da análise de correspondência canônica (CCA) para as assembleias de peixes do ribeirão Varanal, riacho João Pinheiro e rio Preto.

Figure 5 – Scatterplot of the two first axis resulting from canonical correspondence analysis (CCA) for fish assemblages in the Varanal and João Pinheiro streams and Preto river.



Discussão

Entre os peixes amostrados, $98,35 \pm 0,73\%$ pertenciam às ordens Characiformes e Siluriformes, refletindo o padrão esperado para riachos da região Neotropical (e.g., Castro 1999, Casatti et al. 2001, Shibatta & Cheida 2003, Shibatta et al. 2007, Couto & Aquino 2011). A espécie mais abundante foi *Phalloceros harpagos*, tendo sido coletada principalmente nos trechos médio do riacho João Pinheiro e rio Preto (JP-2 e RP-2). De acordo com Casatti et al. (2001), esta espécie está relacionada com micro habitats lânticos, característica encontrada nestes três trechos. O trecho médio do rio Preto (RP-2), que teve o substrato alterado, foi o que apresentou maior abundância de *P. harpagos*, demonstrando a característica oportunista desta espécie e elevada tolerância à perda de qualidade ambiental (Vieira & Shibatta 2007, Araújo et al. 2009, Felipe & Suárez 2010). A segunda espécie mais representativa em número foi *Trichomycterus* aff. *davisi*, a única presente em todos os trechos analisados. Esta espécie foi coletada nos micro habitats de corredeira dos trechos analisados, sendo a única espécie coletada nos trechos de primeira ordem (RV-1 e JP-1). Espécies do gênero *Trichomycterus* habitam pequenos cursos de água que possuem substrato rochoso e com alta circulação de água (Arratia 1983, Casatti 2003, Chará et al. 2006) e duas espécies do gênero foram consideradas constantes em regiões de cabeceira do rio Capivara, um riacho de montanha que teve trechos de primeira, terceira e quarta ordens analisados por Uieda & Barreto (1999), localizado na bacia do rio Tietê no estado de São Paulo. O gênero *Trichomycterus* também foi considerado por Buckup (1999) um grupo característico de trechos de cabeceiras de riachos de montanha.

Não foi verificada influencia temporal na distribuição das espécies de peixes nos riachos de montanha analisados. Este parece ser o padrão para todos os riachos de baixa ordem da região neotropical (e.g., Vilella 2002, Langeani et al. 2005, Valério et al. 2007, Suárez 2008, Suárez & Lima-Júnior 2009), isto porque a variação temporal está associada principalmente à migração dos peixes vindos de trechos inferiores da bacia (Grossman & Ratajczak 1998) e, como estes riachos apresentam uma pequena variação temporal das suas características hidrológicas (Suárez & Petrere Júnior 2005), e apresentam também uma maior estabilidade do que os segmentos de maior ordem, com um fluxo de energia praticamente constante durante todo o ano (Dudgeon 2008), eles funcionam como um “filtro de espécies” (Poff 1997), impedindo que espécies migratórias colonizem estes ambientes.

A análise de similaridade mostrou que não ocorre diferença significativa na assembleia de peixes dos riachos de montanha analisados, e a análise de agrupamento

evidenciou que a assembleia de peixes se comporta de maneira semelhante ao longo destes três riachos. De acordo com a classificação em ordem dos segmentos dos riachos, era esperado que o trecho médio do rio Preto (RP-2), de terceira ordem, estivesse agrupado junto com os trechos de foz, e não com os trechos de primeira e segunda ordem. A presença deste trecho no grupo A pode ser explicada pelas características físicas e pelo histórico de uso do trecho, que teve os seixos retirados de seu leito. A modificação do substrato de um rio influencia nos atributos físicos do hábitat (Karr 1981, Melo et al. 2003, Dias & Tejerina-Garro 2010), levando a perda de micro habitats e modificando a estrutura e composição da assembleia de peixes via extinção local de espécies (Gorman & Karr 1978, Araújo & Tejerina-Garro 2009).

