

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA DE
AMBIENTES AQUÁTICOS CONTINENTAIS**

RÔMULO DIEGO DE LIMA BEHREND

**Riqueza e composição da assembleia de Oligochaeta (Annelida) do rio
Iguaçu: efeitos dos fatores ambientais e dos impactos antropogênicos**

**Maringá
2010**

RÔMULO DIEGO DE LIMA BEHREND

Riqueza e composição da assembleia de Oligochaeta (Annelida) do rio Iguaçu:
efeitos dos fatores ambientais e dos impactos antropogênicos

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais do Departamento de Biologia, Centro de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Área de concentração: Ciências Ambientais

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Alice Michiyo Takeda

Maringá

2010

"Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)"
(Biblioteca Setorial - UEM. Nupélia, Maringá, PR, Brasil)

B421r

Behrend, Rômulo Diego de Lima, 1982-

Riqueza e composição da assembleia de Oligochaeta (Annelida) do rio Iguaçu: efeitos dos fatores ambientais e dos impactos antropogênicos / Rômulo Diego de Lima Behrend. – Maringá, 2010.

40 f. : il. (algumas color.)

Dissertação (mestrado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais) - Universidade Estadual de Maringá, Dep. de Biologia, 2010.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Alice Michiyo Takeda.

1. Oligochaeta (Annelida) - Comunidades - Gradientes ambientais - Iguaçu, Rio – Paraná (Estado). 2. Zoobentos de água doce - Reservatórios. I. Universidade Estadual de Maringá. Departamento de Biologia. Programa de Pós-Graduação em "Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais".

CDD 22. ed. -592.641782098162
NBR/CIP – 12.899 AACR/2

FOLHA DE APROVAÇÃO

RÔMULO DIEGO DE LIMA BEHREND

Riqueza e composição da assembleia de Oligochaeta (Annelida) do rio Iguaçu:
efeitos dos fatores ambientais e dos impactos antropogênicos

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais do Departamento de Biologia, Centro de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais, pela comissão julgadora composta pelos membros:

COMISSÃO JULGADORA

Prof.^a Dr.^a Alice Michiyo Takeda
Nupelia/Universidade Estadual de Maringá (UEM) (Presidente)

Prof.^a Dr.^a Suzana Trivinho Strixino
Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR)

Prof. Dr. Fábio Amodêo Lansac-Tôha
Nupélia/Universidade Estadual de Maringá (UEM)

Aprovado em: 26 de fevereiro de 2010.

Local de defesa: Anfiteatro do Nupélia, Bloco G-90, *campus* da Universidade Estadual de Maringá

Dedico esse trabalho aos meus
pais, minha irmã e minha noiva,
Juliana, pelo apoio incondicional.

AGRADECIMENTOS

Eu gostaria de agradecer a todos que de alguma maneira me ajudaram durante esse momento de grande crescimento pessoal e científico que foi o mestrado.

Em especial, à Professora Dr.^a Alice Michiyo Takeda, pelo seu incentivo, dedicação, cobrança, ajuda nos momentos difíceis e, acima de tudo, pelo conhecimento passado sobre os macroinvertebrados bentônicos, esse grupo tão importante do ecossistema aquático. Ela é uma pessoa que eu admiro e desejo sempre o melhor.

Ao Professor Dr. Flávio da Costa Fernandes, Coordenador do projeto CT-HIDRO/CNPq, Processo nº 50.7675/2004-5, que disponibilizou recursos para o desenvolvimento dessa dissertação.

À minha grande amiga Sayuri, pelo imensurável conhecimento compartilhado durante toda a graduação e mestrado.

À minha grande amiga Sue Ellen, por toda ajuda durante a graduação e pós-graduação nos mais diferentes assuntos.

À Gisele Rosin, pelo auxílio nas dúvidas obtidas na dissertação.

Ao pessoal do Laboratório de Zoobentos: Dani Mangarotti, Dani Sussuí, Gi Pinha, Rafael, Camila, Renata, Sandra, Deise, Adriana pelos conselhos e risadas compartilhadas.

Ao Sidão e ao Flávio, que sempre me acompanharam nas coletas do PELD, fazendo desse trabalho árduo um momento agradável... Grandes amigos...

Ao PEA pelo suporte logístico e o apoio financeiro em congressos.

Ao CNPq (2008-2009) e à Capes (2009-2010), pela bolsa de estudos durante o mestrado.

Ao pessoal da turma de curso do mestrado de 2007, pelas grandes discussões que me estimulavam a estudar cada vez mais.

Ao pessoal do Laboratório do Departamento de Química por ceder reagentes e equipamentos para obtenção dos nutrientes do rio Iguaçu.

Ao Jaime pela confecção do mapa do rio Iguaçu.

À Salete e ao João, por todo auxílio prestado na Biblioteca e pela paciência quando, por acaso, atrasavam um pouco a entrega dos livros. Sou imensamente grato ao serviço de vocês

Aos meus pais, que sempre me deram todo tipo de apoio e me incentivaram a estudar. Eles foram a base de tudo, ensinando que a vida é muito mais que sonhar. Sem eles, nada disso seria possível.

À Professora de Biologia do Ensino Fundamental e Médio, Marli, que me fez enxergar muito mais do que os livros de biologia traziam.

À minha noiva, Juliana, que foi grande companheira durante o fim da graduação e o mestrado, suportando-me e apoiando-me até quando os níveis de “stress” estavam exacerbados.

Ao Celsão, pela grande ajuda nas coletas do rio Iguaçu. Pessoa sensacional.

A todos os Professores da graduação e pós-graduação, que compartilharam seu conhecimento. Em especial, ao Professor Dr. Fábio Amodêo Lansac-Tôha, pelas várias sugestões em resumos e artigos, e ao Professor Dr. Luiz Carlos Gomes, pelas inúmeras dúvidas tiradas sobre análises estatísticas. Eu realmente sou grato a eles.

E por fim, os jogadores de futebol de fim de semana do Nupelia: Ciro, Leandro, Roger, Luciano, Urso, Elvis, Rodrigo, Bifi, Tica, Xixi, Olavo, Cássio, Élcio, Dilermando, Nadson, Alan, Danilo, Dirceu, Flávio, Hugo, Ricardo, Daniel dentre outros, que após cada jogo sempre meditavam sobre a natureza.

Se você tiver prazer no que faz,
nunca precisará trabalhar na vida.

(CONFÚCIO)

Riqueza e composição da assembleia de Oligochaeta (Annelida) do rio Iguaçu: efeitos dos fatores ambientais e dos impactos antropogênicos

RESUMO

Esse trabalho visou avaliar as alterações na riqueza e composição da assembleia de Oligochaeta ao longo do rio Iguaçu, levando em consideração a modificação das variáveis ambientais ao longo do gradiente geomorfológico bem como da cascata de reservatórios. As amostras de fundo foram coletadas ao longo de 11 trechos do rio Iguaçu, com um pegador de fundo tipo Petersen modificado (0,0345 m²). ANOVA mostrou diferença significativa na riqueza de espécies entre as estações pertencentes ao rio Iguaçu. Mudanças nas variáveis ambientais e na riqueza e composição de Oligochaeta foram sumarizadas pela Análise de Correspondência Canônica (CCA). Um total de 12.780 espécimes de Oligochaeta foi registrado, pertencentes a 25 espécies e Enchytraeidae. Análise estatística (MRPP) revelou que a composição de Oligochaeta foi claramente distinta entre os trechos do rio Iguaçu. A assembleia de Oligochaeta foi determinada primariamente por fatores ambientais locais (condutividade, tipo de substrato e temperatura) e regionais (altitude) e secundariamente por regulação do rio e ocupação humana. Ao longo do rio Iguaçu, condutividade, nitrogênio, lama e altitude diminuíram, enquanto a temperatura aumentou. A composição de Oligochaeta mostrou variação espacial significativa, com maiores abundâncias de espécies da família Tubificidae e do gênero *Dero* (Naididae) no Primeiro Planalto. No Segundo e Terceiro Planaltos, houve o predomínio de poucas espécies, com um aumento na ocorrência de espécies da família Naididae abaixo dos reservatórios. Nesse estudo foi mostrada uma mudança gradual na composição de Oligochaeta, assim como nas variáveis ambientais relacionadas a esse forte gradiente ambiental. Tanto as variáveis ambientais locais e regionais quanto à regulação do rio e a ocupação humana foram importantes para explicar a variação na riqueza e composição de espécies de Oligochaeta.

Palavras-chave: Gradiente geomorfológico. Cascata de reservatórios. Ocupação humana. Fatores locais e regionais. Rio Iguaçu.

Richness and composition of Oligochaeta assemblage (Annelida) of Iguaçu River: effects of environmental factors and anthropogenic impacts

ABSTRACT

This paper aimed at assessing alterations in richness and composition of Oligochaeta assemblage along Iguaçu River, taking into account the modification of environmental variables along geomorphologic gradient as well as reservoirs cascade. Bottom samples were collected along 11 stretch do Iguaçu River with a Petersen grab (0,0345 m²). ANOVA showed significant difference in species richness among stations belonging to Iguaçu River. Changes in environmental variables and in richness and composition of Oligochaeta were summarized by Canonic Correspondence Analysis (CCA). A total of 12.780 Oligochaeta individuals were registered belonging to 25 species and Enchytraeidae. Statistical analysis (MRPP) revealed that composition of Oligochaeta was clearly distinct among the stretch of Iguaçu River. Oligochaeta assemblage was primary determined by local environmental factors (conductivity, substrate type and temperature) and regional ones (altitude) and secondary by river regulation and human occupation. Along Iguaçu River, conductivity, nitrogen, mud and altitude decreased, while temperature increased. Oligochaeta composition showed significant spatial variation, with the highest species abundance of family Tubificidae and gender *Dero* (Naididae) in first plateau. In the second and third plateau there was predominance of few species, with increase in occurrence of species of family Naididae below reservoirs. In this study was showed a gradual change in Oligochaeta composition, as well as in environmental variables related to this strong environmental gradient. Both local and regional environmental variables and river regulation and human occupation were important to explain variation in richness and composition of Oligochaeta species.

