

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA COMPARADA

WELINTON SOUSA PALHIARINI

**ESTRUTURA DA COMUNIDADE DE COPÉPODES (CRUSTACEA:  
COPEPODA) EM UM GRADIENTE LONGITUDINAL AMBIENTAL NO  
SISTEMA RIO-PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO DO ALTO RIO PARANÁ**

Maringá, PR

2016

WELINTON SOUSA PALHIARINI

**ESTRUTURA DA COMUNIDADE DE COPÉPODES (CRUSTACEA:  
COPEPODA) EM UM GRADIENTE LONGITUDINAL AMBIENTAL NO  
SISTEMA RIO-PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO DO ALTO RIO PARANÁ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Comparada do Centro de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Biologia das Interações Orgânicas.

**Orientador:** Prof. Dr. Fábio Amodêo Lansac-Tôha

Maringá, PR

2016

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

P167e Palhiarini, Welinton Sousa, 1990-  
Estrutura da comunidade de copépodes (Crustacea: Copepoda) em um gradiente longitudinal ambiental no sistema rio-planície de inundação do alto rio Paraná / Welinton Sousa Palhiarini.-- Maringá, 2016.  
55f. : il.  
Dissertação (mestrado em Biologia Comparada)--Universidade Estadual de Maringá, Dep. de Biologia, 2016.  
Orientador: Prof. Dr. Fábio Amodêo Lansac-Tôha.  
1. Copépodes (Crustacea: Copepoda) - Comunidades, Ecologia de - Planície de inundação - Alto rio Paraná. 2. Zooplâncton de água doce - Comunidades, Ecologia de - Barragens - Planície de inundação - Alto rio Paraná. I. Universidade Estadual de Maringá. Departamento de Biologia. Programa de Pós-Graduação em Biologia Comparada.

CDD 23. ed. -595.34178209816  
NBR/CIP - 12899AACR/2

# FOLHA DE APROVAÇÃO

WELINTON SOUSA PALHIARINI

Estrutura da Comunidade de Copépodes (Crustacea: Copepoda) em um gradiente longitudinal ambiental no sistema rio-planície de inundação do alto rio Paraná

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Comparada do Centro de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Biologia das Interações Orgânicas pela Comissão Julgadora composta pelos membros:

## COMISSÃO JULGADORA

Prof. Dr. Fábio Amodêo Lansac-Tôha  
Universidade Estadual de Maringá (Presidente)

Dr. Luiz Felipe Machado Velho  
Universidade Estadual de Maringá

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Geziele Macio Alves  
Faculdade Ingá

Aprovado em: 31 de Maio de 2016.

Local de defesa: Anfiteatro Prof. Keshiyu Nakatani, Bloco G90, *campus* da Universidade Estadual de Maringá.

Dedico esse trabalho exclusivamente para Aparecida Mari Palhiarini (*In Memoriam*)

Minha avó que sempre me apoiou nas coisas que fiz, durante toda minha vida, e que sempre sonhava em ver onde estou agora. E que, infelizmente, na conquista da realização desse trabalho e as coisas boas que aconteceram durante o período desse estudo, ela não esteja mais presente. Certamente ficaria orgulhosa e me daria um abraço, do qual sinto tanta falta.

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus, por me dar forças nos momentos difíceis que passei, e realizações que aconteceram ao longo desse trabalho. A minha família que também esteve junto me acompanhando ao longo dessa jornada, sendo meu pilar de sustentação mais valioso. E a minha namorada, Helen Proença, que no período desse estudo apareceu para mim, e conquistou meu coração. E ela assim como minha família teve paciência comigo nas horas que precisei.

Gostaria de agradecer a algumas pessoas, dentre as muitas que me ajudaram a realizar esse trabalho. Em especial ao Prof. Dr. Fábio Amodêo Lansac-Tôha, por me orientar ao longo de todo período, mesmo no começo não tendo muita noção desse importante grupo chamado Zooplâncton, aceitou me orientar. Ajudando-me no que fosse preciso, para desempenhar minhas atividades como pós-graduando, me ensinando e tendo paciência, mediante minhas dificuldades, sendo sua orientação de extrema importância.

Ao Doutorando Diogo Castanho Amaral, que me ensinou a identificar e apreciar o quão importante são os copépodes. E também, todo auxílio prestado na realização do trabalho apresentado no Congresso Nacional de Limnologia em 2015. À Dr.<sup>a</sup> Claudia Costa Bonecker e ao Dr. Felipe Machado Velho, pelo suporte prestado durante o período que estive no laboratório, sempre buscando solução para os problemas. À Doutoranda Vanessa Tibúrcio e ao estagiário graduando Junior Bueno, que me ajudaram na análise das amostras em laboratório.

Às Doutorandas Louizi Braghin, Bia Almeida, ao Dr. Rodrigo Arrieira, a Pós-doutoranda Sybelle Bellay e ao Pós-doutorando Márcio José da Silveira, pela ajuda nas análises estatísticas e sugestão para realização desse trabalho. À Dr.<sup>a</sup> Leilane Schwind, a Mestranda Helen Proença, o Dr. Rodrigo e à Dr.<sup>a</sup> Luzia Cleide Rodrigues que contribuíram com considerações valiosas na escrita desse trabalho.

À Dr.<sup>a</sup> Susicley Jati, por entrar em contato com a Usina Hidrelétrica de Itaipu, e conseguir os dados climatológicos para este estudo e todo apoio durante o tempo que estive realizando minhas atividades. E aos amigos Diego Caetano, Sostenez Alexandre Vessaro, Mario Sérgio

Dainez e Douglas Souza, e aos colegas de trabalho do Laboratório de Zooplâncton e demais laboratórios, que contribuíram indiretamente para a realização da dissertação, bem como ações que me ajudaram ao longo do tempo que estive no laboratório.

Por fim, gostaria de agradecer ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Comparada (PGB) bem como seu corpo docente, por todo suporte. Ao CNPq pela concepção da bolsa de estudos, ao Coripa, novamente ao Dr. Felipe Machado Velho e Dr. Fábio Amodêo Lansac-Tôha, e demais colaboradores, por conceder a realização desse trabalho, graças ao projeto de Ilha Grande, financiado pelo CNPq.

Nenhum homem pode banhar-se duas vezes no mesmo rio...  
pois na segunda vez o rio já não é o mesmo,  
nem tão pouco o homem!

**(Heráclito de Efeso)**

## RESUMO

A construção de reservatórios tem se intensificado nas últimas décadas, principalmente devido ao aumento da demanda na geração de energia e abastecimento. Contudo, a instalação desses empreendimentos provoca alterações ambientais nos componentes bióticos e abióticos e causa redução dos pulsos de inundação nas planícies de inundação associadas aos rios represados. Em rios como os da bacia do rio Paraná, há uma série de reservatórios em cascata que ocasiona alterações nas variáveis ambientais. Dessa forma, a dinâmica nesse sistema é compreendida de acordo com o Conceito de Reservatórios Contínuos em Cascata (*The Cascading Reservoir Continuum Concept*). Dentre a comunidade zooplanctônica, os copépodes têm sido utilizados em diversos estudos que evidenciam a influência da construção de reservatórios nos ambientes aquáticos, pois a distribuição desses organismos é influenciada por fatores ambientais e apresentam resposta rápida as alterações ambientais devido ao seu curto ciclo de vida. Desse modo, os copépodes podem ser utilizados como bioindicadores para mensurar a qualidade ambiental dos ecossistemas. Além disso, por apresentarem movimentos migratórios, possuem grande abrangência não somente no rio represado, mas também nos ambientes adjacentes e tributários. A estrutura da comunidade de copépodes ao longo de rios tem sido constantemente estudada, com esses microcrustáceos no sistema rio-planície de inundação do alto rio Paraná, assim como a influência da cascata de reservatórios sobre os atributos dessa comunidade. Dessa forma, o estudo da estrutura da comunidade de copépodes nesse sistema, é importante para verificar e indicar os impactos no rio, ambientes adjacentes e tributários sob influência a montante da barragem de Porto Primavera. Esta dissertação foi composta por uma introdução geral e um artigo. A introdução geral abordou os principais problemas relacionados à construção de barragens sobre as comunidades aquáticas e, em especial, sobre a comunidade zooplanctônica, com ênfase aos copépodes. O artigo corresponde ao estudo realizado com a comunidade de copépodes no sistema rio-planície de inundação do alto rio Paraná, entre a barragem de Porto Primavera e o reservatório de Itaipu. Dessa forma, os atributos da comunidade de copépodes (abundância de organismos, riqueza e diversidade das espécies) foram avaliados ao longo de um gradiente longitudinal ambiental nesse sistema.

**Palavras-chave:** Zooplâncton. Barragem. Conceito de Reservatórios Contínuos em Cascata. Microcrustáceos. Variáveis ambientais.