O grupo B, composto pelos trechos médio e foz do riacho João Pinheiro (JP-2 e JP-3), ambos de segunda ordem, se diferencia dos demais por apresentar locais alterados, que perderam as características de riacho de montanha. Esta situação é evidenciada pelas espécies que definem o grupo, pois as espécies dos gêneros *Otothyropsis* e *Hisonotus* são caracterizadas por permanecer predominantemente entre a vegetação marginal submersa (Casatti et al. 2001), característica comum nas regiões de banhado. A análise de correspondência canônica mostrou ainda que *Otothyropsis* sp. e *Hisonotus francirochai* estiveram mais relacionadas com águas mais quentes, característica típica de águas paradas, mas a presença de *Trichomycterus* aff. *davisi* evidencia que estes trechos ainda possuem algumas de suas características originais.

A foz do ribeirão Varanal (RV-3), de segunda ordem, e do rio Preto (RP-3), de terceira ordem, formaram o grupo C na análise de agrupamento. Os trechos mais afastados das nascentes apresentam um habitat mais complexo, suportando um maior número de espécies que utilizam de forma variada o ambiente (Vannote et al. 1980), como demonstrado pelas espécies que caracterizam este grupo. *Astyanax* aff. *paranae* é uma espécie que habita a coluna d'água (Shibatta et al. 2002), enquanto que *Hypostomus ancistroides* habita o fundo de riachos, preso ao substrato raspando algas (Casatti et al. 2001) e *Apareiodon ibitiensis*, assim como *H. ancistroides*, habita o fundo de riachos, mas se alimenta de invertebrados bentônicos (Sazima 1980). A análise de correspondência canônica corrobora esta afirmação, pois demonstra que as variáveis ambientais que mais influenciaram os padrões de distribuição destas espécies estão relacionadas direta ou indiretamente ao volume de água e à complexidade de habitats.

Desta forma, foi demonstrado que os riachos de montanha analisados apresentam certos padrões na estrutura da ictiofauna. Os riachos apresentaram uma ictiofauna

semelhante e não foi encontrada variação temporal na composição de espécies. Os trechos de baixa ordem próximos às nascentes foram similares, devido principalmente à ocorrência de *T. davisii*, encontrada nos três riachos, e à medida que o volume de água aumenta a assembleia passa a ser caracterizada pela presença de outras espécies, que exploram de maneira diversificada o ambiente. Foi demonstrado também que a posição relativa de cada trecho na bacia e seu histórico de uso foram mais importantes do que a ordem do trecho para definir a similaridade entre eles. Trechos de terceira ordem se comportaram como trechos de primeira e segunda ordem devido às alterações de habitats, enquanto que um trecho de segunda ordem localizado na foz do riacho e com influência do rio Tibagi apresentou ictiofauna semelhante ao trecho de terceira ordem. No entanto, estes padrões ainda precisam ser melhor avaliados, realizando a comparação com riachos de montanha de outras bacias da Mata Atlântica e também com riachos de outros tipos, a fim de determinar o quanto estes se diferenciam. É evidente também que ainda há muita informação básica a ser conhecida sobre o funcionamento de riachos de montanha da Mata Atlântica, como inventários taxonômicos e estudos de biologia das espécies, dados importantes para a compreensão, gestão e conservação do bioma Mata Atlântica.