Keywords: Geomorphologic gradient. Reservoir cascade. Human occupation. Local and regional factors. Iguaçu River.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1. (AB) Localização da bacia do rio Iguaçu, mostrando os trechos de coleta e (C) a cascata de reservatórios ao longo de seu curso.....18
- Figura 2. Média e erro-padrão da riqueza de espécies da assembleia de Oligochaeta nos distintos trechos do rio Iguaçu. Ver legenda na Tabela I.....23
- Figura 3. Ordenação dos ambientes amostrados e da assembleia de Oligochaeta com as variáveis ambientais usando Análise de Correspondência Canônica (CCA). Temp. Temperatura; Vel. Velocidade da corrente; Prof. Profundidade; O.D., Oxigênio Dissolvido; N, Nitrogênio Total; M.O., Matéria Orgânica P1: Primeiro Planalto; P2: Segundo Planalto; P3: Terceiro Planalto.....26
- Tabela I. Média e desvio-padrão (em parênteses) das variáveis ambientais incluídas no estudo (BN: Balsa Nova; AA=Água Azul; SM: São Mateus; UV: União da Vitória; FC: Faxinal do Céu; RI: Reserva do Iguaçu; SU: Sulina; CI: Cruzeiro do Iguaçu; CLM: Capitão Leônidas Marques; CA: Capanema; FI: Foz do Iguaçu; MST: Material em Suspensão Total; MO: Matéria Orgânica; (L): variáveis ambientais locais; (R): variável ambiental regional; 1: Primeiro Planalto; 2: Segundo Planalto; 3: Terceiro Planalto).....20
- Tabela II. Abundância Relativa* das espécies de Oligochaeta coletadas nas 11 estações do rio Iguaçu. Ver legenda na Tabela I.....24
- Tabela III. Ranks individuais e soma das variáveis ambientais significativas locais (L) e regional (R) baseadas na porcentagem de contribuição a variância explicada pela análise de correspondência canônica composta (CCA) (27%, ver resultados).....27
- Tabela IV. Sumário da análise de espécies indicadoras mostrando as abundâncias relativas, frequências relativas e valores indicadores para os locais amostrados (P1=Primeiro Planalto, P2=Segundo Planalto e P3=Terceiro Planalto: somente espécies com valores significativos). Em negrito, valores indicadores significativos ($p < 0,05$, teste de aleatorização de Monte Carlo).....28

LISTA DE TABELAS

- Tabela I. Média e desvio-padrão (em parênteses) das variáveis ambientais incluídas no estudo (BN: Balsa Nova; AA=Água Azul; SM: São Mateus; UV: União da Vitória; FC: Faxinal do Céu; RI: Reserva do Iguaçu; SU: Sulina; CI: Cruzeiro do Iguaçu; CLM: Capitão Leônidas Marques; CA: Capanema; FI: Foz do Iguaçu; MST: Material em Suspensão Total; MO: Matéria Orgânica; (L): variáveis ambientais locais; (R): variável ambiental regional; 1: Primeiro Planalto; 2: Segundo Planalto; 3: Terceiro Planalto).....20
- Tabela II. Abundância Relativa* das espécies de Oligochaeta coletadas nas 11 estações do rio Iguaçu. Ver legenda na Tabela I.....24
- Tabela III. Ranks individuais e soma das variáveis ambientais significativas locais (L) e regional (R) baseadas na porcentagem de contribuição a variância explicada pela análise de correspondência canônica composta (CCA) (27%, ver resultados).....27
- Tabela IV. Sumário da análise de espécies indicadoras mostrando as abundâncias relativas, frequências relativas e valores indicadores para os locais amostrados (P1=Primeiro Planalto, P2=Segundo Planalto e P3=Terceiro Planalto: somente espécies com valores significativos). Em negrito, valores indicadores significativos ($p < 0,05$, teste de aleatorização de Monte Carlo).....28

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. (AB) Localização da bacia do rio Iguçu, mostrando os trechos de coleta e (C) a cascata de reservatórios ao longo de seu curso.....18
- Figura 2. Média e erro-padrão da riqueza de espécies da assembleia de Oligochaeta nos distintos trechos do rio Iguçu. Ver legenda na Tabela I.....23
- Figura 3. Ordenação dos ambientes amostrados e da assembleia de Oligochaeta com as variáveis ambientais usando Análise de Correspondência Canônica (CCA). Temp. Temperatura; Vel. Velocidade da corrente; Prof. Profundidade; O.D., Oxigênio Dissolvido; N, Nitrogênio Total; M.O., Matéria Orgânica; P1: Primeiro Planalto; P2: Segundo Planalto; P3: Terceiro Planalto.....26

Dissertação elaborada e formatada conforme as normas da publicação científica *River Research and Applications*. Disponível em: <<http://www.interscience.wiley.com>>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
2	MATERIAIS E MÉTODOS.....	17
2.1	Área de Estudo.....	17
2.2	Amostragem.....	18
2.3	Variáveis ambientais.....	19
2.4	Análise de dados.....	21
3	RESULTADOS.....	23
4.1	Amostra de Oligochaeta.....	23
4.2	Riqueza de espécies.....	23
4.3	Variação na composição da assembleia de Oligochaeta e sua relação com as variáveis ambientais.....	25
4	DISCUSSÃO.....	29
	REFERÊNCIAS.....	34

INTRODUÇÃO

Identificar os padrões de distribuição de espécies é um importante passo para determinar quais os processos que controlam a estrutura de comunidades fluviais (Allan 1995; Brosse *et al.*, 2003). Espécies respondem diferentemente ao longo de gradientes ambientais em várias escalas espaciais (Sandin e Johnson, 2004; Cottenie, 2005; Heino, 2007), e de acordo com o Conceito de Continuidade Fluvial (RCC, Vannote *et al.*, 1980) comunidades de invertebrados lóticos são estruturadas ao longo de gradientes de recursos da cabeceira à foz de rios. O RCC é aplicado, principalmente, em rios naturais, com fluxo livre, enquanto o Conceito de Descontinuidade Serial (SDC, Ward e Stanford, 1983; Stanford e Ward, 2001) está relacionado ao impacto da regulação de rios e prediz o tipo e grau de mudança ecológica abaixo de um represamento.

Em todo o mundo, sistemas de rios têm sido drasticamente alterados pela ação humana (Petts, 1992). Pesquisas em sistemas típicos, como o rio Iguaçu, mostram que esse sistema é severamente afetado por efeitos antropogênicos como: ocupação agropecuária, atividade madeireira, remoção da vegetação ripária, descarga de esgoto doméstico e a construção de reservatórios (Julio Jr *et al.*, 1997). Ao longo dos últimos 35 anos, o regime hidrológico do rio Iguaçu tem sido alterado pela operação de inúmeras barragens, e esse rio já possui cinco no seu curso. Pela grande extensão desse rio (~1.000 Km), além do gradiente antropogênico, mudanças geológicas e climáticas são registradas, uma vez que ele atravessa três planaltos ao longo do seu eixo longitudinal.

A regulação do fluxo dos rios acarreta muitos impactos negativos, pois modifica a intensidade, duração e períodos de cheia, reduz a carga de nutrientes em áreas inundadas sazonalmente e cria, em segmentos imediatamente abaixo da barragem, condições hidrodinâmicas e térmicas instáveis (Sanches *et al.*, 2006). Além disso, ocasiona perda de habitats e diversidade, devido em maior escala, por ajustes geomorfológicos do sistema do rio em direção a um novo estado de equilíbrio (Petts e Greenwood, 1985). Esses impactos são aumentados com a construção de reservatórios em série (Conceito de Contínuo em Cascata de Reservatórios - CRCC; Barbosa *et al.*, 1999).

A construção de reservatórios em cascata implica na formação de um complexo padrão de interações que podem ser percebidas ao longo do eixo longitudinal do rio impactado, gerando alterações físicas, químicas e biológicas. Em reservatórios em cascata, as alterações na qualidade da água tanto quanto na composição e distribuição da biota são os

resultados de modificações nas dimensões lateral, vertical e longitudinal, como descrito no Conceito de Contínuo em Cascata de Reservatórios (CRCC, Barbosa *et al.* (1999), sendo os macroinvertebrados bênticos um dos grupos afetados pela sua construção (Henry, 1999).

Em especial, a construção de reservatórios afeta a distribuição de macroinvertebrados bênticos de rios ao longo de distâncias abaixo de barragens por alterar turbidez, temperatura da água e outras variáveis relacionadas à descarga, às funções dos tributários e à geomorfologia de canais naturais (Ward e Stanford, 1979; Armitage, 1984; Katano *et al.*, 2009). Isso tem sido demonstrado em muitos rios regulados, onde alterações em descarga causam mudanças na estrutura dessa comunidade (Fjellheim *et al.*, 1993; Pardo *et al.*, 1998; Rosin *et al.*, 2009). Outra consequência da regulação é a mudança da temperatura, que tem amplas consequências ecológicas que afetam os padrões de deriva de invertebrados, taxas de crescimento, história de vida e densidade (Raddum, 1985; Elliott, 1987; Pardo *et al.*, 1998).

Dentre as comunidades aquáticas, a assembleia de Oligochaeta representa um dos grupos afetados pela construção de reservatórios (Behrend e Takeda, em prep.). Apesar de sua importância ecológica e na cadeia trófica (Rísnoveanu e Vădineanu, 2003), pouco se conhece sobre sua taxonomia e sua distribuição em rios, principalmente no Brasil, onde poucos trabalhos foram realizados. Nesse estudo, investigou-se a variação longitudinal de Oligochaeta do rio Iguaçu, um grande tributário da margem Leste do rio Paraná.

Os objetivos do presente trabalho foram: i) avaliar as alterações na riqueza e composição da assembleia de Oligochaeta ao longo do rio Iguaçu, levando em consideração o gradiente geológico bem como a cascata de reservatórios, que são fatores de forte influência nas condições ambientais e que devem influenciar a estruturação desse grupo; e ii) analisar a contribuição de fatores ambientais em diferentes escalas espaciais (regional e local) a riqueza e composição dessa assembleia. A hipótese desse trabalho foi que as mudanças na riqueza e composição da assembleia podem ser explicadas pelos gradientes geológico e antropogênico, presentes ao longo do rio Iguaçu. Neste estudo também foi predito que as variáveis ambientais locais explicariam mais a riqueza e a composição de Oligochaeta, pois esse grupo é fortemente ligado ao sedimento.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de Estudo

A bacia do rio Iguaçu abrange a maior bacia hidrográfica do Estado do Paraná, com cerca de 70.800 km², adicionando os afluentes da margem catarinense. Esse rio corta o Estado do Paraná no sentido leste-oeste, percorrendo mais de 1.000 km, desde suas nascentes, na vertente ocidental da Serra do Mar, até a sua foz, no rio Paraná. O rio Iguaçu corta os três planaltos paranaenses, apresentando várias corredeiras e quedas d'água, com diferença de mais de 900 m de altitude da cabeceira à foz (Maack, 2002) (Figura 1).

Em função de sua grande extensão, esse rio apresenta diferenças geológicas e climáticas. Com relação à geologia, o substrato da bacia do rio Iguaçu é constituído por rochas do Pré-Cambriano Superior e Inferior no Primeiro Planalto, rochas sedimentares paleozóicas no Segundo Planalto e rochas vulcânicas mesozóicas no Terceiro Planalto (Merenda, 2004). As médias de precipitações anuais variam de 1.200 a 1.600 mm até o final do Segundo Planalto e de 1.600 a 1.800 mm no Terceiro Planalto (ITCF, 1987). Além disso, ao longo de seu eixo longitudinal duas regiões térmicas são distintas, uma vez que as cidades localizadas até o final do Segundo Planalto registram temperaturas menores que as localizadas no Terceiro Planalto (Maack, 2002).

Essas mudanças geológicas e climáticas aliadas ao contingente populacional existente ao longo desse rio influenciaram a formação econômica dessas regiões. No Primeiro Planalto está a região metropolitana de Curitiba (2,5 milhões de pessoas), onde se encontram diversas indústrias e mineradoras. Nesse trecho o rio Iguaçu recebe uma grande carga de restos de tratamento de esgotos, além de esgoto bruto de bueiros e residências individuais ao longo do rio (Sodré *et al.*, 1997). Já nos Segundo e Terceiro Planaltos, a ocupação agropecuária, a extração de erva-mate e a atividade madeireira são as principais atividades econômicas (Julio *et al.*, 1997).

Pelo elevado desnível dessa bacia, uma série de cinco grandes reservatórios (Foz do Areia, Segredo, Salto Osório, Salto Santiago e Salto Caxias) foi construída para produção de energia elétrica. O Primeiro e o Segundo Planaltos paranaenses estão localizados a montante da cascata de reservatórios.