## ***ABSTRACT***

The construction of reservoirs has intensified in recent decades, mainly due to increased demand in power generation and supply. However, the installation of these projects causes environmental change on biotic and abiotic components and cause reduction of flood pulses in floodplains associated with dammed rivers. In rivers like the Paraná River basin, there are a number of reservoirs in cascade that causes changes in environmental variables. Thus, the dynamic system that is understood according to the Continuum Concept Reservoir Cascade (CRCC). Among the zooplankton, copepods have been used in several studies that show the influence of the construction of reservoirs in aquatic environments because the distribution of these organisms is influenced by environmental factors and provide rapid response to environmental changes because of its short life cycle. Thus, the copepods can be used as bio-indicators to measure the environmental quality of ecosystems. Moreover, by presenting migratory movements, not only have great scope in the dammed river, but also in adjacent environments and tributaries. The copepod community structure along rivers has been continuously studied with these microcrustaceans the river-floodplain system of the upper Paraná River, as well as the influence of the cascade of reservoirs on the attributes of this community. Thus, the study of copepod community structure in this system, it is important to check and indicate the impact on the river, adjacent environments and tributaries under the influence upstream of the dam of Porto Primavera. This work consisted of a general introduction and an article. The general introduction addressed the main problems related to the construction of dams on aquatic communities and in particular on the zooplankton community, with emphasis on copepods. The Article corresponds to the study of the copepod community river-floodplain system in the upper Paraná River, between the dam of Porto Primavera and Itaipu reservoir. Thus, the attributes of the copepod community (abundance of organisms, richness and diversity of species) were evaluated along a longitudinal environmental gradient in this system.

***Keywords:*** Zooplankton. Dam. The Cascading Reservoir Continuum Concept. Microcrustaceans. Environmental Variables.

## SUMÁRIO

<b>Introdução Geral</b> .....	12
<b>Referências</b> .....	15
Estrutura da comunidade de copépodes (Crustacea: Copepoda) em um gradiente longitudinal ambiental no sistema rio-planície de inundação do alto rio Paraná .....	21
<b>1. Introdução</b> .....	24
<b>2. Materiais e Métodos</b> .....	26
2.1 Área de estudo .....	26
2.2 Amostragem de campo .....	28
2.3 Amostragem de parâmetros ambientais .....	28
2.4 Análise laboratorial .....	29
2.5 Análises estatísticas .....	29
<b>3. Resultados</b> .....	30
3.1 Caracterização das variáveis ambientais .....	30
3.2 Estruturação da comunidade de copépodes .....	32
<b>4. Discussão</b> .....	39
<b>5. Considerações Finais</b> .....	43
<b>Referências</b> .....	44

## Introdução Geral

As atividades humanas têm causado mudanças nos ambientes, que afetam a estrutura e a dinâmica das comunidades aquáticas (NEUMANN-LEITÃO e NOGUEIRA-PARANHOS, 1989; AGOSTINHO et al., 2007b; WINEMILLER et al., 2016). A construção de reservatórios é uma dessas atividades (CHANG et al., 2008), decorrente do aumento na demanda energética (AGOSTINHO, et al., 2002; THOMAZ e CUNHA, 2010) e abastecimento de água. Essas construções têm se intensificado no Brasil nas últimas décadas (AGOSTINHO et al., 2002; FERRAREZE e NOGUEIRA, 2011).

Os reservatórios são fontes de geração de energia, água potável, irrigação, assimilação de resíduos, controle do fluxo da água para navegação, proteção contra inundações e produção de peixes, sendo sua utilização voltada a atender às necessidades sociais, econômicas e naturais (KENNEDY et al., 2003).

É notável a ampla utilidade da construção de reservatórios, contudo esse empreendimento traz consigo grandes impactos para as comunidades aquáticas (LESSARD e HAYES, 2003), contribuindo significativamente para a modificação dos ecossistemas aquáticos (NAPIÓRKOWSKI e NAPIÓRKOWSKA, 2014). Os reservatórios criam um ecossistema com reduzida biota, alterando as condições hidráulicas e dinâmicas do rio, causando definhamento de ecossistemas regionais e trazendo consequências negativas para a planície de inundação a jusante (LIN, 2011). Provocam, ainda, a ausência de inundações e com isso ocorre à diminuição da conectividade entre os ambientes e a redução das áreas a serem inundadas, ameaçando a biodiversidade dos habitats (GUBIANI et al., 2007).

O pulso de inundação é um importante processo na manutenção da integridade de sistemas fluviais da planície de inundação (THOMS et al., 2000, WINEMILLER et al., 2016), atuando no transporte de nutrientes e biomassa para o rio e lagoas adjacentes, principalmente nos meses de inundação (SAUNDERS e LEWIS, 1988; AGOSTINHO et al., 1995). Desse modo, a ausência do pulso de inundação compromete a conectividade hidrológica entre as lagoas marginais e os rios, limitando o pulso hidrológico, devido a ação de contenção de água pela barragem (NADAI e HENRY, 2009).

Além do grande volume de água retido pela barragem, os materiais em suspensão também são bloqueados, acarretando na sedimentação da matéria em suspensão e no aumento da transparência da água a jusante do barramento (NAPIÓRKOWSKI et al., 2006), interrompendo a espiral de nutrientes (ELWOOD et al., 1980), e ainda pode causar a

formação de estratificação térmica e química (SERAFIM-JUNIOR *et al.*, 2016), afetando as comunidades aquáticas a jusante (LIN, 2011). Ressalta-se que os detritos são importantes para o desenvolvimento dessas comunidades (PALHIARINI e PAGOTTO, 2015).

Os rios quando estão sem interferência de reservatórios seguem a dinâmica segundo o Conceito do Rio Contínuo (*The River Continuum Concept*) (VANNOTE *et al.*, 1980), que descreve que em rios a montante, na nascente, possuem baixa quantidade das taxas fotossintéticas e material alóctone, e estes aumentariam com a distância e diâmetro do rio até a foz, com as lagoas marginais e tributários desaguando no rio principal e, desse modo, contribuindo com o incremento de espécies e nutrientes no rio. Além disso, as oscilações no nível do curso de água pelas cheias geram interações entre as lagoas de planície de inundação, com períodos de seca e cheia bem definidos (JUNK *et al.*, 1989).

Após a construção de barragens, a bacia hidrográfica sofre profundas modificações (ZAGANINI *et al.*, 2011). Contudo, as comunidades aquáticas e os nutrientes poderiam apresentar condições similares no rio, antes da construção de barragem, contanto que as lagoas marginais e os tributários contribuam para o incremento de espécies e nutrientes, segundo o Conceito da Descontinuidade Serial (*Serial Discontinuity Concept*) (WARD e STANFORD, 1995, 2001).

Entretanto, a bacia hidrológica do rio Paraná, onde está inserida a área de estudo, possui mais de 145 reservatórios (AGOSTINHO *et al.*, 2007a). Diante da complexidade dos contínuos barramentos nesse sistema, o Conceito de Reservatórios Contínuos em Cascata (*Cascading Reservoir Continuum Concept*) (BARBOSA *et al.*, 1999), complemento aos dois conceitos citados anteriormente, encaixa-se melhor na explicação dessa bacia. Segundo esse conceito, cada tipo de reservatório apresenta diferenças em suas comunidades, contudo, estão interligadas unidirecionalmente, no sentido montante para jusante. Dessa forma, estudos que relacionem a influência de barragens sobre as comunidades aquáticas são de grande importância ecológica, sobretudo, envolvendo a comunidade planctônica.

Pelo fato de as variáveis ambientais sofrerem alterações pela instalação de barragens, fatores como turbidez, fonte de nutrientes, química da água e temperatura são importantes para o monitoramento de organismos planctônicos, pelas suas diferentes respostas a essas variações ambientais (SHIEL *et al.*, 1982). Assim como as outras comunidades aquáticas, a comunidade zooplânctônica tem sido considerada relevante em diversos estudos realizados em rios, pois sua distribuição é influenciada pela tolerância aos fatores ambientais (MARNEFFE *et al.*, 1998; SIMÕES *et al.*, 2012), tendo em vista que a estruturação da

comunidade pode inferir sobre processos de degradação nos ambientes (BONECKER et al., 2013).

Outros fatores ambientais como, por exemplo, força da correnteza, vento e predação, também influenciam a distribuição da comunidade zooplanctônica em sistemas aquáticos, sendo algumas dessas condições ambientais controladas pelo regime hidrológico (BETSILL e VAN DEN AVYLE, 1994). Dessa forma, as interações entre os componentes bióticos e abióticos podem promover a distribuição heterogênea do zooplâncton em reservatórios (NOGUEIRA, 2001). Isso se deve à rápida resposta dessa comunidade às alterações nas condições físicas e químicas da água, e também devido a sua elevada taxa de reprodução e crescimento (PERBICHE-NEVES e SERAFIM-JÚNIOR, 2007).

Dentre a comunidade zooplanctônica estão presentes os copépodes, que apresentam grande ocorrência em todos os tipos de ambientes de água doce (ARAK e MOKASHE, 2014). Esses microcrustáceos têm papel relevante em ecossistemas aquáticos, por realizarem a ciclagem de nutrientes, predando bactérias, fitoplâncton e outros organismos planctônicos, apresentando, assim, grande importância no fluxo de energia e biomassa, contribuindo significativamente como recurso alimentar para peixes e outros invertebrados (BLETTLER e BONECKER, 2007). Além disso, esses organismos não apenas transferem sua energia e matéria de níveis primários para secundários da cadeia alimentar, mas também transformam detritos em alimento palatável para os outros níveis da cadeia trófica (MAJAGI e VIJAYKUMAR, 2009).