Agradecimentos

Ao Alexander Claro García, Mario Roberto Castro Meira Filho, Matheus Zaqueu de Lima, Alessandro Borini Lone e Edison Santana da Silva pelo auxílio nos trabalhos de campo. Ao Oscar Akio Shibatta (Museu de Zoologia da Universidade Estadual de Londrina), pelo auxílio na identificação das espécies e ajuda na análise dos dados. À CAPES pelo apoio financeiro, à Elaine Antoniassi Luiz Kashiwaqui e aos avaliadores que contribuíram para a melhoria do manuscrito.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, F. G., PEIXOTO, M. G., PINTO, B. C. T. & TEIXEIRA, T. P. 2009. Distribution of guppies *Poecilia reticulata* (Peters, 1860) and *Phalloceros caudimaculatus* (Hensel, 1868) along a polluted stretch of the Paraíba do Sul River, Brazil. *Braz. J. Biol.* 69(1):41-48.
- ARAÚJO, N. B. & TEJERINA-GARRO, F. L. 2009. Influence of environmental variables and anthropogenic perturbations on stream fish assemblages, Upper Paraná River, Central Brazil. *Neotrop. Ichthyol.* 7(1):31-38.
- ARRATIA, G. 1983. Preferencias de habitat de peces siluriformes de aguas continentales de Chile (Fam. Diplomystidae y Trichomycteridae). *Stud. Neotrop. Fauna E.* 18(4):217-237.
- AZEVEDO, T. I. N., SEKIAMA, M. L., VIEIRA, A. O. S. & BENNEMANN, S. T. 2008. Descrição física da micro bacia do Ribeirão Varanal e caracterização dos trechos. In *A flora e a fauna do Ribeirão Varanal: um estudo da biodiversidade no Paraná* (S.T. Bennemann, O. A. Shibatta & A. O. S. Vieira, orgs). EDUEL, Londrina, p.5-14.
- BARRELLA, W., PETRERE, J. R. M., SMITH, W. S. & MONTAG, L. F. A. 2000. As relações entre matas ciliares, os rios e os peixes. In *Matas Ciliares: conservação e recuperação* (R.R. Rodrigues & H.F. Leitão Filho, eds). EDUSP, São Paulo, p.187-207.
- BENNEMANN, S. T., SILVA-SOUZA, Â. T. & ROCHA, G. R. A. 1995. Composición ictiofaunística em cinco localidades de la cuenca del rio Tibagi, PR – Brasil. *Interciencia.* 20(1):7-13.
- BENNEMANN, S. T. & GALVES, W. 2008. Metodologia de amostragem da fauna aquática. In *A flora e a fauna do Ribeirão Varanal: um estudo da biodiversidade no Paraná* (S.T. Bennemann, O.A. Shibatta & A. O. S. Vieira, orgs). EDUEL, Londrina, p.69-76.
- BENNEMANN, S. T., SHIBATTA, O. A. & VIEIRA, A. O. S. 2008. Síntese e medidas de conservação. In *A flora e a fauna do Ribeirão Varanal: um estudo da biodiversidade no Paraná* (S.T. Bennemann, O. A. Shibatta & A. O. S. Vieira, orgs). EDUEL, Londrina, p.69-76.
- BUCKUP, P. A. 1999. Sistemática e biogeografia de peixes de riachos. In *Ecologia de peixes de riachos: Estado Atual e Perspectivas* (E. P. Caramaschi, R. Mazzoni, C. R. S. F. Bizerril & P. R. Peres-Neto, eds). *Oecol. Bras.* 6:91-138.
- CASATTI, L., LANGEANI, F. & CASTRO, R. M. C. 2001. Peixes de riacho do Parque Estadual Morro do Diabo, bacia do Alto Paraná, SP. *Biota Neotrop.* 1(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v1n12/pt/abstract?inventory+BN00201122001> (último acesso em 05/05/2012)
- CASATTI, L. 2003. Biology of a Catfish, *Trichomycterus* sp. (Pisces, Siluriformes), in a Pristine Stream in the Morro do Diabo State Park, Southeastern Brazil. *Stud. Neotrop. Fauna E.* 38(2):105-110.
- CASTRO, R. M. C. 1999. Evolução da ictiofauna de riachos sul-americanos: padrões gerais e possíveis processos causais. In *Ecologia de Peixes de Riachos: Estado Atual e Perspectivas* (E. P. Caramaschi, R. Mazzoni, C. R. S. F. Bizerril, P. R. Peres-Neto, eds). *Oecol. Bras.* 6:139-155.