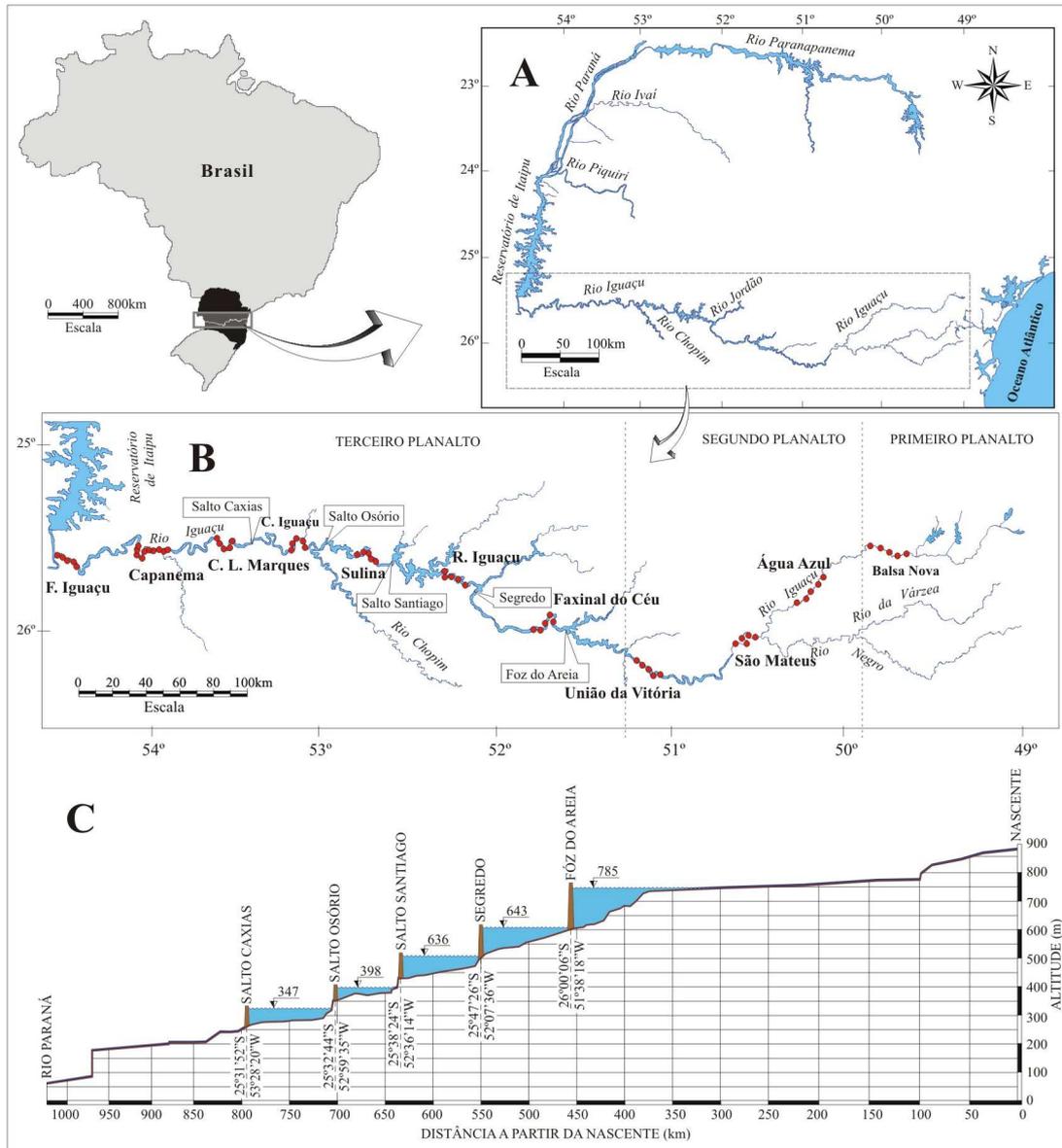


Figura 1. (AB) Localização da bacia do rio Iguazu, mostrando os trechos de coleta e (C) a cascata de reservatórios ao longo de seu curso. Modificado de Júlio *et al* (1997).

Amostragem

Ao longo do curso do rio Iguazu foram coletadas 480 amostras de fundo (360 para análise biológica e 120 para análise granulométrica). As coletas foram realizadas entre 29 de janeiro e 12 de fevereiro de 2006, em 11 trechos desse rio (Primeiro Planalto = Balsa Nova; Segundo Planalto = Água Azul, São Mateus e União da Vitória; Terceiro Planalto = Faxinal do Céu, Reserva do Iguazu, Sulina, Cruzeiro do Iguazu, Capitão Leônidas Marques, Capanema e Foz do Iguazu). Em cada trecho foram estabelecidas cinco estações de coleta, com exceção ao trecho em Capanema com dez estações, todas do lado direito, uma vez que o

lado esquerdo do rio Iguazu não foi coletado por pertencer ao território argentino. Em cada estação foram estabelecidos dois pontos (margens esquerda e direita), e em cada ponto foram realizadas quatro amostragens (três para análise biológica e uma para análise sedimentológica e estimativa de teor de matéria orgânica), utilizando o pegador de fundo tipo Petersen modificado (0,0345 m²).

O material biológico foi acondicionado em galões e fixado com formaldeído 4% para posterior lavagem em um sistema de peneiras com malhas 2,0; 1,0 e 0,2 mm. O material retido na peneira 0,2 mm foi fixado com álcool 70%. A identificação das espécies foi realizada em um microscópio óptico, seguindo a classificação proposta por Brinkhurst e Jamieson (1971), Righi (1984) e Brinkhurst e Marchese (1991). É importante salientar que as coletas não foram realizadas nos reservatórios, mas entre os reservatórios.

Variáveis ambientais

Os dados ambientais do rio Iguazu foram coletados junto com as amostras de fundo. Um total de 18 variáveis foi usado para descrever condições ambientais em cada local: velocidade da corrente (General Oceanics Modelo N° 2035 MKIV); condutividade (Digimed DM-3P); material em suspensão total (Teixeira *et al.*, 1965); fósforo total (Golterman *et al.*, 1978); nitrogênio total (Mackereth *et al.*, 1978); temperatura da água e concentração de oxigênio dissolvido (YSI-550A); pH (Digimed DM 2P); turbidez (Quimis – Q-179); profundidade (Ecosonda Hondex PS-7); altitude, latitude e longitude (GPS Garmin - Etrex); e seixos, grânulos, areia, lama e matéria orgânica (Wentworth, 1922) . Esses dados foram usados para avaliar a associação entre possíveis mudanças na riqueza e composição da assembleia de Oligochaeta e qualidade da água ao longo do rio Iguazu. Valores médios (\pm desvio-padrão) e a designação de variáveis ambientais locais e regionais são mostrados na Tabela I.

Tabela I. Média e desvio-padrão (em parênteses) das variáveis ambientais incluídas no estudo (BN: Balsa Nova; AA=Água Azul; SM: São Mateus; UV: União da Vitória; FC: Faxinal do Céu; RI: Reserva do Iguaçu; SU: Sulina; CI: Cruzeiro do Iguaçu; CLM: Capitão Leônidas Marques; CA: Capanema; FI: Foz do Iguaçu; MST: Material em Suspensão Total; MO: Matéria Orgânica; (L): variáveis ambientais locais; (R): variável ambiental regional; 1: Primeiro Planalto; 2: Segundo Planalto; 3: Terceiro Planalto).

Variáveis/Estações	BN1	AA2	SM2	UV2	FC3	RI3	SU3	CI3	CLM3	CA3	FI3
Velocidade da corrente (m.s ⁻¹)*(L)	0,14 (±0,14)	0,18 (±0,10)	0,31 (±0,10)	0,24 (±0,06)	0,24 (±0,08)	0,21 (±0,06)	0,19 (±0,06)	0,18 (±0,06)	0,19 (±0,04)	0,27 (±0,07)	0,24 (±0,01)
Temperatura (°C)*(L)	22,80 (±0,57)	23,94 (±0,53)	25,86 (±0,43)	26,81 (±0,16)	21,84 (±0,17)	25,5 (±2,27)	23,65 (±0,43)	26,70 (±2,16)	25,83 (±0,50)	27,60 (±0,20)	29,83 (±0,07)
Condutividade (µS.cm ⁻¹)*(L)	203,40 (±12,88)	137,40 (±0,80)	115,00 (±0,63)	111,40 (±2,15)	79,80 (±1,17)	70,40 (±1,96)	70,80 (±0,75)	69,40 (±1,20)	70,40 (±1,50)	69,00 (±1,15)	68,60 (±0,80)
Oxigênio Dissolvido (mg.L ⁻¹)*(L)	5,84 (±0,53)	6,96 (±1,97)	6,65 (±0,79)	7,12 (±0,51)	7,94 (±2,61)	6,85 (±1,45)	7,66 (±1,57)	5,55 (±1,55)	5,85 (±0,20)	6,18 (±0,95)	6,79 (±0,54)
pH*(L)	6,84 (±0,17)	6,81 (±0,06)	6,91 (±0,06)	6,66 (±0,05)	6,47 (±0,03)	6,68 (±0,20)	6,50 (±0,10)	6,61 (±0,13)	6,70 (±0,06)	6,74 (±0,16)	6,74 (±0,02)
Profundidade (m)*(L)	2,14 (±0,63)	2,72 (±0,60)	2,64 (±1,57)	2,36 (±0,84)	4,06 (±2,60)	4,40 (±2,83)	2,66 (±1,61)	1,98 (±0,72)	1,66 (±0,47)	1,95 (±0,55)	1,90 (±0,75)
Nitrogênio Total (mg.L ⁻¹)*(L)	4,13 (±0,50)	2,91 (±0,65)	3,02 (±0,84)	3,80 (±1,03)	3,02 (±0,76)	2,91 (±0,22)	2,69 (±0,42)	2,57 (±0,45)	3,13 (±0,57)	3,36 (±0,26)	4,26 (±0,45)
Fósforo Total (mg.L ⁻¹)(L)	1,015 (±0,30)	0,894 (±0,18)	0,115 (±0,03)	0,105 (±0,04)	0,076 (±0,02)	0,027 (±0,03)	0,001 (±0,002)	0,002 (±0,003)	0,018 (±0,012)	0,004 (±0,010)	0,217 (±0,422)
Turbidez (NTU)(L)	66,88 (±20,42)	64,16 (±3,90)	45,78 (±9,10)	31,08 (±5,00)	4,46 (±0,25)	3,62 (±0,46)	2,97 (±0,15)	3,95 (±0,98)	4,79 (±2,77)	4,16 (±0,72)	4,36 (±1,22)
MST (mg.L ⁻¹)(L)	0,113 (±0,09)	0,083 (±0,02)	0,051 (±0,01)	0,031 (±0,02)	0,002 (±0,001)	0,002 (±0,0002)	0,001 (±0,0004)	0,001 (±0,0005)	0,005 (±0,0019)	0,004 (±0,0015)	0,006 (±0,0029)
Seixos (%) (L)	7,84 (±15,70)	0,37 (±0,74)	11,40 (±22,38)	2,80 (±3,37)	23,87 (±14,31)	10,03 (±18,61)	40,96 (±23,47)	28,51 (±21,64)	27,31 (±22,51)	0,24 (±0,45)	21,57 (±30,85)
Grânulos (%)*(L)	2,61 (±0,03)	1,78 (±0,02)	0,61 (±0,01)	2,89 (±0,03)	0,81 (±0,001)	4,00 (±0,02)	1,70 (±0,02)	5,35 (±0,05)	0,18 (±0,003)	0,32 (±0,005)	1,50 (±0,023)
Areia (%)*(L)	55,72 (±0,05)	71,90 (±0,16)	59,66 (±0,14)	69,25 (±0,06)	57,60 (±0,13)	60,14 (±0,19)	43,39 (±0,19)	43,22 (±0,20)	42,24 (±0,14)	75,82 (±0,10)	43,87 (±0,21)
Lama (%)*(L)	33,70 (±0,14)	23,42 (±0,16)	23,64 (±0,13)	19,55 (±0,01)	12,78 (±0,03)	18,18 (±0,16)	9,06 (±0,06)	14,00 (±0,09)	25,44 (±0,12)	16,05 (±0,09)	29,11 (±0,18)
MO (%)*(L)	9,13 (±0,03)	2,52 (±0,01)	4,68 (±0,02)	5,51 (±0,01)	4,93 (±0,01)	7,64 (±0,01)	4,90 (±0,02)	8,92 (±0,05)	4,84 (±0,03)	7,58 (±0,02)	3,96 (±0,02)
Altitude (m)*(R)	913 (±1,58)	861 (±1,40)	833 (±1,38)	750 (±1,22)	643 (±1,43)	598 (±1,48)	538 (±1,24)	437 (±1,32)	354 (±1,33)	276 (±3,03)	188 (±1,56)