Os copépodes podem ser utilizados como indicadores ecológicos, com a finalidade de entender a interação de processos físicos e químicos, devido ao fato de responderem às mudanças físicas do habitat com rapidez (SIMÕES et al., 2008). Apresentam excelente natalidade dentro da comunidade zooplanctônica (JIANG et al., 2002), e sua distribuição nos vários ambientes aquáticos continentais é ampla (LANSAC-TÔHA et al., 2004). Isso se deve ao constante intercâmbio de sua fauna em zonas litorâneas e limnéticas nas lagoas, rios e canais, ocasionado pela variação do nível da água e pela conectividade desses ambientes (CASANOVA e HENRY, 2004).

Vários autores estudaram a influência da barragem ao longo de um eixo longitudinal sobre a comunidade zooplanctônica (NEUMANN-LEITÃO e NOGUEIRA-PARANHOS, 1989; URABE, 1989; BETSILL e VAN DEN AVYLE, 1994; SEDA e DEVETTER, 2000; KRYLOV, 2004; NAPIÓRKOWSKI et al., 2006; POCIECHA e HEESE, 2007; CHANG et al., 2008; PERBICHE-NEVES et al., 2012; GRABOWSKA et al., 2013), microcrústaceos (BLETTLER e BONECKER, 2007; SIMÕES et al., 2008) e especificamente sobre os

copépodes (FERNÁNDEZ-ROSADO e LUCENA, 2001; MITSUKA e HENRY, 2002; CASANOVA e HENRY, 2004; NOGUEIRA et al., 2008; YAO et al., 2008).

Trabalhos anteriores de outras comunidades zooplanctônicas ao longo de um eixo longitudinal também foram estudados no sistema rio-planície de inundação do alto rio Paraná, como de rotíferos e cladóceros (NUNES, 2014; MANTOVANO et al., 2015; BOMFIM, 2016). Entretanto, sabe-se que os copépodes, ainda não foram estudados com esse enfoque, nesse trecho do sistema rio-planície de inundação do alto rio Paraná sob a influência de barragens. Dessa forma, o estudo da estrutura da comunidade de copépodes em rios com interferências de barragens a montante é de suma relevância para verificar o estabelecimento gradual dos atributos da comunidade desses microcrustáceos pelo impacto gerado pela construção desses empreendimentos.

## Referências

AGOSTINHO, A. A.; VAZZOLER, A. E. A. M.; THOMAZ, S. M. The high Paraná River basin: Limnological and ichthyological aspects. In: TUNDISI, J. G., BICUDO, C. E. M., MATSUMURA-TUNDISI, T. (Eds.). **Limnology in Brazil**. Rio de Janeiro, Brazil: Brazilian Academy of Science/Brazilian Limnological Society, 1995. p. 59-104.

AGOSTINHO, A. A., GOMES, L. C.; PELICICE, F. M. **Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil**. Maringá: Eduem. 501 p. 2007a.

AGOSTINHO, A. A.; MARQUES, E. E.; AGOSTINHO, C. S.; ALMEIDA, D. A.; OLIVEIRA, R. J.; MELO, J. R. B. Fish ladder of Lajeado Dam: migrations on one-way routes? **Neotropical Ichthyology**, v. 5, n. 2, p. 121-130. 2007b.

AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C.; FERNANDEZ, D. R.; SUZUKI, H. I. Efficiency of fish ladders for neotropical ichthyofauna. **River Research and Applications**, v. 18, p. 299-306. 2002.

ARAK, G. V.; MOKASHE, S. S. Copepod Diversity of Tembhapury Lake Aurangabad Region, M.S, India. **International Journal of Science and Research**, v. 3, n. 12, p. 976-979. 2014.

BARBOSA, F. A. R.; PADISAK, J.; ESPIDOLA, E. L. G.; BORICS, G.; ROCHA, O. The cascading reservoir continuum concept (CRCC) and its application to the River Tietê, São Paulo State, Brazil. In: TUNDISI, J. G.; STRAŠKRABA, M. (Eds.). **Theoretical reservoir ecology and its applications**. São Carlos, International Institute of Ecology; Leiden, The Netherlands, Backhuys Publishers; Rio de Janeiro, Brazilian Academy of Science, 425-437p.

BETSILL, R. K.; VAN DEN AVYLE, M. J. Spatial heterogeneity of reservoir zooplankton: a matter of timing? **Hydrobiologia**, v. 277, p. 63-70. 1994.

BLETTLER, M. C. M.; BONECKER C. C. Longitudinal distribution of microcrustacean biomass in three tropical reservoirs (Paraná State, Brazil). **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 29, n. 3, p. 297-304. 2007.

BOMFIM, F. F. **Influência da disponibilidade de alimento sobre o tamanho corpóreo e abundância de rotíferos e cladóceros em áreas alagáveis subtropicais**, UEM, 2016. 37 p. Dissertação (mestrado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais) Universidade Estadual de Maringá, Dep. de Biologia, Maringá, 2016.

BONECKER, C. C.; SIMÕES, N. R.; MINTE-VERA, C. V.; LANSAC-TÔHA, F. A.; VELHO, L. F. M.; AGOSTINHO, A. A. Temporal changes in zooplankton species diversity in response to environmental changes in an alluvial valley. **Limnologia**, v. 43, p. 114-121. 2013.

CASANOVA, S. M. C.; HENRY, R. Longitudinal distribution of copepoda populations in the transition zone of Paranapanema river and Jurumirim reservoir (São Paulo, Brazil) and interchange with two lateral lakes. **Brazilian Journal of Biology**, v. 64, n. 1, p. 11-26. 2004.

CHANG, K. H.; DOI, H.; IMAI, H.; GUNJI, F.; NAKANO, S. Longitudinal changes in zooplankton distribution below a reservoir outfall with reference to river planktivory. **Limnology**, v. 9, n. 1, p. 125-133. 2008.

ELWOOD, J. W.; NEWBOLD, J. D.; O'NEILL, R. V.; VAN WINKLE W. Resource spiraling: an operational paradigm for analyzing lotic ecosystems. In: FONTAINE, T. D.; BARTELL, S. M. (Eds.). **Dynamics of lotic ecosystems**. Ann Arbor Science, MI. 1980. p. 3-27.

FERNÁNDEZ-ROSADO, M. J.; LUCENA, J. Space-time heterogeneities of the zooplankton distribution in La Concepción reservoir (Istán, Málaga; Spain). **Hydrobiologia**, v. 455, n. 1-3, p. 157-170, 2001.

FERRAREZE, M.; NOGUEIRA, M. G. Importance of Lateral Lagoons for the Zooplankton Assemblages (Cladocera and Copepoda) in a Large Tropical Reservoir. **Oecologia Australis**, v. 15, n. 3, p. 522-536. 2011.

GRABOWSKA, M.; EJSMONT-KARABIN, J.; KARPOWICZ, M. Reservoir-River relationships in Lowland, Shallow, Eutrophic Systems: An impact of Zooplankton from Hypertrophic Reservoir on River Zooplankton. **Polish Journal of Ecology**, v. 61, n. 4, p. 759-768. 2013.

GUBIANI, É. A.; GOMES, L. C.; AGOSTINHO, A. A.; OKADA, E. K. Persistence of fish populations in the upper Paraná River: effects of water regulation by dams. **Ecology of Freshwater Fish**, v. 16, n. 1, p. 191-197. 2007.

JIANG, H.; OSBORN, T. R.; MENEVEAU, C. The flow field around a freely swimming copepod in steady motion. Part I: Theoretical analysis. **Journal of Plankton Research**, v. 24, n. 3, p. 167-189. 2002.

JUNK, W. J.; BAYLER, P. B.; SPARKS, R. E. The Flood Pulse Concept in River - Floodplain System. In: DODGE, D. P. Proceeding of the International Large River

Symposium. **Canadial Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 106, n. 1, p. 110-127. 1989.

KENNEDY, R. H.; TUNDISI, J. G.; STRAŠKRÁBOVÁ, V.; LIND, O. T.; HEJZLAR J. Reservoirs and the limnologist's growing role in sustainable water resource management. **Hydrobiologia**, v. 504, n. 1-3, p. 11-12. 2003.

KRYLOV, A. V. Distribution of Zooplankton along the Longitudinal Profile of Two Disturbed Small Rivers of the Upper Volga Basin. **Russian Journal of Ecology**, v. 35, n. 5, p. 316-323. 2004.

LANSAC-TÔHA, F. A., BONECKER, C. C., VELHO, L. F. M., TAKAHASHI, E. M.; NAGAE, M. Y. Zooplankton in the upper Paraná river floodplain: composition, richness, abundance and relationships with the hydrological level and the connectivity. In: AGOSTINHO, A. A.; RODRIGUES L.; GOMES L. C.; THOMAZ, S. M., MIRANDA, L. E. (Eds.). **Structure and functioning of the Paraná river and its floodplain**. Eduem, Maringá. 75-84 p. 2004.

LESSARD, J. L.; HAYES, D. B. Effects of elevated water temperature on fish and macroinvertebrate communities below small dams. **River Research and Applications**, v. 19, n. 1, p. 721-732. 2003.

LIN, Q. Influence of Dams on River Ecosystem and its Countermeasures. **Journal of Water Resource and Protection**, v. 3, n. 1, p. 60-66. 2011.