- CHARA, J. D., BAIRD, D. J., TELFER, T. C. & RUBIO, E. A. 2006. Feeding ecology and habitat preferences of the catfish genus *Trichomycterus* in low-order streams of the Colombian Andes. *J. Fish Biol.* 68(4):1026-1040.
- CLARKE, K. R. 1993. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Aust. J. Ecol.* 18(1):117-143.
- CLARKE, K. R. & GORLEY, R. N. 2006. PRIMER v6: User Manual/Tutorial. PRIMER-E, Plymouth.
- COUTO, T. B. d'A. & AQUINO, P. D. P. U. 2011. Structure and integrity of fish assemblages in streams associated to conservation units in Central Brazil. *Neotrop. Ichthyol.* 9(2):445-454.
- DIAS, A. M. & TEJERINA-GARRO, F. L. 2010. Changes in the structure of fish assemblages in streams along an undisturbed-impacted gradient, upper Paraná River basin, Central Brazil. *Neotrop. Ichthyol.* 8(3):587-598.
- DUDGEON D. 2008. *Tropical Stream Ecology*. Academic Press, London.
- FELIPE, T. R. A. & SÚAREZ, Y. R. 2010. Characterization and influence of environmental factors on stream fish assemblages in two small urban sub-basins, Upper Paraná River. *Biota Neotrop.* 10(2): <http://www.biotaneotropica.org.br/v10n2/en/abstract?article+bn03810022010> (último acesso em 05/05/2012)
- FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA & INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. 2011. Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica período 2008-2010. São Paulo.
- GORMAN, O. T. & KARR, J. R. 1978. Habitat structure and stream fish community. *Ecology.* 59(3):507-516.
- GROSSMAN, G. D. & RATAJCZAK, R. E. Jr. 1998. Long-term patterns of microhabitat use by fish in a southern Appalachian stream from 1983 to 1992: effects of hydrologic period, season and fish length. *Ecol. Freshw. Fish* 7:108-131.
- INSTITUTO DE TERRAS, CARTOGRAFIA E GEOCIÊNCIAS – ITCG. Arquivo Vetorial - Formato Shapefile - da hidrografia do Estado do Paraná. <http://www.itcg.pr.gov.br/> (último acesso em 26/04/2012)
- KARR, J. R. 1981. Assessment of biotic integrity using fish communities. *Fisheries* 6(1):21-27.
- LANGEANI, F., CASATTI, L., GAMEIRO, H. S., CARMO, A. B. & ROSSA-FERES, D.C. 2005. Riffle and pool fish communities in a large stream of southeastern Brazil. *Neotrop. Ichthyol.* 3(2):305-311.
- MEDRI, M. E., BIANCHINI, E., SHIBATTA, O. A. & PIMENTA, J. A. 2002. *A Bacia do rio Tibagi*. EDUEL, Londrina.
- MELO, C. E., MACHADO, F. A. & PINTO-SILVA, V. 2003. Diversidade de peixes em um córrego de Cerrado no Brasil central. *Braz. J. Ecol.* 1(2):17-23.