* Indica variáveis ambientais utilizadas na CCA. As variáveis sem o * correlacionaram fortemente com outras variáveis e foram retiradas da análise.

Análise de dados

Riqueza de espécies: a riqueza de espécies (número de espécies) foi calculada por amostra e local (Magurran, 1988). Para determinar se havia diferença entre as médias da riqueza de espécies foi aplicada uma Anova one-way (Fator 1: locais). Os pressupostos de normalidade e homocedasticidade foram testados utilizando os testes de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente. Para verificar quais amostras eram diferentes foi aplicado um teste de Tukey (Sokal e Rohlf, 1995).

Variação na composição da assembleia de Oligochaeta e sua relação com as variáveis ambientais

Para determinar gradientes espaciais e estimar as variáveis ambientais que influenciam a composição da assembleia de Oligochaeta foi aplicada a Análise de Correspondência Canônica (Ter Braak, 1986). A Análise de Correspondência Destendenciada (DCA) (Hill e Gauch, 1980) foi usada para testar se um modelo com curva de resposta unimodal (Análise de Correspondência Canônica) ou linear (Análise de Redundância) devia ser usado na análise. Jongman *et al.* (1995) verificaram que “se os comprimentos dos eixos da ordenação são menores que aproximadamente dois desvios-padrão (d.v.), a maioria das curvas de respostas (ou superfícies) serão monotônicas”. Em contraste, com gradientes longos, isto é, > 4 d.v., os dados são fortemente não-lineares e CCA deve ser usada. A ordenação da DCA de composição taxonômica registrou comprimentos de gradientes > 4 desvios-padrão (d.v.) para os eixos 1 e 2, indicando que o modelo unimodal ajustaria melhor os dados (Jongman *et al.*, 1995). Portanto, a Análise de Correspondência Canônica foi usada nesse estudo.

A Análise de Correspondência Canônica é uma análise de gradiente direta que mostra relações simultâneas entre táxons/locais e gradientes, combinando técnicas de ordenação e regressão (McCune e Grace, 2002). Os eixos da ordenação são derivados como combinações lineares de variáveis ambientais (valores LC), e os táxons relacionados a esses eixos assumem uma resposta unimodal. Os comprimentos das setas são proporcionais a influência das combinações das variáveis. A significância da correlação entre variáveis abióticas e a composição da assembleia de Oligochaeta foi testada pelo procedimento de aleatorização de Monte Carlo (5.000 permutações). Coordenadas geográficas, seixos, fósforo total, turbidez e material em suspensão total foram significativos, mas altamente redundantes com outras variáveis ambientais e foram excluídos da análise.

As abundâncias de espécies foram transformadas ($\log x+1$) e o peso das espécies raras foi retirado porque elas têm grande contribuição nos resultados de padrões de ordenação

(Gauch, 1982; ter Braak, 1986) e também é igualmente mais provável que espécies comuns sejam inadequadamente amostradas. As espécies raras foram desconsideradas da análise por proverem a avaliação mais conservadora de padrões de estrutura de comunidade entre locais (Gauch, 1982; ter Braak, 1986; Palmer, 1993).

Para testar a significância das diferenças entre grupos sumarizados na CCA foi utilizado um procedimento de permutação de múltipla-resposta (MRPP), um método não-paramétrico para testar diferenças multivariadas entre grupos pré-definidos (Zimmerman *et al.*, 1985). MRPP examina a hipótese nula de nenhuma diferença entre dois ou mais grupos definidos *a priori*. A estatística “A” do MRPP descreve o tamanho do efeito, ou seja, o grau de homogeneidade dentro do grupo comparado àquele esperado pelo acaso. Assim, quando toda comunidade do grupo é idêntica, “A” atinge seu valor máximo de 1. Se a heterogeneidade dentro dos grupos iguala aquela esperada pelo acaso, $A=0$, e se a heterogeneidade dentro dos grupos é mais que a esperada pelo acaso $A<0$. MRPP foi baseado em dados de abundância transformados logaritmicamente e coeficiente de Bray-Curtis.

O método do valor indicador (IndVal; Dufrêne e Legendre, 1997) foi usado para detectar e descrever o valor de diferentes espécies para discriminar locais. Análises foram baseadas em dados de abundância brutos. IndVal é baseado em uma comparação de abundância relativa e frequência relativa de táxons em diferentes grupos *a priori* (i.e. planaltos). O valor indicador de uma espécie varia de 0 a 100, e atinge seu valor máximo quando todos os indivíduos de uma espécie ocorrem em todos locais dentro de um simples grupo (Dufrêne e Legendre, 1997). Para testar a significância do valor indicador para cada espécie foi utilizado o procedimento de aleatorização de Monte Carlo com 1.000 permutações.

Riqueza de espécies, MRPP, IndVal, DCA e CCA foram computados usando o programa PC-Ord® 5.0 (McCune e Mefford, 1999). Análise de variância foi realizada usando o *software* Statistica 7.0TM. O nível de significância estatística adotado para os testes foi de 5%.

RESULTADOS

Amostra de Oligochaeta

Durante o estudo, um total de 12.780 espécimes de Oligochaeta foi registrado, pertencentes a 25 espécies e Enchytraeidae. As famílias registradas foram Enchytraeidae (espécies não-identificadas), Opisthocystidae (uma espécie), Alluroididae (uma espécie), Tubificidae (cinco espécies) e Naididae (18 espécies) (Tabela II).

Riqueza de espécies

A riqueza de espécies diferiu significativamente entre os trechos (ANOVA; $F=30,09$; $p<0,01$) (Figura 2). Pressupostos da Anova foram encontrados (Shapiro-Wilk: $p<0,05$; Levene: $p<0,05$). Os maiores valores de riqueza foram registrados no trecho pertencente ao Primeiro Planalto (BN: média= 9,3; desvio-padrão= 4,2) e os menores foram registrados nos trechos pertencentes ao Terceiro Planalto (FC, RI, SU, CLM, CA e FI: média dos trechos = 2,2; desvio-padrão= 1,8).

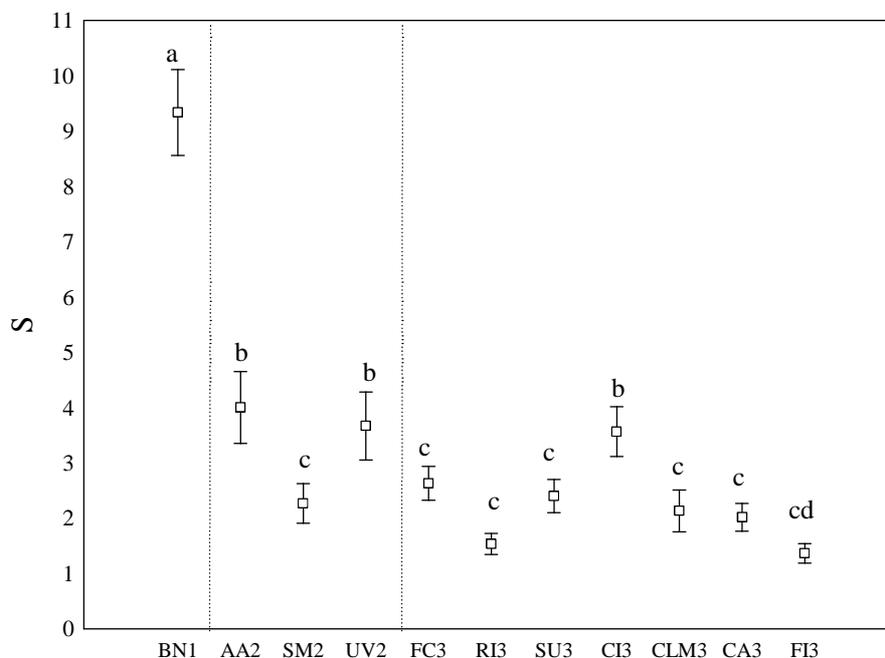


Figura 2. Média e erro-padrão da riqueza de espécies da assembleia de Oligochaeta nos distintos trechos do rio Iguazu. Ver legenda na Tabela I.

Tabela II. Abundância Relativa* (média de cada trecho) das espécies de Oligochaeta coletadas nas 11 estações do rio Iguaçu. Ver legenda na Tabela I. Espécies com abreviaturas foram utilizadas na CCA.