MAJAGI, S.; VIJAYKUMAR, K. Ecology and abundance of zooplankton in Karanja reservoir. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 152, n. 1, p. 451-458. 2009.

MANTOVANO, T.; ARRIEIRA, R. L.; SCHWIND, L. T. F.; BONECKER, C. C.; LANSAC-TÔHA, F. A. Rotifer community structure along a stretch under the influence of dams in the Upper Paraná River floodplain. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 37, n. 1, p. 281-289. 2015.

MARNEFFE, Y.; COMBLIN, S.; THOMÉ, J-P. Ecological water quality assessment of the Bütgenbach lake (Belgium) and its impact on the River Warche using rotifers as bioindicators. **Hydrobiologia**, v. 387/388, n. 1, p. 459-467. 1998.

MITSUKA, P. M.; HENRY, R. The fate of copepod populations in the Paranapanema River (São Paulo), downstream from the Jurumirim Dam. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 45, n. 4, p. 479-490. 2002.

NADAI, R.; HENRY, R. Temporary fragmentation of a marginal lake and its effects on zooplankton community structure and organization. **Brazilian Journal of Biology**, v. 69, n. 3, p. 819-835. 2009.

NAPIÓRKOWSKI, P.; KENTZER, A.; DEMBOWSKA, E. Zooplankton of the lower Vistula River: the effect of Włocławek Dam Reservoir (Poland) on community structure. **Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie**, v. 29, n. 1, p. 2109-2114. 2006.

NAPIÓRKOWSKI, P.; NAPIÓRKOWSKA, T. The structure and spatial heterogeneity of zooplankton in small lake river Wel (Poland). **Limnological Review**, v.4, n. 1, p. 21-31. 2014.

NEUMANN-LEITÃO, S.; NOGUEIRA-PARANHOS, J. D. Zooplâncton do rio São Francisco - Região Nordeste do Brasil. **Trabalhos do Instituto Oceanográfico da UFPE**, v. 20, p. 173-196. 1989.

NOGUEIRA, M. G. Zooplankton composition, dominance and abundance as indicators of environmental compartmentalization in Jurumirim Reservoir (Paranapanema River), São Paulo, Brazil. **Hydrobiologia**, v. 455, n. 1-3, p. 1-18. 2001.

NOGUEIRA, M. G.; OLIVEIRA, P. C. R.; BRITTO, Y. T. Zooplankton assemblages (Copepoda and Cladocera) in a cascade of reservoirs of a large tropical river (SE Brazil). **Limnetica**, v. 27, n. 1, p. 151-170. 2008.

NUNES, A. H. **Dispersão da espécie não nativa *Daphnia lumholtzi* (Crustacea: Branchiopoda), em um trecho de uma bacia hidrográfica neotropical: agentes facilitadores e reconstrução genética da rota de invasão**, 2015. 48 p. Dissertação (mestrado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais) Universidade Estadual de Maringá, Dep. de Biologia, Maringá, 2015.

PALHIARINI, W. S.; PAGOTTO, J. P. A importância da vegetação ripária para ambientes aquáticos continentais. **SaBios: Revista Saúde e Biologia**, v.10, n.2, p. 66-74. 2015.

PERBICHE-NEVES, G.; SERAFIM-JÚNIOR, M.; PORTINHO, J. L.; SHIMABUKURO, É. M.; GHIDINI, A. R.; BRITO, L. D. Effect of atypical rainfall on lotic zooplankton: comparing downstream of a reservoir and tributaries with free stretches. **Tropical Ecology**, v. 53, n. 2, p. 149-162. 2012.

PERBICHE-NEVES, G.; SERAFIM-JÚNIOR, M. Zooplâncton de um trecho do Rio Laranjinha (Bacia do Rio Paranapanema), Estado do Paraná, Brasil. **Estudos de Biologia**, v. 29, n. 68/69, p. 257-268. 2007.

POCIECHA, A.; HEESE, T. Spatial distribution of zooplankton in a cascade system of Pomeranian dam reservoirs (Hajka, Rosnowo), northern Poland. **Institute of Oceanography**, v. 36, n. 3, p. 39-51. 2007.

SAUNDERS, J. F.; LEWIS, W. M. Jr. Zooplankton abundance and transport in the white-water river. **Hydrobiologia**, v. 162, n. 2, p. 147-155. 1988.

SEDA, J.; DEVETTER, M. Zooplankton community structure along a trophic in a canyon-shaped dam reservoir. **Journal of Plankton Research**, v. 22, n. 10, p. 1829-1840. 2000.

SERAFIM-JUNIOR, M.; LANSAC-TÔHA, F. A.; LOPES, R. M.; PERBICHE-NEVES, G. Continuity effects on rotifers and microcrustaceans caused by the construction of a downstream reservoir in a cascade series (Iguaçu River, Brazil). **Brazilian Journal of Biology**, 2016.

SHIEL, R. J.; WALKER, K. F.; WILLIAMS, W. D. Plankton of the Lower River Murray, South Australia. **Australian Journal of Marine & Freshwater Research**, v. 33, n. 1, p. 301-27. 1982.

SIMÕES, N. R.; SONODA, S. L.; RIBEIRO, S. M. M. S. Spatial and seasonal variation of microcrustaceans (Cladocera and Copepoda) in intermittent rivers in the Jequeizinho River Hydrographic Basin, in the Neotropical semiarid. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 20, n. 3, p. 197-204. 2008.

SIMÕES, N. R.; LANSAC-TÔHA, F. A.; VELHO, L. F. M.; BONECKER, C. C.; Intra and inter-annual structure of zooplankton communities in floodplain lakes: a long-term ecological research study. **Revista de Biologia Tropical**, v. 60, n. 4, p. 1819-1836. 2012.

THOMAZ, S. M.; CUNHA E. R. The role of macrophytes in habitat structuring in aquatic ecosystems: methods of measurement, causes and consequences on animal assemblages' composition and biodiversity. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 22, n. 2, p. 218-236. 2010.

THOMS, M. C.; FOSTER, J. M.; GAWNE, B. Flood-plain sedimentation in a dryland river: The River Murray, Australia. **Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences**, v. 1, n. 263, p. 227-236. 2000.

URABE, J. Relative importance of temporal and spatial heterogeneity in the zooplankton community of an artificial reservoir. **Hydrobiologia**, v. 184, n. 1-2, p. 1-6. 1989.

VANNOTE, R. L.; MINSHALL, G. W.; CUMMINS, K. W.; SEDELL, J. R.; CUSHING, C. E. The River Continuum Concept. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 37, n. 1, p. 130-137. 1980.

WARD, J. V.; STANFORD, J. A. The serial discontinuity concept: Extending the model to floodplain rivers. **Regulated Rivers: Research & Management**, v.10, n. 2-4, p. 159-168. 1995.

WARD, J. V.; STANFORD, J. A. Revisiting the serial discontinuity concept. **Regulated Rivers: Research & Management**, v. 17, n. 1, p. 303-310. 2001.

WINEMILLER, K. O.; MCINTYRE, P. B.; CASTELLO, L.; FLUET-CHOUINARD, E.; GIARRIZZO, T.; NAM, S.; BAIRD, I. G.; DARWALL, W.; LUJAN, N. K.; HARRISON, I.; STIASSNY, M. L. J.; SILVANO, R. A. M.; FITZGERALD, D. B.; PELICICE, F. M.; AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C.; ALBERT, J. S.; BARAN, E.; PETRERE, Jr. M.; ZARFL, C.; MULLIGAN, M.; SULLIVAN, J. P.; ARANTES, C. C.; SOUSA, L. M.; KONING, A. A.; HOEINGHAUS, D. J.; SABAJ, M.; LUNDBERG, J. G.; ARMBRUSTER, J.; THIEME, M. L.; PETRY, P.; ZUANON, J.; TORRENTE VILARA, G.; SNOEKS, J.; OU, C.; RAINBOTH, W.; PAVANELLI, C. S.; AKAMA, A.; VAN SOESBERGEN, A.; SÁENZ, L. Balancing hydropower and biodiversity in the Amazon, Congo, and Mekong. **Science**, v. 351, n. 6269, p. 128-129. 2016.

YAO, J.; XUE, J.; WANG, D.; CAI, Q.; HUANG, X.; LIU, J. Seasonal variation and longitudinal distribution of copepods in the main river area of the Three Gorges Reservoir. **Frontiers of Biology in China**, v. 3, n. 4, p. 525-529. 2008.

ZAGANINI, R. L.; PERBICHE-NEVES, G.; NALIATO, D. A. O.; CARVALHO, E. D. Baixa diversidade de zooplâncton na desembocadura de uma represa eutrófica (SP, Brasil): reflexo da poluição? **Estudos de Biologia**, v. 32/33, n. 76-81, p. 17-24. 2011.

Estrutura da comunidade de copépodes (Crustacea: Copepoda) em um gradiente longitudinal ambiental no sistemario-planície de inundação do alto rio Paraná

Este trabalho foi redigido de acordo com as normas da revista *Journal of Limnology*.

Disponível em: <<http://www.jlimnol.it/index.php/jlimnol>>.