- MENEZES, N. A. 1996. Methods for assessing freshwater fish diversity. In Biodiversity in Brazil: a first approach (C.E.M. Bicudo & N.A. Menezes, eds). CNPQ, São Paulo, p.289-295.
- MMA/SBF. 2002. Biodiversidade Brasileira: avaliação e identificação de áreas e ações prioritárias para conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade brasileira. Brasília, 404p.
- OKSANEN, J. 2011. Multivariate analysis of ecological communities in R: vegan tutorial. <<http://cc.oulu.fi/~jarioksa/softhelp/vegan.html>> (último acesso em 20/06/2012).
- POFF, N. L. 1997. Landscape filters and species traits: towards mechanistic understanding and prediction in stream ecology. J. N. Am. Benthol. Soc. 16:391-409.
- R Development Core Team. 2012. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna.
- SAZIMA, I. 1980. Behavior of two Brazilian species of parodontid fishes, *Apareiodon piracicabae* and *A. ibitiensis*. Copeia 1980(1):166-169.
- SHIBATTA, O. A., ORSI, M. L., BENNEMANN S.T. & SILVA-SOUZA Â. T. 2002. Diversidade e distribuição de Peixes na bacia do rio Tibagi. In A Bacia do rio Tibagi. (M.E. Medri, E. Bianchini, O. A. Shibatta & J. A. Pimenta, eds). EDUEL, Londrina, p.403-424
- SHIBATTA, O. A. & CHEIDA, C. 2003. Composição em tamanho dos peixes (Actinopterygii, Teleostei) de ribeirões da bacia do rio Tibagi, Paraná, Brasil. Rev. Bras. Zool. 20(3):469-473.
- SHIBATTA, O. A., GEALH, A. M. & BENNEMANN, S. T. 2007. Ictiofauna dos trechos alto e médio da bacia do rio Tibagi, Paraná, Brasil. Biota Neotrop. 7(2): <http://www.biotaneotropica.org.br/v7n2/pt/abstract?article+bn02107022007> (ultimo acesso em 08/11/2011)
- SHIBATTA, O. A., BENNEMANN, S. T., MORI, H. & SILVA, D. F. 2008. Riqueza biológica e ecológica dos peixes do Ribeirão Varanal. In A flora e a fauna do Ribeirão Varanal: um estudo da biodiversidade no Paraná (S.T. Bennemann, O. A. Shibatta & A. O. S. Vieira, orgs). EDUEL, Londrina, p.77-98.
- STRAHLER, A. N. 1957. Quantitative analysis of watershed geomorphology. Eos. T. Am. Geophys. Un. 8(6):913-920.
- SÚAREZ, Y. R. & PETRERE Jr., M. 2005. Organização das assembleias de peixes em riachos da bacia do rio Iguatemi, Mato Grosso do Sul. Acta Sci. Biol. Sci. 22(2):161-167.
- SÚAREZ, Y. R. 2008. Variação espacial e temporal na diversidade e composição de espécies de peixes em riachos da bacia do Rio Ivinhema, Alto Rio Paraná. Biota Neotrop. 8(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v8n3/en/abstract?article+bn02308032008> (último acesso em 05/05/2012)
- SÚAREZ, Y. R. & LIMA-JÚNIOR, S. E. 2009. Variação espacial e temporal nas assembleias de peixes de riachos na bacia do rio Guiraí, Alto Rio Paraná. Biota Neotrop. 9(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v9n1/en/abstract?article+bn01709012009> (ultimo acesso em 05/05/2012)

- TER BRAAK, C. J. F. 1986. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct analysis. *Ecol.* 67(5):1167-1179.
- UIEDA, V. S. & BARRETO, M. G. 1999. Composição da ictiofauna de quatro trechos de diferentes ordens do rio Capivara, bacia do Tietê, Botucatu, São Paulo. *Rev. Bras. Zoocien.* 1(1):55-67.
- UIEDA, V. S. & CASTRO, R. M. C. 1999. Coleta e fixação de peixes de riachos. In *Ecologia de peixes de riachos: Estado Atual e Perspectivas* (E.P. Caramaschi, R. Mazzoni, C. R. S. F. Bizerril & P.R. Peres-Neto, eds). *Oecol. Bras.* 6:1-22.
- VALÉRIO, S. B., SÚAREZ, Y. R., FELIPE, T. R. A., TONDATO, K. K. & XIMENES, L. Q. L. 2007. Organization patterns of headwater-stream fish communities in the Upper Paraguay-Paraná basins. *Hydrobiologia.* 583(1):241-250.
- VANNOTE, R. L., MINSHALL, G. W., CUMMINS, K. W., SEDELL, J. R. & CUSHING, C. E. 1980. The river continuum concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37:130-137.
- VIEIRA, D. B. & SHIBATTA, O. A. 2007. Peixes como indicadores da qualidade ambiental do ribeirão Esperança, Município de Londrina, Paraná, Brasil. *Biota Neotrop.* 7(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v7n1/pt/abstract?article+bn01407012007> (último acesso em 05/05/2012)
- VILELLA, F. S. 2002. *Ecologia da comunidade aquática de um riacho de 1ª ordem da Mata Atlântica: Relações entre variáveis estruturais e bióticas em uma Reserva de Biosfera Tropical.* Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.