Espécies		BN1	AA2	SM2	UV2	FC3	RI3	SU3	CI3	CLM3	CA3	FI3
Tubificidae												
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i> (Claparede, 1862)	<i>L. hoff</i>	3	1	1	1	1			1		1	
<i>Branchiura sowerbyi</i> (Beddard, 1892)	<i>B. sow</i>	3	1	1		1	1				1	
<i>Paranadrilus descolei</i> (Gavrilov, 1955)	<i>P. des</i>	1			1							
<i>Bothrioneurum americanum</i> (Beddard, 1894)	<i>Bo. ame</i>	2		1								
<i>Aulodrilus pigueti</i> (Kowalewski, 1914)	<i>A. pig</i>	1	1	1	1				1	1		1
Naididae												
<i>Pristina americana</i> (Cernosvitov, 1937)	<i>P. ame</i>	2	1	1	2	2	1	2	2	2	2	1
<i>P. macrochaeta</i> (Stephenson, 1931)	<i>P. mac</i>		1		1	1		1	1		1	
<i>P. osborni</i> (Walton, 1906)	<i>P. osb</i>		1			1	1	1				
<i>P. aequiseta</i> (Bourne, 1891)	<i>P. aeq</i>	1			1	1	1	1	1	1	1	1
<i>P. leidy</i> (Smith, 1896)	<i>P. lei</i>	1	1		1			1	1	1	1	
<i>Stephensoniana trivandrana</i> (Aiyer, 1926)	<i>S. tri</i>	2	1	1	1				2	1	1	1
<i>Bratislavia. Unidentata</i> (Harman, 1973)	<i>B. uni</i>				1							
<i>Nais communis</i> (Piguet, 1906)	<i>N. com</i>	1	1		1	2	1	1	2	2	2	1
<i>Allonais paraguayensis</i> (Michaelsen, 1905)		1										
<i>Dero (Aulophorus) borellii</i> (Michaelsen, 1900)	<i>DA. bor</i>	1	1		1							
<i>D. (A.) costatus</i> (Marcus, 1944)	<i>DA. cos</i>	2										
<i>Chaetogaster diastrophus</i> (Gruithuisen, 1828)	<i>C. dia</i>	1						1	1			
<i>Slavina evelinae</i> (Marcus, 1942)	<i>S. eve</i>	1			1				1			
<i>Haemonais walvogeli</i> (Bretscher, 1900)		1							1			
<i>Dero (Dero) digitata</i> (Müller, 1773)	<i>DD. dig</i>	3	1	1	1	1			1			
<i>D. (D.) multibranchiata</i> (Steiren, 1892)	<i>DD. mul</i>	2	1						1			
<i>D. (D.) sawayai</i> (Marcus, 1943)	<i>DD. saw</i>	2	1		1	1	1	1	1	1		1
<i>D. (D.) righii</i> (Varela, 1990)										1		1
Alluroididae												
<i>Brinkhurstia americana</i> (Brinkhurst, 1964)	<i>Br. ame</i>									1	1	
Opistocystidae												
<i>Opistocysta funiculus</i> (Cordero, 1948)	<i>O. fun</i>	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Enchytraeidae												
	<i>Enc</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

* Classes de abundância: 1 = <100 indivíduos por metro quadrado (ind.m⁻²); 2 = 101-1.000 ind.m⁻²; 3 = 1.001-10.000 ind.m⁻².

Variação na composição da assembleia de Oligochaeta e sua relação com as variáveis ambientais

A Análise de Correspondência Canônica (CCA; ter Braak, 1986) determinou gradientes espaciais e estimou a influência das variáveis ambientais na composição da assembleia de Oligochaeta (Figura 3).

Somente os dois primeiros eixos canônicos foram retidos para interpretação. A variância total explicada pela CCA foi de 27%. Os escores do eixo 1 (19,9% variância, autovalor=0,32) descreveram um gradiente leste-oeste, com as estações do Primeiro Planalto registrando altos valores de condutividade, nitrogênio, lama e altitude e altas abundâncias de espécies da família Tubificidae (*Limnodrilus hoffmeisteri*, *Branchiura sowerbyi*, *Bothrioneurum americanum*) e do gênero *Dero* (*Dero (Dero) multibranchiata*, *D. (D.) digitata*, *D. (D.) sawayai* e *Dero (Aulophorus) costatus*) (Tabela II). Nos Segundo e Terceiro Planaltos, os valores das variáveis foram diminuindo gradualmente, a temperatura aumentou e foram registradas maiores abundâncias de espécies da família Naididae. O gradiente geológico e climático, aliado ao alto contingente populacional no Primeiro Planalto e a cascata de reservatórios no Terceiro são os principais fatores que determinam a distribuição desse grupo no rio Iguaçu. Os escores do eixo 2 (7,1% variância, autovalor=0,11) separaram o Primeiro Planalto e em menor grau o Segundo e Terceiros Planaltos. Essa aparente similaridade no eixo 2, provavelmente resulta da involução: uma proximidade no espaço de ordenação de extremos opostos de um gradiente, pela falta de espécies compartilhadas, em vez de uma similaridade na composição de espécies (Wartenberg *et al.*, 1987).

A avaliação da contribuição relativa dos fatores locais e regionais a variação explicada pela CCA sugere que fatores locais são a influência dominante no padrão observado da composição da assembleia de Oligochaeta (Tabela III). Os fatores locais com a maior contribuição ao modelo foram condutividade, tipo de substrato e temperatura (22,3%, 17,8% (grânulos+areia) e 15,6%, respectivamente, da variação explicada). A altitude contou por 20,4% da variação explicada (Tabela III). Em nossa análise da composição da assembleia, fatores regionais como altitude junto com os fatores de escala local, condutividade, tipo de substrato e temperatura explicaram juntamente a variação entre os planaltos. A CCA separou a assembleia de Oligochaeta dentro de grupos de planaltos significativamente diferentes (Figura 3; MRPP A=0,14; $p < 0,05$).

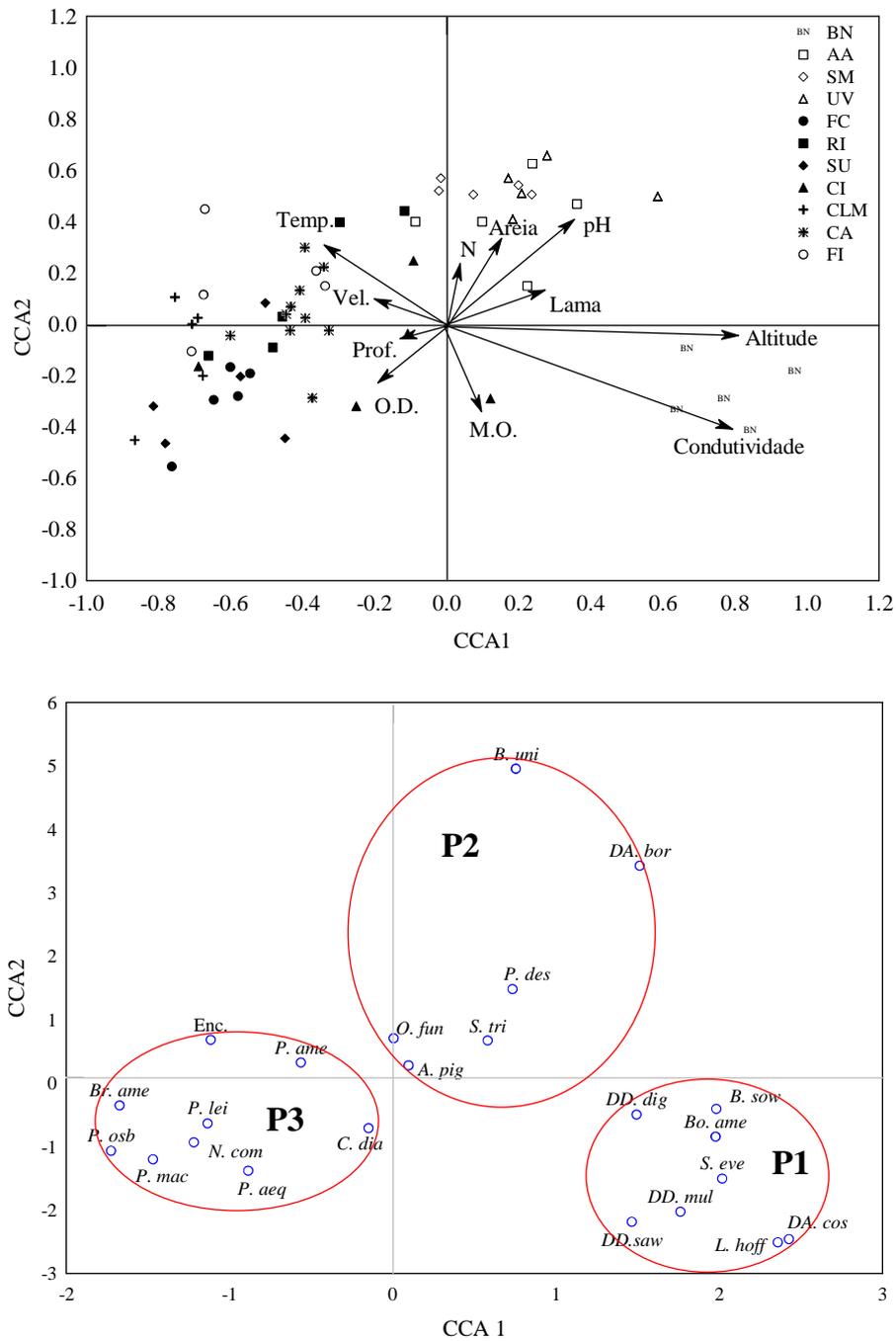


Figura 3. Ordenação dos ambientes amostrados e da assembleia de Oligochaeta com as variáveis ambientais usando Análise de Correspondência Canônica (CCA). Temp. Temperatura; Vel. Velocidade da corrente; Prof. Profundidade; O.D., Oxigênio Dissolvido; N, Nitrogênio Total; MO, Matéria Orgânica; P1: Primeiro Planalto; P2: Segundo Planalto; P3: Terceiro Planalto.

Tabela III. Ranks individuais e soma das variáveis ambientais significativas locais (L) e regional (R) baseadas na porcentagem de contribuição a variância explicada pela análise de correspondência canônica composta (CCA) (27%, ver resultados).

Variável (escala)	% contribuição	<i>P</i>
Condutividade (L)	22,3	0,001
Altitude (R)	20,4	0,001
Temperatura (L)	15,6	0,003
pH (L)	13,8	0,02
Areia (L)	10,2	0,001
MO (L)	10,1	0,001
Grânulos (L)	7,6	0,04
Local	79,6	
Regional	20,4	

Os trechos do rio Iguaçu foram caracterizados por 12 espécies indicadoras ($\alpha=0,05$) (Tabela IV). Dez espécies foram indicadoras do trecho superior, uma foi indicadora do médio (*Bratislavia unidentata*) e uma do inferior (*Brinkhurstia americana*). A maioria das espécies ocorreu quase que exclusivamente em uma região e tiveram altos valores indicadores. O grande número de espécies indicadoras no trecho superior e o teste estatístico do MRPP ($A=0,14$; $p<0,05$), utilizando os escores da CCA, indicaram que os diferentes trechos registraram diferença significativa na assembleia de Oligochaeta.

Tabela IV. Sumário da análise de espécies indicadoras mostrando as abundâncias relativas, frequências relativas e valores indicadores para os locais amostrados (P1=Primeiro Planalto, P2=Segundo Planalto e P3=Terceiro Planalto: somente espécies com valores significativos). Em negrito, valores indicadores significativos ($p<0,05$, teste de aleatorização de Monte Carlo).

Espécies	Abundâncias relativas			Frequências relativas			Valores indicadores		
	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
<i>Slavina evelinae</i>	93	5	1	100	7	3	93	0	0
<i>Haemonais waldvogeli</i>	96	0	4	40	0	3	38	0	0
<i>Allonais paraguayensis</i>	100	0	0	60	0	0	60	0	0
<i>Chaetogaster diastrophus</i>	95	0	5	60	0	8	57	0	0
<i>Dero (Dero) digitata</i>	84	13	3	100	47	8	84	6	0
<i>Dero (Dero) multibranchiata</i>	93	4	4	100	7	8	93	0	0
<i>Dero (Aulophorus) costatus</i>	100	0	0	40	0	0	40	0	0
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>	71	26	3	100	67	8	71	17	0
<i>Branchiura sowerbyi</i>	60	34	6	100	93	18	60	32	1
<i>Bothrioneurum americanum</i>	91	9	0	100	13	0	91	1	0
<i>Bratislavia unidentata</i>	0	100	0	0	32	0	0	32	0
<i>Brinkhurstia americana</i>	0	0	100	0	0	30	0	0	30

DISCUSSÃO

O número de espécies de Oligochaeta encontrado no rio Iguaçu (26) foi maior que em outros rios da bacia do alto rio Paraná – rios Baía (22) e Ivinhema (22) (Behrend *et al.*, 2009), rios Ivaí (20) e Piquiri (12) (Fernandes *et al.*, em prep.) e o alto rio Paraguai (22) (Marchese *et al.*, 2005).