## Estrutura da comunidade de copépodes (Crustacea: Copepoda) em um gradiente longitudinal ambiental no sistema rio-planície de inundação do alto rio Paraná

### RESUMO

Em grandes bacias hidrográficas possuem cascatas de reservatórios que compreendem a dinâmica da bacia do rio Paraná e indica a interconexão entre os processos ecológicos entre cada tipo de reservatório no sentido montante-jusante. O objetivo deste estudo foi verificar a estruturação da comunidade de copépodes ao longo de um eixo longitudinal em um trecho do sistema rio-planície de inundação do alto rio Paraná sob a influência da barragem de Porto Primavera. As hipóteses testadas foram que (i) a comunidade de copépodes apresentará aumento na diversidade e riqueza de espécies e abundância de organismos à medida que se distanciar da barragem de Porto Primavera; (ii) os atributos da comunidade serão maiores nos tributários e nas lagoas marginais que estão localizados na planície de inundação; (iii) o padrão de composição de espécies de copépodes será correlacionado ao gradiente ambiental. As amostragens foram realizadas trimestralmente nos anos de 2013 e 2014, à subsuperfície da região limnética de sete tributários, oito lagoas e ao longo do rio Paraná. Foram identificados 29 táxons, pertencentes a duas famílias: Cyclopidae (21 táxons) e Diaptomidae (8 táxons). Os resultados da ANOVA indicaram que a abundância de organismos apresentou diferenças significativas entre os pontos amostrados no rio, apresentando um padrão decrescente no sentido montante para jusante. Além disso, os tributários também apresentaram esse padrão, apresentaram os maiores valores dos atributos da comunidade a montante. Os resultados da RDA mostraram que *Argyrodiptomus azevedoi*, *Notodiaptomus iheringi*, *Mesocyclops* sp., *Notodiaptomus henseni*, *Notodiaptomus* cf. *spinuliferus* e *Notodiaptomus cearensis* foram associadas positivamente com o fósforo total e turbidez, sendo *N. iheringi*, *N. henseni* e *N. cearensis* também correlacionadas positivamente com a condutividade. *Macrocyclops albidus*, *Microcyclops alius*, *Thermocyclops minutus* e *Thermocyclops decipiens* foram correlacionadas positivamente com o pH, e correlacionadas negativamente com a profundidade. Dessa forma, apesar de a comunidade de copépodes não ter apresentado um gradiente dos atributos da comunidade no rio Paraná, com aumento da montante para a jusante, os resultados apontam que os maiores valores dos atributos foram verificados nos tributários, localizados na planície de inundação, e o padrão de composição de espécies de copépodes foi correlacionado ao gradiente ambiental.

**Palavras-chave:** Zooplâncton. Barragem. Conceito de Reservatórios Contínuos em Cascata. Pulso de inundação. Conectividade hídrica.

## Copepod community structure (Crustacea: Copepoda) in an environmental longitudinal gradient in the river-floodplain system of the upper Paraná River

### ABSTRACT

In large river basins have reservoirs cascades comprising the dynamics of the Paraná River basin and indicates the interconnectedness of ecological processes between each type of reservoir in upstream-downstream direction. The aim of this study was to determine the structure of the copepod community along a longitudinal axis at a stretch of river-floodplain system Paraná River under the influence of the dam of Porto Primavera. The tested hypotheses were that (i) the copepod community present increase in diversity and species richness and abundance of organisms as they distanced dam of Porto Primavera; (ii) community attributes will be higher in the tributaries and marginal lakes that are located in the floodplain; (iii) the pattern of copepod species composition will be correlated to the environmental gradient. Samples were taken every three months in the years 2013 and 2014, the subsurface limnetic region seven tributaries, and eight lakes along the Parana River. This study was identified 29 taxons belonging to two families: Cyclopidae (21 taxons) and Diaptomidae (8 taxons). The results of ANOVA indicated that the abundance of organisms showed significant differences between the sampled points on the river, with a decreasing pattern in the amount downstream direction. In addition, tributaries also showed this pattern showed the highest values of the upstream community attributes. The results showed that the RDA *Argyrodiptomus azevedoi*, *Notodiaptomus iheringi*, *Mesocyclops* sp., *Notodiaptomus henseni*, *Notodiaptomus* cf. *spinuliferus* and *Notodiaptomus cearensis* were associated positively with total phosphorus and turbidity, and *N. iheringi*, *N. cearensis* and *N. henseni* also positively correlated with conductivity. *Macrocyclus albidus*, *Microcyclus alius*, *Thermocyclops minutus* and *Thermocyclops decipiens* were positively correlated with pH, and negatively correlated with depth. Thus, even though the copepod community has not presented a gradient of community attributes on the Parana River, with increased amount for the downstream, the results show that the highest values of the attributes have been verified in the tributaries located in the floodplain, and standard composition copepod species was correlated to the environmental gradient.

**Keywords:** Zooplankton. Dam. The Cascading Reservoir Continuum Concept. Flood Pulse. Hydric Connectivity.

## 1. Introdução

Condições ambientais adequadas são essenciais para o bom funcionamento e manutenção de cursos de água, como descrito no Conceito do Rio Contínuo (*The River Continuum Concept*) (Vannote *et al.*, 1980), tendo em vista que as comunidades aquáticas são estruturadas de acordo com as mudanças longitudinais dos gradientes ambientais.

Contudo, atividades humanas, como a construção de reservatórios, têm causado distúrbios ambientais alterando os ecossistemas aquáticos, principalmente rios e lagos (Melo *et al.*, 2006; Simões *et al.*, 2015). Esse tipo de distúrbio antrópico causa profundas alterações em pequenos e grandes cursos de água, promovendo mudanças na hidrodinâmica do sistema, nos componentes químicos e físicos e, por sua vez, influenciam na estruturação das comunidades aquáticas (Junk e Mello, 1987; Brasil, 2012; Agostinho *et al.*, 2016).

Nesse sentido, o Conceito da Descontinuidade Serial (*Serial Discontinuity Concept*) (Ward e Stanford, 1995), complementar ao Conceito do Rio Contínuo, destaca que a construção de reservatórios em um rio pode promover descontinuidade na dinâmica longitudinal e alteração nos componentes bióticos e abióticos, contudo as comunidades aquáticas e os nutrientes poderiam apresentar condições próximas às originais. No entanto, em alguns ecossistemas aquáticos são observadas grandes construções de reservatórios em cascata, como verificado na bacia do rio Paraná, com mais de 145 reservatórios construídos (Agostinho *et al.*, 2007). Essa bacia apresenta também um trecho que compreende uma área de 230 quilômetros, que não apresenta barramento, mas sofre influência de uma cascata de 34 reservatórios, a montante da barragem de Porto Primavera (Thomaz *et al.*, 2004; Agostinho *et al.*, 2008; Roberto *et al.*, 2009).

Dessa forma, o Conceito de Reservatórios Contínuos em Cascata (*Cascading Reservoir Continuum Concept*) compreende a dinâmica desse sistema, e indica, por sua vez, que há uma interconexão entre os processos ecológicos entre cada tipo de reservatório no sentido montante para jusante, pelas lagoas marginais e planície de inundação (Barbosa *et al.*, 1999; Ward e Stanford, 2001), mesmo apresentando diferenças em suas comunidades (Barbosa *et al.*, 1999). Desse modo, o Conceito de Reservatórios Contínuos em Cascata pode ser utilizado para avaliar a possibilidade de restabelecimento das condições ambientais e das comunidades aquáticas em ambientes sob a influência de barragens.

A planície de inundação do alto rio Paraná sofre a influência da barragem de Porto Primavera (Agostinho *et al.*, 2004a). A construção dessa barragem afetou drasticamente esse

ecossistema, pois a disponibilidade de água liberada a jusante alterou o regime de cheias, a concentração de nutrientes ao longo do rio e, conseqüentemente, influenciou o estabelecimento das comunidades aquáticas (Agostinho *et al.*, 2004b).

Nesse sentido o estudo da comunidade zooplanctônica no sistema rio-planície de inundação do alto rio Paraná torna-se relevante devido a sua elevada diversidade de espécies (Lansac-Tôha *et al.*, 2009), fundamental para a manutenção desse ecossistema (Lansac-Tôha *et al.*, 2004). Além disso, a comunidade zooplanctônica apresenta importantes características ecológicas, como sensibilidade às alterações ambientais e, desta forma, pode ser utilizada como bioindicadora para mensurar as condições ambientais dentro de ecossistemas (Barbosa *et al.*, 2006). Desse modo, o zooplâncton pode ser um fator-chave para a compreensão de alterações em ambientes aquáticos (Eskinazi-Sant'Anna *et al.*, 2013), fornecendo conhecimento de processos ecológicos em bacias hidrográficas (Almeida, 2006; Barbosa *et al.*, 2006; Veado, 2008; Shah *et al.*, 2013).

Dentre a comunidade zooplanctônica encontram-se os copépodes, que, em geral, são filtradores e apresentam dieta composta basicamente por fitoplâncton (Hopp *et al.*, 1997, Rietzler *et al.*, 2002; Perbiche-Neves *et al.*, 2007), bactérias e detritos (Smith *et al.*, 1979). Dessa forma, possuem relevante papel ecológico em ecossistemas aquáticos continentais (Farhadian *et al.*, 2013), pois se alimentam de produtores primários e transferem energia para níveis superiores da cadeia trófica (Hartwich *et al.*, 2013; Sugumaran, 2016).