A maior riqueza de espécies de Oligochaeta registrada nesse rio pode estar relacionada à heterogeneidade ambiental produzida ao longo de milhões de anos, uma vez que esse rio é cortado por três planaltos formados por rochas de tempos geológicos diferentes (Merenda 2004) e ao impacto antropogênico. Enquanto a mudança geológica ao longo do rio Iguaçu pode ter criado diferentes micro-habitats no fundo (lamoso, arenoso ou rochoso), a poluição humana pode ter propiciado a entrada de recursos alimentares, favorecendo a maior riqueza de espécies de Oligochaeta. Segundo Vinson e Hawkins (1998), o aumento na riqueza de invertebrados em rios é diretamente proporcional a diversidade de condições de uma localidade.

Há a tendência de que a riqueza de macroinvertebrados aumente com a área da bacia ou com o comprimento do rio, uma vez que áreas a jusante podem agir como poços para indivíduos trazidos de áreas fonte a montante (Allan, 1975ab; Perry e Schaeffer, 1987; Jacobsen, 1997). Entretanto, isto não ocorreu no presente estudo, visto que o Primeiro Planalto, que recebe a descarga de esgotos de um grande contingente populacional, registrou a maior riqueza de espécies.

A entrada de esgoto urbano pode ter favorecido a maior riqueza de espécies de Oligochaeta no Primeiro Planalto, uma vez que esses organismos são comumente relacionados a ambientes com baixa qualidade de água (Diaconu e Risnoveanu, 1993). Contudo, a importância histórica desse planalto também deve ser considerada, uma vez que ele é o mais antigo e muitas espécies podem estar colonizando-o há bastante tempo. Thienemamm (1954) enfatiza que quanto mais tempo uma localidade tem estado na mesma situação, mais rica e mais estável é sua comunidade, corroborando os resultados desse estudo.

A menor riqueza de espécies foi registrada nos trechos pertencentes ao Terceiro Planalto, localizados ao longo da cascata de reservatórios. O rápido aumento numérico de barragens tem causado grande perda de habitats de água doce, principalmente cachoeiras, corredeiras e áreas inundáveis (Johnson *et al.*, 2001). A construção de barragens pode causar efeitos negativos sobre a biodiversidade aquática, porque o padrão sazonal natural ao qual a

fauna tem se tornado adaptada é alterado e o caminho de migração sazonal normal está bloqueado (Rosenberg *et al.*, 2000; Santucci *et al.*, 2005). Callisto *et al.* (2005) verificaram que reservatórios em cascata causam mudanças significativas no contínuo original do rio, alterando a heterogeneidade térmica, a conectividade, os teores de matéria orgânica particulada fina e grossa, e que essas mudanças podem levar a efeitos significativos nas comunidades de macroinvertebrados, causando perda de diversidade aquática. Esses fatores, associados com distribuição agregada e a relativamente pouca mobilidade das espécies de *Oligochaeta* são o motivo pelo qual os trechos pertencentes ao Terceiro Planalto registraram os menores valores de riqueza nesse estudo.

Os recentes estudos têm mostrado que a riqueza de espécies não é somente controlada por fatores locais (competição, produtividade, estresse), mas também por processos de escala regional, como dispersão e eventos históricos (Angemeier e Wiston, 1998; Shurin *et al.*, 2000, Heino *et al.*, 2003). A dispersão é um importante processo regional que pode limitar comunidades locais (Bohonak e Jenkins, 2003). A importância da limitação da dispersão, provavelmente, aumenta com a distância geográfica e, portanto, espécies com baixa dispersão tendem a ser diferentes ao longo de grandes gradientes (Palmer *et al.*, 1996). Grupos com pequena capacidade dispersiva, como *Oligochaeta*, geralmente, são influenciados pela composição da assembleia de locais vizinhos. A colonização local desse grupo está relacionada à sua capacidade de reproduzir-se assexuadamente (Learner *et al.*, 1978; Smith, 1986) e produzir casulos enterrados no sedimento (Birtwell e Arthur, 1980; Lazim *et al.*, 1989) que podem suportar as adversidades impostas por eventos catastróficos (por exemplo, cheia e seca). A dispersão pode, assim, agir como uma força estruturadora, pelo qual locais conectados intimamente, por um fluxo constante de indivíduos, abrigam assembleias mais similares que locais mais distantes (Cottenie *et al.*, 2003), como o observado nesse estudo, em que as assembleias do Primeiro Planalto, do Segundo e do Terceiro foram similares dentro dos mesmos, diferindo entre eles.

A presença e abundância de organismos em um local é o resultado da ação de vários filtros de múltiplas escalas, incluindo tanto limites ecológicos quanto históricos, variando de escalas de paisagem a de micro-habitat (Poff, 1997). Vários estudos têm procurado identificar os padrões de distribuição de macroinvertebrados em grandes áreas geográficas (Marchant *et al.*, 1995; Kay *et al.*, 1999, 2001) e em pequenas escalas (Ormerod e Edwards, 1987; Graça *et al.*, 1989), revelando a forte relação entre biota aquática e variáveis ambientais. Sendo assim, separar as influências de fatores locais e regionais é um pré-requisito para um entendimento

compreensivo dos processos que formam a estrutura da assembleia (Shurin *et al.*, 2000; Heino *et al.*, 2003; Sandin e Johnson, 2004).

Para entender essas influências sobre a composição da assembleia de Oligochaeta foi performada uma CCA. A CCA revelou que a assembleia de Oligochaeta foi determinada primariamente por fatores ambientais locais (condutividade, tipo de substrato e temperatura) e regional (altitude) e secundariamente por regulação do rio e ocupação humana. O fato das variáveis ambientais locais terem explicado a maior variância na composição da assembleia de Oligochaeta é consistente com os resultados de estudos anteriores com macroinvertebrados (Sandin e Johnson, 2004; Death e Joy, 2004, Mykra *et al.*, 2007; Puntí *et al.*, 2009).

Embora a distribuição de Oligochaeta seja afetada por um número de variáveis interagindo mutuamente, esse grupo é diretamente relacionado ao tipo de substrato (Sauter e Gude; 1996; Takeda *et al.*, 2001; Verdonschot, 2001; Bletter *et al.*, 2009) e as características hidromorfológicas (Martínez-Ansemil e Colado, 1996; Takeda *et al.*, 2001; Bletter *et al.*, 2009). A habilidade de Oligochaeta crescer e se desenvolver nos ambientes lóticos é resultado de uma complexa série de interações entre a hidrologia, qualidade da água e fatores bióticos (Verdonschot, 2001). A influência da hidrologia e fatores físicos e químicos sobre Oligochaeta aquática tem sido estudada por muitos autores (Prenda e Gallardo, 1992; Martínez-Ansemil e Collado, 1996; Verdonschot, 2001).

A maioria dos fatores físicos e químicos é definida por geologia, geomorfologia e clima, mas ecossistemas aquáticos podem também ser afetados por atividade humana. A regulação do rio, ocasionada pela construção de reservatórios em cascata, pode causar profundas mudanças físicas, químicas e biológicas (Barbosa *et al.*, 1999; Nogueira *et al.*, 2002). Nesse estudo foram registradas as maiores concentrações de condutividade e variáveis relacionadas, como nutrientes e material em suspensão, no trecho pertencente ao Primeiro Planalto e os menores no Terceiro (a partir do primeiro reservatório da cascata). Isso pode ser explicado pelo Conceito de Continuidade em Cascata de Reservatórios (Barbosa *et al.*, 1999), que suporta que em rios com reservatórios em série essas variáveis são maiores no trecho superior (“gradiente invertido”), contrariando o Conceito de Continuidade Fluvial (RCC; Vanote *et al.*, 1980), em que as maiores concentrações de nutrientes e matéria orgânica estão nos trechos inferiores. Schenková e Helesic (2006) verificaram que a composição da assembleia de Oligochaeta reflete o estado e mudança da atividade humana, o que também foi verificado nesse estudo com as mudanças marcantes na assembleia ao longo do rio Iguazu, desde o seu trecho com baixa qualidade de água no Primeiro Planalto até a cascata de reservatórios no Terceiro Planalto.

A mudança na composição da assembleia de Oligochaeta ao longo do rio Iguaçu foi caracterizada pela alta abundância de táxons tolerantes à baixa qualidade de água no Primeiro Planalto, como as espécies *Limnodrilus hoffmeisteri*, *Branchiura sowerbyi*, *Bothrioneurum americanum*, *Dero (Dero) digitata*, *Dero (Dero) multibranchiata* e *Dero (Aulophorus) costatus*, que se alimentam de matéria orgânica particulada. A baixa qualidade de água e a alta abundância de Oligochaeta têm por longo tempo sido estudada (Milbrink, 1980, Slepukhina, 1984; Diaconu e Risnoveanu, 1993). Certas espécies de oligoquetas aquáticas são abundantes em águas poluídas organicamente, por causa da falta de competição e elevado suprimento de comida, aliada à tolerância às condições de oxigênio reduzidas (Brinkhurst e Jamieson, 1971; Brinkhurst *et al.*, 1983). Algumas espécies de Tubificidae são boas indicadoras de condições ambientais relacionadas à poluição orgânica e baixo nível de concentração de oxigênio de lagos e rios (Chapman *et al.*, 1982; Brinkhurst e Gelder, 1991), assim como espécies do gênero *Dero* (Martin, 1996). Verdonschot (2001) sugere que muitas espécies de Oligochaeta podem ser consideradas indicadoras de hábitat específicos.

Essas espécies foram abundantes no Primeiro Planalto, diminuindo suas abundâncias ao longo do rio Iguaçu, principalmente nos trechos abaixo dos reservatórios. Dumnicka (1996) verificou que as primeiras oligoquetas a serem eliminadas abaixo de reservatórios foram Tubificidae, provavelmente, pela perda de habitats apropriados com a siltação nas seções com baixa corrente ocasionadas pela construção de barragens.

Nos Segundo e Terceiro Planaltos, houve o predomínio de poucas espécies, com aumento na ocorrência de espécies da família Naididae abaixo dos reservatórios. *Bratislavia unidentata* (Naididae) foi indicadora do Segundo Planalto e *Brinkhurstia americana* (Alluroididae) do Terceiro. Segundo Armitage (1978) e Dumnicka (1987), Naididae compreende considerável parte da fauna do sedimento abaixo de reservatórios. Isso deve estar relacionado: i) à alta produtividade primária de fitoplâncton registrada em reservatórios desse rio (Train *et al.*, 2005), uma vez que essa família é conhecida por se alimentar principalmente desse tipo de alimento (Brinkhurst e Gelder, 1991) e ii) à adaptabilidade aos distúrbios causados por reservatórios (Voshell e Simons, 1984), pois essa família possui alta taxa reprodutiva e se desenvolve rapidamente (Soster e McCall, 1990). A presença de *B. americana* no Terceiro Planalto é explicada pela presença de reservatórios, uma vez que a ocorrência de Alluroididae é comumente relatada a ambientes lênticos (Omodeo e Coates, 2001).

Os resultados desse estudo demonstraram que o rio Iguaçu é um rio complexo, cuja comunidade biótica foi relacionada às características ambientais. No entanto, foi difícil

distinguir claramente entre os efeitos dos fatores naturais e dos distúrbios antropogênicos. Enquanto o rio tem um gradiente longitudinal distinto em elevação, e as características hidrogeológicas tem forte influência na assembleia de Oligochaeta, os resultados sugerem que a regulação do rio e a ocupação humana também influenciaram a abundância e a distribuição desse grupo (da assembleia de Oligocheta) por afetar a descarga e introduzir sedimentos finos (areia e lama). Rios em diferentes regiões são, por exemplo, afetados pelas diferentes variações climáticas e padrões do uso da terra que grandemente determinam suas estruturas da assembleia (Heino *et al.*, 2002). Condições abióticas podem também variar amplamente dentro das regiões, assim induzindo variação na estrutura da assembleia, até mesmo entre locais vizinhos (Heino *et al.*, 2003; Finn e Poff, 2005).

A riqueza e a composição da assembleia de Oligochaeta do rio Iguçu são explicadas por fortes gradientes ambientais. O primeiro, influenciado pelas variáveis ambientais locais como condutividade, composição do substrato e temperatura e regional como altitude e, o segundo, pela regulação do rio e pela ocupação humana. Isso pode ser visto como um gradiente leste-oeste (da nascente à foz do rio Iguçu), com um distinto gradiente geomorfológico, além de forte influência antrópica no Primeiro (ocupação humana) e Terceiro Planaltos (cascata de reservatórios).

Nesse estudo foi mostrado que há uma mudança gradual na composição da assembleia de Oligochaeta, assim como nas variáveis ambientais relatadas a esse gradiente ambiental e antropogênico. Os resultados aqui obtidos servirão de subsídio para planejamentos de medidas de manejo e conservação, implementação de programas de biomonitoramento de grande escala e predições de como alterações humanas afetarão os ecossistemas de águas correntes.

REFERÊNCIAS

- Allan JD. 1975a. The distribution ecology and diversity of benthic insects in Cement Creek, Colorado. *Ecology* **56**:1040–53.
- Allan JD. 1975b. Faunal replacement and longitudinal zonation in an alpine stream. *Verh International Verein Limnology* **19**:1646–52.
- Allan JD. 1995. *Stream ecology. Structure and function of running waters*. Chapman & Hall, London.
- Angermeier PL, Winston MR. 1999. Characterizing fish community diversity across Virginia landscapes: prerequisite for conservation. *Ecological Applications* **9**: 335–349.
- Armitage PD. 1978. Downstream changes in the composition, numbers and biomass of bottom fauna in the Tees below Cow Green Reservoir and in an unregulated tributary Maize Beck, in the first five years after impoundment. *Hydrobiologia* **58**: 145-156. DOI 10.1007/BF00007996
- Armitage PD. 1984. Environmental changes induced by stream regulation and their effects on lotic macroinvertebrates communities. In *Regulated Rivers*, Lillehammer A, Satveit SJ (eds). Universitetsforlaget AS: Oslo; 139-165.
- Barbosa FAR, Padisák J, Espíndola ELG, Borics G, Rocha O. 1999. The Cascading Reservoir Continuum Concept (CRCC) and its application to the river Tietê-Basin, São Paulo State, Brazil. In *Theoretical Reservoir Ecology and its Applications*, Tundisi JG, Straskraba M (eds). International Institute of Ecology, Brazilian Academy of Sciences and Backhuys Publishers: São Carlos; 425–437.
- Behrend RDL, Fernandes SEP, Fujita DS, Takeda AM. 2009. Eight years of monitoring aquatic Oligochaeta from the Baia and Ivinhema Rivers. *Brazilian Journal of Biology* **69** (2): 559-571. DOI 10.1590/S1519-69842009000300011
- Birtwell JK, Arthur DR. 1980. The ecology of tubificids in the Thames Estuary with particular reference to *Tubifex costatus* (Claparede). In *Aquatic Oligochaete Biology*, Brinkhurst, RO, Cook DG (eds). Plenum Press: New York; 331-381.
- Bletter M, Amsler M, Ezcurra de Drago I, Marchese M. 2008. Effects of stream hydraulics and other environmental variables on density of *Narapa bonettoi* (Oligochaeta) in the Paraná River system. *River Research and Applications* **24**: 1124-1140. DOI 10.1002/rra.1115
- Bohonak AJ, Jenkins DG. 2003. Ecological and evolutionary significance of dispersal by freshwater invertebrates. *Ecology Letters* **6**: 783–796. DOI 10.1046/j.1461-0248.2003.00486.x
- ter Braak, CJF. 1986. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology* **67**: 1167–1179.
- Brinkhurst RO, Jamieson BGM. 1971. *Aquatic Oligochaeta of the World*. Oliver e Boyd: Edinburgh, 860p.
- Brinkhurst RO. 1983. Taxonomical studies on the Tubificidae (Annelida: Oligochaeta). *Internationale Revue der Gesamten Hydrobiologie* **2**: 1-89.

- Brinkhurst RO, Gelder SR. 1991. Annelida: Oligochaeta and Branchiobdellida. In *Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates*, Thorp JH, Covich AP (eds). Academic Press: San Diego; 401-433.
- Brinkhurst RO, Marchese MR. 1991. *Guia para la identificacion de oligoquetos acuáticos continentales de Sud y Centro America*. Santo Tomé: Asociacion de Ciencias Naturales del Litoral; 207 p.
- Brosse S, Arbuckle CJ, Townsend CR. 2003. Habitat scale and biodiversity: influence of catchment, stream reach and bedform scales on local invertebrate diversity. *Biodiversity and Conservation* **12**: 2057–2075. DOI 10.1023/A:1024107915183
- Callisto M, Goulart M, Barbosa FAR, Rocha O. 2005. Biodiversity assessment of benthic macroinvertebrates along a reservoir cascade in the lower São Francisco River (Northeastern Brazil). *Brazilian Journal of Biology* **65** (2): 229-240. DOI 10.1590/S1519-69842005000200006
- Chapman PM, Farrell, MA, Brinkhurst RO. 1982. Relative tolerances of selected aquatic oligochaetes to individual pollutants and environmental factors. *Aquatic Toxicology* **2**: 47-67. DOI 10.1016/0166-445X(82)90005-4
- Cottenie K, Michels E, Nuytten N, De Meester L. 2003. Zooplankton metacommunity structure: regional vs. local processes in highly interconnected ponds. *Ecology* **84**: 991–1000.
- Cottenie K. 2005. Integrating environmental and spatial processes in ecological community dynamics. *Ecology Letters* **8**: 1175–1182. DOI 10.1111/j.1461-0248.2005.00820.x
- Death RG, Joy MK. 2004. Invertebrate community structure in streams of the Manawatu-Wanganui region, New Zealand: the roles of catchment versus reach scale influences. *Freshwater Biology* **49**: 982–997. DOI 10.1111/j.1365-2427.2004.01243.x
- Diaconu AV, Risnoveanu G. 1993. Changes of the structure and functioning of the benthic oligochaete communities from the Danube delta aquatic ecosystems (1976-1982). *Revue Roumanie de Biologie* **2**: 171-179.
- Dufrêne M, Legendre P. 1997. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs* **67**: 345–366.
- Dumnicka E. 1987. The effect of dam reservoirs on oligochaete communities in the River Dunajec (Southern Poland). *Acta Hydrobiologica* **29**: 25-34.
- Dumnicka E. 1996. Upstream-downstream movement of macrofauna (with special reference to Oligochaetes) in the River Raba below a reservoir. *Hydrobiologia* **334**: 193-198. DOI 10.1007/BF00017369.
- Elliot JM. 1987. Temperature-induced changes in the life cycle of *Leuctra nigra* (Plecoptera: Leuctridae) from a Lake District stream. *Freshwater Biology* **18**: 177-184. DOI 10.1111/j.1365-2427.1987.tb01305.x
- Finn DS, Poff NL. 2005. Variability and convergence in benthic communities along the longitudinal gradients of four physically similar Rocky Mountain streams. *Freshwater Biology* **50**: 243-261. DOI 10.1111/j.1365-2427.2004.01320.x

- Fjellheim A, Havardstun J, Raddum GG, Schnell OA. 1993. Effects of increased discharge on the yearly productivity of benthic invertebrates in a regulated river. *Regulated Rivers: Research and Management* **8**: 179-187. DOI 10.1002/rrr.3450080120
- Gauch HG. 1982. *Multivariate analysis in community ecology*. Cambridge University Press: Cambridge.
- Graça MAS, Fonseca DM, Castro ST. 1989. The distribution of macroinvertebrate communities in two Portuguese rivers. *Freshwater Biology* **22**: 297-308. DOI 10.1111/j.1365-2427.1989.tb01103.x
- Heino J, Moutka T, Paavola R, Hämäläinen H, Koskenniemi E. 2002. Correspondence between regional delineations and spatial patterns in macroinvertebrate assemblages of boreal headwater streams. *Journal of the North American Benthological Society* **21**: 397-413.
- Heino J, Moutka T, Paavola R. 2003. Determinants of macroinvertebrate diversity in headwater streams: regional and local influences. *Journal of Animal Ecology* **72**: 425-434. DOI 10.1046/j.1365-2656.2003.00711.x
- Heino J, Mykra H, Kotanen J, Muotka T. 2007. Ecological filters and variability in stream macroinvertebrate communities: do taxonomic and functional structure follow the same path? *Ecography* **30**: 217-230. DOI 10.1111/j.0906-7590.2007.04894.x
- Henry R. 1999. *Ecologia dos reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais*. FAPESP-FUNDBIO: Botucatu; 800 p.
- Hill MO, Gauch HG. 1980. Detrended correspondence analysis: an improved ordination technique. *Vegetatio* **42**: 47-58.
- ITCF-Paraná. 1987. *Atlas do Estado do Paraná*. Secretaria de Estado da Agricultura e Abastecimento. 21p.
- Jacobsen D, Schultz R, Encalada A. 1997. Structure and diversity of stream macroinvertebrate assemblages: the influence of temperature with altitude and latitude. *Freshwater Biology* **38**: 247-261. DOI 10.1046/j.1365-2427.1997.00210.x
- Johnson N, Revenga C, Echeverria J. 2001. Managing water for people and nature. *Science* **292** (5519): 1071-1072. DOI 10.1126/science.1058821
- Jongman RHG, ter Braak CJF, van Tongeren OFR. 1995. *Data analysis in community and landscape ecology*. Cambridge University Press: Cambridge; 299p.
- Julio Jr HF, Bonecker CC, Agostinho AA. 1997. Reservatório de Segredo e sua inserção na bacia do Iguazu. In: *Reservatório de Segredo: bases ecológicas para o manejo*, Agostinho AA, Gomes LC (eds). EDUEM: Maringá; 1-17.
- Katano I, Negishi JN, Minagawa T, Doi H, Kawaguchi Y, Kayaba Y. 2009. Longitudinal macroinvertebrate organization over contrasting discontinuities: effects of a dam and a tributary. *Journal of the North American Benthological Society* **28** (2): 331-351. DOI 10.1899/08-010.1