As alterações dos fatores físicos e químicos em reservatórios promovem mudanças na composição alimentar, alterando a estrutura da comunidade de copépodes, devido às tolerâncias específicas de cada espécie (Rietzler *et al.*, 2002). Essa alteração pode determinar o tipo de alimentação dos copépodes e favorecer o desenvolvimento de determinadas espécies, influenciando conseqüentemente, a estrutura da comunidade (Landa *et al.*, 2007). Nesse contexto, alterações na estruturação e dinâmica da comunidade de copépodes podem ser um indicativo e reflexo, também, de mudança no funcionamento do ecossistema aquático, como observado no trabalho de Pedrozo e Rocha (2005).

Além da influência das concentrações dos nutrientes, fatores físicos e químicos, tais como o aumento da turbidez e aumento da vazão, podem promover alteração no estabelecimento de espécies de copépodes nos ambientes aquáticos sob a influência de reservatórios (Perbiche-Neves *et al.*, 2014a). Estudos revelam que a construção de barragens, ao alterar as condições ambientais, promove, também, mudanças substanciais na densidade de organismos e no estabelecimento de determinadas espécies de copépodes (Matsumura-Tundisi e Tundisi, 2003; Napiórkowski *et al.*, 2006).

Diante da sensibilidade de algumas espécies às alterações ambientais, pesquisas sobre a estrutura da comunidade de copépodes no o eixo longitudinal do sistema rio-planície de inundação, são importantes para verificar a influência da barragem e o estabelecimento gradual da comunidade. Desse modo, o objetivo deste estudo foi verificar a estruturação da comunidade de copépodes ao longo de um eixo longitudinal em um trecho do sistema rio-planície de inundação do alto rio Paraná sob a influência da barragem de Porto Primavera.

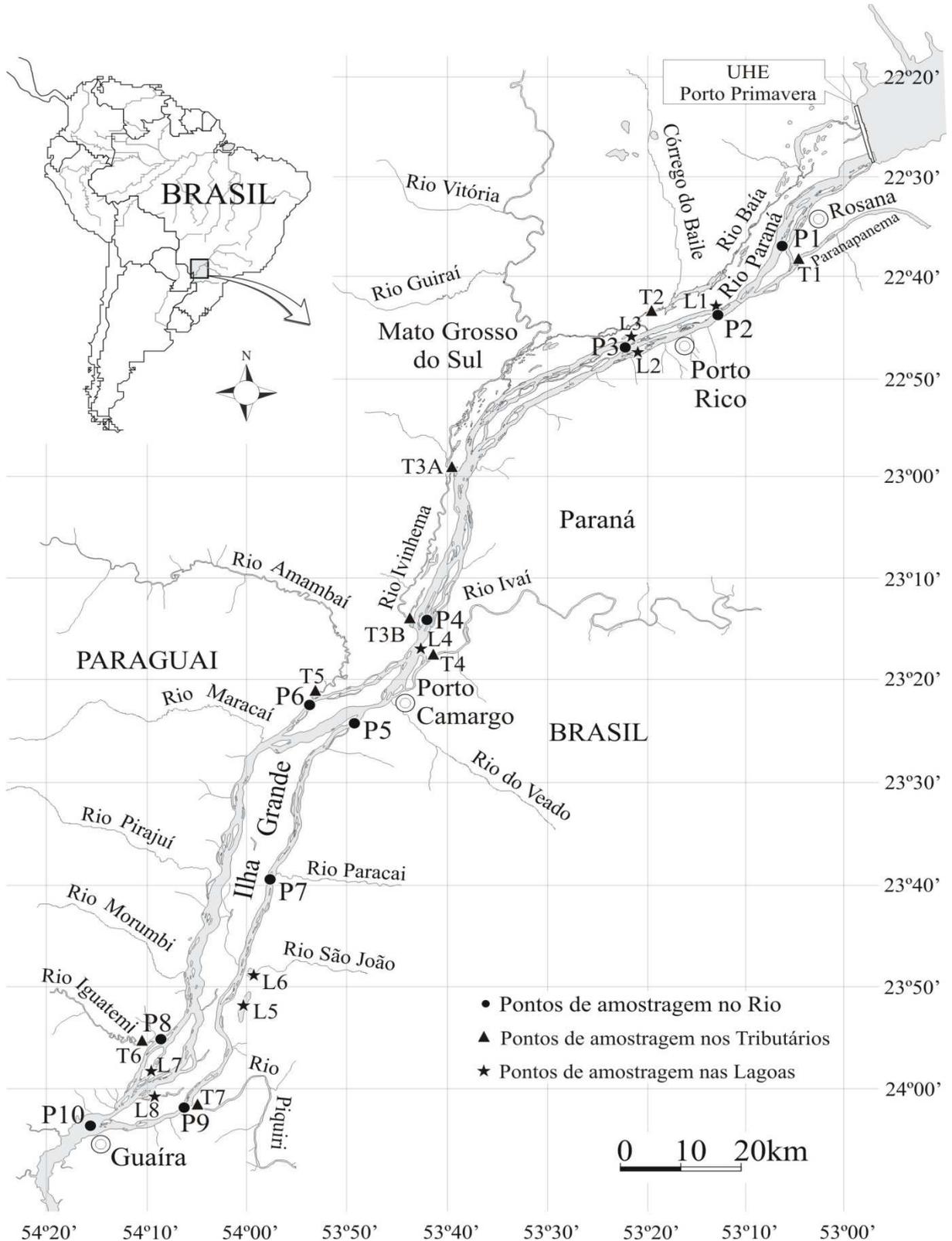
As hipóteses testadas foram que (i) a comunidade de copépodes apresentará aumento na abundância de organismos, riqueza e diversidade específica de espécies à medida que se distância da barragem de Porto Primavera; (ii) os valores destes atributos da comunidade de copépodes serão maiores nas lagoas marginas e nos tributários da planície de inundação da margem direita do alto rio Paraná;(iii) o padrão de composição de espécies de copépodes será correlacionado ao gradiente ambiental.

## 2. Materiais e Métodos

### 2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado em um segmento do sistema rio-planície de inundação do alto rio Paraná, no trecho entre a jusante da barragem da UHE Engenheiro Sérgio Motta (Porto Primavera) e o reservatório de Itaipu (Figura 1). O rio Paraná pertencente à bacia da Prata, é o quarto em área de drenagem e o décimo maior do mundo em descarga ( $5,0 \times 10^8 \text{m}^3/\text{ano}^{-1}$ ;  $2,8 \times 10^6 \text{km}^2$ , respectivamente). Abrange a região Centro-Sul da América do Sul e possui uma extensão de 4.695 km, desde sua nascente, passando pelo Planalto Central, até a foz. No rio Paraná existe mais de 145 grandes reservatórios, que possuem mais de 10 metros de altura, dos quais 20% apresentam tamanho maior que  $100 \text{km}^2$  (Agostinho *et al.*, 2004a; Agostinho *et al.*, 2007).

A declividade do alto rio Paraná apresenta média de 0,18m/km. No trecho de estudo, o rio conta com reduzida declividade (0,09m/km), em um amplo canal anastomosado, com extensa planície aluvial e grande acúmulo de sedimento em seu leito, dando origem a barras e pequenas ilhas (mais de 300), com grandes ilhas e planície alagável mais restrita (Agostinho *et al.*, 1995).



**Figura 1.** Pontos de amostragem entre a barragem de Porto Primavera e o reservatório de Itaipu, no sistema rio-planície de inundação do alto rio Paraná.

Com direção geral Norte-Sul/Sudoeste, o alto Paraná corre por regiões de clima tropical-subtropical, com temperaturas médias mensais superiores a 15°C e precipitações

superiores a 1.400 mm/ano (IBGE, 1990). O alto rio Paraná apresentava uma extensa área antes da construção da barragem de Porto Primavera com 480 km. Entretanto, após a construção reduziu a planície de inundação a uma extensão de 230 km, entre a barragem de Porto Primavera e o reservatório de Itaipu (Agostinho *et al.*, 2004a). O sistema rio-planície de inundação conta com vários tributários na margem a esquerda, sendo os principais Paranapanema, Ivaí, Piquiri e os da margem a direita são Baía, Iguatemi, Ivinhema e Amambaí. Sua planície de inundação na margem direita que pode chegar a 20 km de largura e apresenta uma série de lagoas adjacentes (Agostinho *et al.*, 2004a).

## 2.2 Amostragem de campo

As amostragens de copépodes foram realizadas nos meses de agosto (período de seca) e novembro (período de cheia) de 2013, e fevereiro (período de cheia) e maio (período de seca) de 2014. As coletas foram realizadas à subsuperfície da região central, distribuídas em transectos ao longo de um eixo longitudinal do rio Paraná, partindo da jusante do reservatório de Porto Primavera até o reservatório de Itaipu, em 10 pontos no rio Paraná coletadas em tréplicas (margem esquerda, centro e margem direita do curso de água), sendo que os pontos do rio foram selecionados estrategicamente antes e depois dos tributários. Foram amostrados também sete principais tributários antes de desaguar no rio Paraná. No rio tributário Ivinhema foi amostrado dois pontos, sendo o Ivinhema propriamente dito, denominado de T3A, e seu outro braço de T3B (Ivinheminha), e em 8 lagoas adjacentes a calha do rio, sendo o ponto L5 (Lagoa Xambrê) uma lagoa fechada. De modo que o presente estudo teve um número total de 180 amostras, 120 no rio Paraná, 28 nos tributários e 32 nas lagoas.

As amostragens foram realizadas no período matutino, com auxílio de bomba de sucção, sendo filtrados 600 litros de água por amostragem por uma rede de plâncton de 68  $\mu\text{m}$  de abertura de malha. A seguir, as amostras coletadas foram fixadas em uma solução de formaldeído 4%, tamponadas com carbonato de cálcio, e acondicionadas em frascos de polietileno.

## 2.3 Amostragem de parâmetros ambientais

Os seguintes parâmetros ambientais foram mensurados: transparência da água (m) (com auxílio de disco de Secchi), pH, condutividade elétrica ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) e turbidez (NTU)

(aparelhos digitais portáteis), temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) e oxigênio dissolvido (% de saturação e  $\text{mg.L}^{-1}$ ) (aparelho digital da YSI).

Em laboratório, foram determinadas as frações totais de nitrogênio (Mackereth *et al.*, 1978) e fósforo (Golterman *et al.*, 1978). As concentrações dos materiais orgânicos e inorgânicos em suspensão ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) foram determinadas por gravimetria (Wetzel e Likens, 1991).

Os dados do nível do rio Paraná foram disponibilizados pela Usina Hidrelétrica de Itaipu, na estação de monitoramento do Porto São José ( $22^{\circ} 43' 04,14''\text{S}$ ,  $53^{\circ} 10' 36,35''\text{O}$ ), referentes ao período das amostragens, do nível da água do rio em relação ao nível do mar (média sobre o nível do mar – m.s.n.m.), sendo os dados retirados através de uma régua sob a unidade de medida em centímetros.

#### 2.4 Análise laboratorial

Em laboratório a identificação dos copépodes foi realizada com auxílio de bibliografia especializada (Reid, 1985; Matsumura-Tundisi, 1986; Santos-Silva, 2000; Lansac-Tôha *et al.*, 2002; Silva, 2003; Perbiche-Neves, 2010). A abundância dos copépodes foi estimada a partir da contagem dos indivíduos, sob microscópio óptico binocular, em câmaras de Sedgewick-Rafter, com contagem de no mínimo 50 indivíduos, em três subamostragens subsequentes obtidas com pipeta do tipo Hensen-Stempel (2,5mL) (metodologia modificada de Bottrell *et al.*, 1976). As amostras com reduzido número de indivíduos foram contadas integralmente. A densidade final foi expressa em indivíduos por metro cúbico ( $\text{ind.m}^3$ ). Para a determinação da riqueza de espécies foram retiradas alíquotas com pipeta no fundo das amostras até que nenhuma nova espécie fosse encontrada.

As variáveis físicas e químicas foram processadas e os dados cedidos pela equipe do Laboratório de Limnologia Básica do Núcleo de Pesquisas em Limnologia Ictiologia e Aquicultura (Núpelgia) da Universidade Estadual de Maringá.

#### 2.5 Análises estatísticas

Para verificar a diversidade específica ( $H'$ ) dos copépodes em cada ponto de amostragem, como descrito nas hipóteses (i) e (ii), foi utilizado o Índice de Shannon-Wiener

(Pielou, 1975), o qual é descrito pela expressão  $-H' = - \sum (ni/N) \times \log^2 (ni/N)$ , em que  $ni$  é o número de indivíduos na  $i$ -ésima espécie e  $N$ , o número total de indivíduos.

Para testar as hipóteses (i) e (ii) foi utilizada a Análise de Variância (ANOVA) (Sokal e Rohlf, 1991), para verificar as diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) da abundância de organismos, riqueza e diversidade de espécies de copépodes, entre os pontos de amostragem ao longo de eixo longitudinal do rio, lagoas e tributários. Os dados de abundância foram previamente logaritimizados. Os pressupostos de normalidade e homocedasticidade foram checados *a priori*. O teste de *post-hoc* foi utilizado para verificar os pontos de amostragem com diferenças significativas, e, Kruskal-Wallis, quando não atendidos os pressupostos. Esta análise foi realizada com o auxílio do software Statistic 7.0 (Statsoft Inc., 2005)

Para relacionar as variáveis ambientais com a distribuição, ocorrência e abundância das espécies de copépodes que influenciaram os distintos pontos de amostragem, como descrita na hipótese (iii), foi utilizada uma Análise de Redundância (RDA) (Legendre e Legendre, 1998). Os resultados foram baseados nos valores da inércia total e na porcentagem de explicação de cada eixo retido ( $p < 0,05$ ). A abundância dos organismos foi logaritimizada para reduzir o efeito das espécies raras, e após esse procedimento, os dados foram transformados de acordo com o procedimento de Hellinger (Legendre e Gallagher, 2001). Além disso, o efeito de multicolinearidade entre as variáveis ambientais foi averiguado através do fator de inflação de variância (*Variance Inflation Factors* - VIF). Esta análise foi realizada com o auxílio do “programa R version 3.1.3” (R Development Core Team 2015), utilizando o pacote “vegan” (Oksanen *et al.*, 2012).

### **3. Resultados**

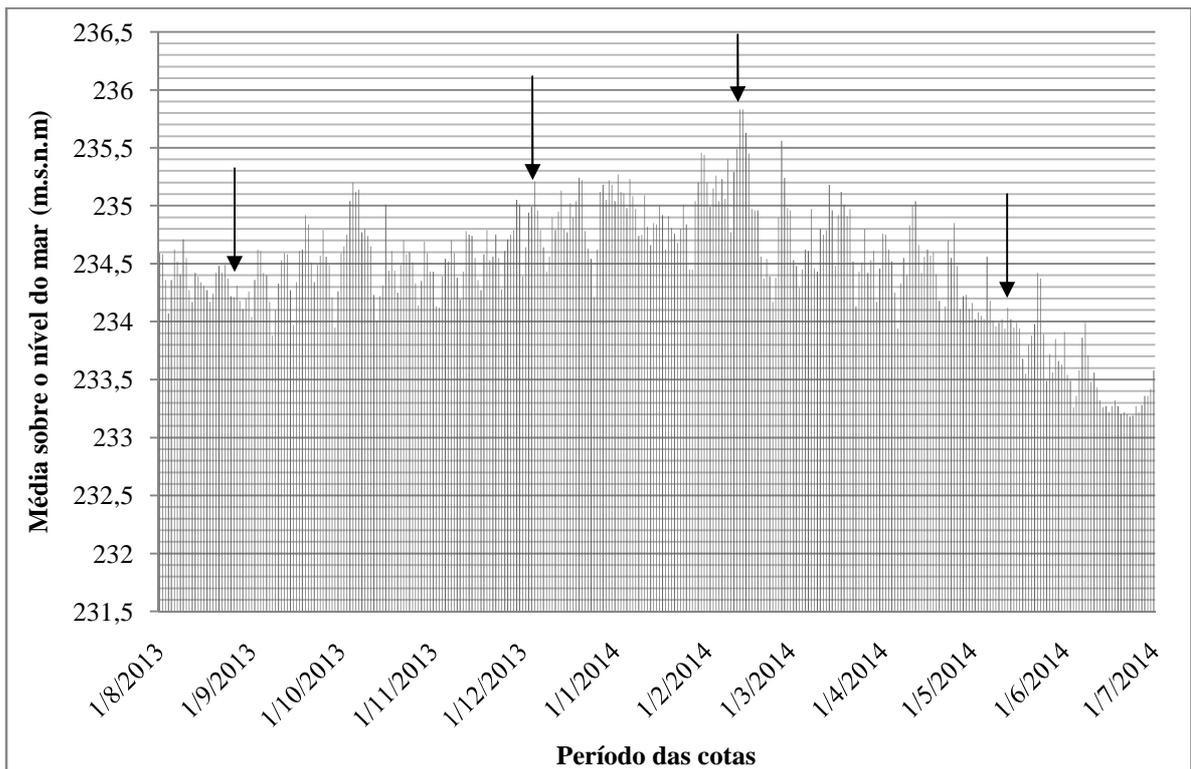
#### 3.1 Caracterização ambiental

Em geral, as variáveis ambientais apresentaram baixa variabilidade no período de estudo, nos diferentes pontos de amostragem. Entretanto, o fósforo total e a turbidez apresentaram um aumento em suas concentrações no rio, sentido P1 para P10 (montante para jusante) (Tabela1).

**Tabela 1.** Valores médios e desvio padrão das variáveis ambientais nos pontos amostrados no sistema rio-planície de inundação do alto rio Paraná. Rio: montante-jusante (P1 à P10). Tributários: T1 = Paranapanema, T2 = Baía, T3A = Ivinhema, T3B = Ivinheminha, T4 = Ivaí, T5 = Amambaí, T6 = Iguatemi, T7 = Piquiri. Lagoas: L1 = Garças, L2 = Pombas, L3 = Xirica, L4 = Ivaí, L5 = Xambrê, L6 = São João, L7 = Pavão, L8 = Saraiva.