- Kay WR, Halse SA, Scanlon MD, Smith MJ. 2001. Distribution and environmental tolerances of aquatic macroinvertebrate families in the agricultural zone of southwestern Australia. *Journal of the North American Benthological Society* **20**: 182–199. DOI 10.1046/j.1365-2427.1999.00432.x
- Kay WR, Smith MJ, Pinder AM, McRae JM, Davis JA, Halse SA. 1999. Patterns of distribution of macroinvertebrate families in rivers of north-western Australia. *Freshwater Biology* **41**: 299–316.
- Lazim MN, Learner MA, Cooper S. 1989. The importance of worm identity and life history in determining the vertical distribution of tubificids (Oligochaeta) in a riverine mud. *Hydrobiologia* **178**: 81–92. DOI 10.1007/BF00006115
- Learner MA, Lochhhead G, Hughes BD. 1978. A review of the biology of British Naididae (Oligochaeta) with emphasis on the lotic environment. *Freshwater Biology* **8**: 357–375. DOI 10.1111/j.1365-2427.1978.tb01457.x
- Maack R. 2002. *Geografia física do Estado do Paraná*. Imprensa Oficial: Curitiba; 442p.
- Marchant R, Barmuta LA, Chessman BC. 1995. Preliminary study of the ordination and classification of macroinvertebrate communities from running waters in Victoria, Australia. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research* **45**: 945–962.
- Marchese MR, Wantzen KM, Drago IE. 2005. Benthic invertebrate assemblages and species diversity patterns of the upper Paraguay River. *River Research and Applications* **21**: 485–499. DOI 10.1002/rra.814
- Martin P. 1996. Oligochaeta and Aphanoneura in ancient lakes: a review. *Hydrobiologia* **334**: 63–72. DOI 10.1007/BF00017354
- Martínez-Ansemil E, Collado R. 1996. Distribution patterns of aquatic oligochaetes inhabiting watercourses in the Northwestern Iberian Peninsula. *Hydrobiologia* **334**: 73–83. DOI 10.1007/BF00017355
- McCune B, Mefford MJ. 1999. *PC-ORD: Multivariate Analysis of Ecological Data* (Version 4). MJM Software Design, Gleneden Beach, Oregon.
- McCune B, Grace JB. 2002. *Analysis of Ecological Communities*. Gleneden Beach: Oregon; 300p.
- Merenda EA. 2004. *Caracterização ambiental da bacia do Rio Iguaçu e a da área de entorno do reservatório de Segredo*. Universidade Estadual de Maringá; 54p.
- Milbrink G. 1980. Oligochaete communities in pollution biology: the European situation with special reference to lakes in Scandinavia. In *Aquatic Oligochaete Biology* Brinkhurst RO.; Cook DG (eds). Plenum Press: New York; 433–455.
- Mykra H, Heino J, Muotka T. 2007. Scale-related patterns in the spatial and environmental components of stream macroinvertebrate assemblage variation. *Global Ecology and Biogeography* **16**: 149–159. DOI 10.1111/j.1466-8238.2006.00272.x

- Nogueira MG, Jorcin A, Vianna NC, Britto Y. 2002. Uma avaliação dos processos de eutrofização nos reservatórios em cascata do rio Paranapanema (SP/PR), Brasil. In *El agua en iberoamérica. De la limnológica a la gestión en Sudamérica*, Cirelli AF, Chalar GM (eds.). CYTED XVII – CETA: Buenos Aires; 91-106.
- Omodeo P, Coates KA. 2001. New alluroidids (Annelida, Clitellata) from Guyana. *Hydrobiologia* **463**: 39-47. DOI 10.1023/A:1013178902798
- Ormerod SJ, Edwards RW. 1987. The ordination and classification of macroinvertebrate assemblages in the catchment of the river Wye in relation to environmental factors. *Freshwater Biology* **17**: 533–546. DOI 10.1111/j.1365-2427.1987.tb01074.x
- Palmer MW. 1993. Putting things in even better order: the advantages of canonical correspondence analysis. *Ecology* **74**: 2215–2230.
- Palmer MA, Allan JD, Butman CA. 1996. Dispersal as a regional process affecting the local dynamics of marine and stream benthic invertebrates. *Trends in Ecology and Evolution* **11**: 322–326. DOI 10.1016/0169-5347(96)10038-0
- Pardo I, Campbell IC, Brittain JE. 1998. Influence of dam operation on mayfly assemblage structure and life histories in two south-eastern Australian streams. *Regulated Rivers: Research and Management* **14**: 285-295. DOI 10.1002/(SICI)1099-1646(199805/06)14:3<285::AID-RRR502>3.0.CO;2-6
- Perry JA, Schaeffer DA. 1987. The longitudinal distribution of riverine benthos: a river discontinuum? *Hydrobiologia* **148**: 257–68 DOI 10.1007/BF00017528
- Poff NL. 1997. Landscape filters and species traits: towards mechanistic understanding and prediction in stream ecology. *Journal of the North American Benthological Society*, **16**, 391–409.
- Prenda J, Gallardo A. 1992. The influence of environmental factors and microhabitat availability on the distribution of an aquatic oligochaete assemblage in Mediterranean River Basin. *Internationale Revue der Gesamten Hydrobiologie* **77** (3): 421–434.
- Puntí T, Rieradevall M, Prat N. 2009. Environmental factors, spatial variation, and specific requirements of Chironomidae in Mediterranean reference streams. *Journal of the North American Benthological Society* **28** (1): 247–265. DOI 10.1899/07-172.1
- Raddum GG. 1985. Effects of winter warm reservoir release on benthic stream invertebrates. *Hydrobiologia* **122**: 105-111. DOI 10.1007/BF00032096
- Righi, G. 1984. Oligochaeta. In: *Manual de Identificação de Invertebrados Límnicos do Brasil*, Schaden R (ed.). CNPQ – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico: Brasília; 48p.
- Rísnoveanu G, Vădineanu A. 2003. Long term functional changes within the Oligochaeta communities within the Danube River Delta, Romania. *Hydrobiologia* **506–509**: 399–405. DOI 10.1023/B:HYDR.0000008597.03953.89
- Rosenberg DM, McCully P, Pringle CM. 2000. Global-scale environmental effects of hydrological alterations: introduction. *Bioscience* **50** (9): 746-751.

- Rosin GC, Oliveira-Mangarotti DP, Takeda AM, Butakka CMM. 2009. Consequences of dam construction upstream of the Upper Paraná River floodplain (Brazil): a temporal analysis of the Chironomidae community over an eight-year period. *Brazilian Journal of Biology* **69** (2): 591-608. DOI 10.1590/S1519-69842009000300014
- Sandin L, Johnson RK. 2004. Local, landscape and regional factors structuring benthic macroinvertebrate assemblages in Swedish streams. *Landscape Ecology* **19**: 501-511. DOI 10.1023/B:LAND.0000036116.44231.1c
- Santucci VJ, Gephard SR, Pescitelli SM. 2005. Effects of multiple low-head dams on fish, macroinvertebrates, habitat, and water quality in the fox river, Illinois. *North American Journal of Fisheries Management* **25**: 975–992.
- Sauter G, Güde H. 1996. Influence of grain size on the distribution of tubificid oligochaete species. *Hydrobiologia* **334**: 97-101. DOI 10.1007/BF00017358
- Schenkova J, Helesic J. 2006. Habitat preferences of aquatic Oligochaeta (Annelida) in the Rokytná River, Czech Republic – a small highland stream. *Hydrobiologia* **564**: 117–126. DOI 10.1007/s10750-005-1713-0
- Shurin JB, Havel JE, Leibold MA, Pinel-Alloul B. 2000. Local and regional zooplankton species richness: a scale independent test for saturation. *Ecology* **81**: 3062–3073.
- Slepukhina TD. 1984. Comparison of different methods of water quality evaluation by means of oligochaetes. *Hydrobiologia* **115**: 183-186. DOI 10.1007/BF00027914
- Smith ME. 1986. The ecology of Naididae (Oligochaeta) from an alkaline bog stream: life history, patterns and community structure. *Hydrobiologia* **133**: 79-90. DOI 10.1007/BF00010805
- Sodré FF, Grassi MT. 2006. Changes in copper speciation and geochemical fate in freshwaters following sewage discharges. *Water, Air, and Soil Pollution* **178**:103–112.
- Sokal RR, Rohlf FJ. 1995. *Biometry*, 3rd edition. W.H. Freeman and Company: New York; 859 pp.
- Soster FM, McCall PL. 1990. Benthos response to disturbance in western Lake Erie: field experiments. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* **47**: 1970-1985.
- Stanford JA, Ward JV. 2001. Revisiting the serial discontinuity concept. *Regulated Rivers: Research & Management* **17** (4-5): 303-310. DOI 10.1002/rrr.659
- Takeda AM, Stevaux JC, Fujita DS. 2001. Effect of hydraulics, bed load grain size and water factors on habitat e abundance of *Narapa bonnetoi* Righi & Varela, 1983 of the Upper Parana River, Brazil. *Hydrobiologia* **463**: 241-248. DOI 10.1023/A:1013180430540
- Thienemann A. 1954. Ein drittes biozonotisches Grundprinzip. *Archiv fur Hydrobiologie* **49**: 421–422.
- Train S, Jati S, Rodrigues LC, Pivato BM. 2005. Distribuição espacial e temporal do fitoplâncton em três reservatórios da bacia do Rio Paraná. In *Biocenoses em reservatórios*:

Padrões espaciais e temporais, Rodriguez L, Thomaz SM, Agostinho AA, Gomes LC (eds). Editora Rima: São Carlos; 73-86.

Tundisi JG, Matsumura-Tundisi T, Calijuri MC. 1993. Limnology and management in Brazil. In: *Comparative reservoir limnology and water quality management*, Strakraba M, Tundisi JG, Duncan A (eds). Kluwer Academic: Dordrecht; 25-55.

Vannote RL, Minshall GW, Cummins KW, Sedell JR, Cushing CE. 1980. The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* **37**: 130–137.

Verdonschot PFM. 2001. Hydrology and substrates: determinants of oligochaete distribution in lowland streams (The Netherlands). *Hydrobiologia* **463**: 249-262. DOI 10.1023/A:1013132514610

Vinson MR, Hawkins CP. 1998. Biodiversity of stream insects: Variation at Local, Basin, and Regional Scales. *Annual Review of Entomology* **43**: 271–293.

Voshell Jr JR, Simmons Jr GM. 1984. Colonization and succession of benthic macroinvertebrates in a new reservoir. *Hydrobiologia* **112**: 27-39. DOI 10.1007/BF00007663

Ward JV, Stanford JA. 1979. Ecological factors controlling stream zoobenthos with emphasis on thermal modification of regulated streams. In *The ecology of regulated streams*, Ward JV, Stanford JA (eds). Plenum Publishing: New York.

Ward JV.; Stanford JA. 1983. The serial discontinuity concept of lotic ecosystems. In *Dynamics of Lotic Systems* Fontaine TD, Bartell SM (Eds). Ann Arbor Science Publishers Inc: Ann Arbor; 29-42.

Wartenberg D, Ferson S, Rohlf FJ. 1987. Putting things in order: a critique of detrended correspondence analysis. *The American Naturalist* **129**: 434–448.

Zimmerman GM, Goetz H, Mielke Jr PW. 1985. Use of improved statistical method for group comparisons to study effect of prairie fire. *Ecology* **66**: 606-611.