Pontos	Temp (°C)	Prof (m)	Secchi (m)	Turb (NTU)	T H <sub>2</sub> O (°C)	OD (mg/L)	pH	Cond (uS/cm)	MST (ug/L <sup>-1</sup> )	MSI (mg/L <sup>-1</sup> )	MSO (mg/L <sup>-1</sup> )	Alc (mEq/L <sup>-1</sup> )	NT (ug/L <sup>-1</sup> )	PT (ug/L <sup>-1</sup> )
P1	29,16 ± 3,33	2,40 ± 0,55	2,31 ± 0,59	2,15 ± 0,74	24,88 ± 3,13	7,75 ± 0,82	7,51 ± 0,22	61,22 ± 3,97	2,30 ± 0,75	1,26 ± 0,63	1,03 ± 0,54	712,96 ± 106,08	660,00 ± 91,50	18,63 ± 15,48
P2	22,29 ± 3,56	5,56 ± 1,05	2,60 ± 0,67	3,63 ± 1,58	23,99 ± 3,13	7,81 ± 0,68	7,51 ± 0,14	62,48 ± 2,53	3,50 ± 2,19	2,17 ± 1,48	1,32 ± 0,79	709,02 ± 113,00	618,03 ± 74,85	11,20 ± 2,09
P3	25,62 ± 5,98	3,50 ± 1,34	2,00 ± 0,83	3,87 ± 1,61	24,46 ± 3,52	7,83 ± 0,74	7,48 ± 0,17	61,27 ± 1,49	4,97 ± 2,51	3,68 ± 2,11	1,29 ± 0,45	601,77 ± 155,83	561,77 ± 50,73	13,25 ± 2,94
P4	24,87 ± 2,54	4,46 ± 0,66	1,94 ± 0,47	6,46 ± 1,45	24,87 ± 2,94	7,88 ± 0,53	7,25 ± 0,22	59,50 ± 4,12	6,67 ± 1,99	5,02 ± 1,53	1,65 ± 0,70	594,20 ± 145,84	577,18 ± 66,61	19,06 ± 4,48
P5	28,62 ± 3,62	5,45 ± 0,55	1,95 ± 0,60	7,43 ± 1,55	25,10 ± 3,02	7,65 ± 0,77	7,10 ± 0,10	56,49 ± 2,49	5,38 ± 1,43	4,05 ± 1,07	1,33 ± 0,50	596,56 ± 172,15	459,37 ± 127,32	20,89 ± 4,08
P6	29,58 ± 4,20	2,57 ± 0,24	1,41 ± 0,25	7,61 ± 2,07	25,34 ± 3,04	7,84 ± 0,39	6,96 ± 0,33	60,60 ± 1,33	4,82 ± 1,75	3,87 ± 1,62	0,95 ± 0,34	596,74 ± 168,25	663,14 ± 78,14	18,23 ± 7,05
P7	25,50 ± 2,33	3,06 ± 0,46	1,47 ± 0,55	11,71 ± 2,58	25,2 ± 3,40	7,58 ± 0,73	6,99 ± 0,15	50,05 ± 2,9	6,84 ± 2,95	5,48 ± 2,36	1,35 ± 0,58	531,75 ± 127,99	442,22 ± 146,49	25,34 ± 8,95
P8	51,12 ± 33,18	3,30 ± 0,22	1,23 ± 0,37	9,86 ± 3,29	25,98 ± 3,30	7,66 ± 0,60	6,89 ± 0,14	50,01 ± 3,05	4,39 ± 2,18	3,65 ± 1,88	0,73 ± 0,32	525,6 ± 126,35	528,46 ± 78,78	25,18 ± 5,98
P9	31,91 ± 3,04	2,22 ± 0,04	1,45 ± 0,25	7,55 ± 2,00	25,87 ± 3,24	7,91 ± 0,73	6,80 ± 0,39	60,38 ± 0,92	3,64 ± 0,94	2,89 ± 0,94	0,75 ± 0,19	657,12 ± 147,84	627,93 ± 109,79	21,84 ± 4,44
P10	24,75 ± 2,62	2,78 ± 0,11	1,48 ± 0,43	11,26 ± 4,23	24,80 ± 3,49	7,72 ± 0,76	6,66 ± 0,28	51,58 ± 2,25	3,38 ± 1,43	2,77 ± 1,28	0,60 ± 0,17	559,71 ± 142,95	701,74 ± 88,92	26,68 ± 7,92
T1	25,75 ± 2,30	4,92 ± 0,80	2,45 ± 1,30	5,67 ± 2,90	24,1 ± 3,00	7,77 ± 0,60	7,43 ± 0,20	64,92 ± 2,30	2,82 ± 2,40	1,49 ± 1,40	1,32 ± 1,20	794,62 ± 155,8	981,75 ± 220,60	18,06 ± 4,40
T2	27,75 ± 5,90	2,35 ± 0,40	1,43 ± 0,80	4,89 ± 1,30	24,07 ± 4,50	6,93 ± 1,30	6,59 ± 0,40	30,63 ± 12,4	1,32 ± 0,60	0,85 ± 0,50	0,47 ± 0,20	247,10 ± 64,40	759,04 ± 79,80	32,73 ± 13,80
T3A	23,25 ± 7,80	4,82 ± 0,40	0,63 ± 0,20	16,07 ± 2,40	24,42 ± 4,10	7,07 ± 0,90	6,81 ± 0,30	42,75 ± 2,30	3,50 ± 1,70	2,65 ± 1,30	0,85 ± 0,40	507,97 ± 136,80	711,01 ± 95,10	39,23 ± 9,90
T3B	22,5 ± 4,30	5,60 ± 0,30	0,8 ± 0,20	16,47 ± 3,0	25,35 ± 3,70	6,85 ± 0,60	6,60 ± 0,40	40,55 ± 3,50	3,60 ± 1,30	2,91 ± 1,10	0,69 ± 0,20	449,32 ± 105,60	694,51 ± 80,50	43,20 ± 7,10
T4	25,87 ± 4,10	6,20 ± 0,50	0,62 ± 0,20	18,20 ± 5,00	25,37 ± 4,30	8,15 ± 0,50	6,96 ± 0,60	60,67 ± 2,90	3,73 ± 1,40	2,99 ± 1,20	0,73 ± 0,30	620,62 ± 170,40	1118,74 ± 127,50	39,99 ± 9,20
T5	27,00 ± 3,30	4,03 ± 0,50	0,48 ± 0,20	25,10 ± 9,00	23,93 ± 3,60	7,17 ± 0,50	6,27 ± 0,30	31,83 ± 1,20	5,35 ± 2,00	4,53 ± 1,80	0,82 ± 0,20	318,53 ± 76,20	916,28 ± 162,80	36,52 ± 13,80
T6	32,25 ± 3,40	2,92 ± 1,00	0,47 ± 0,10	23,14 ± 6,80	24,65 ± 3,20	7,75 ± 0,70	6,14 ± 0,50	18,77 ± 1,20	4,82 ± 3,10	4,02 ± 2,60	0,79 ± 0,50	181,70 ± 76,60	669,55 ± 53,40	16,87 ± 11,00
T7	31,75 ± 3,80	8,45 ± 1,10	0,83 ± 0,20	15,595 ± 4,90	24,25 ± 4,10	8,11 ± 0,90	6,49 ± 0,40	47,45 ± 3,40	2,56 ± 2,20	1,93 ± 1,70	0,63 ± 0,50	548,77 ± 165,80	947,81 ± 211,40	25,78 ± 4,10
L1	21,50 ± 2,80	2,02 ± 0,60	0,73 ± 0,20	14,14 ± 4,10	23,72 ± 4,00	7,36 ± 1,30	6,97 ± 0,20	58,92 ± 4,10	3,45 ± 1,30	2,61 ± 0,90	0,84 ± 0,30	734,62 ± 160,60	683,32 ± 193,40	30,95 ± 3,10
L2	25,00 ± 6,00	1,53 ± 1,00	1,36 ± 0,80	4,91 ± 2,20	25,6 ± 5,20	10,41 ± 2,00	8,50 ± 0,90	62,33 ± 1,10	1,62 ± 0,60	1,12 ± 0,60	0,49 ± 0,00	571,30 ± 129,70	728,04 ± 44,10	13,91 ± 2,40
L3	25,75 ± 7,40	1,32 ± 0,50	0,81 ± 0,30	8,45 ± 2,10	24,42 ± 4,50	7,45 ± 0,90	6,86 ± 0,20	53,15 ± 2,30	1,37 ± 0,40	0,91 ± 0,30	0,45 ± 0,10	489,15 ± 89,40	761,96 ± 129,10	32,92 ± 8,90
L4	27,50 ± 1,00	1,76 ± 0,20	0,45 ± 0,20	17,93 ± 4,90	23,73 ± 1,60	7,45 ± 0,60	6,25 ± 0,60	56,60 ± 2,80	0,85 ± 0,60	0,53 ± 0,40	0,32 ± 0,30	710,10 ± 85,30	1041,16 ± 135,60	64,55 ± 21,40
L5	27,33 ± 3,60	3,46 ± 0,60	0,45 ± 0,10	33,69 ± 4,60	27,43 ± 2,80	7,10 ± 0,60	15,17 ± 10,80	24,64 ± 11,80	1,44 ± 1,50	0,98 ± 1,10	0,45 ± 0,30	254,10 ± 35,10	1139,70 ± 357,70	41,83 ± 7,40
L6	26,66 ± 4,90	1,53 ± 0,00	0,63 ± 0,10	13,38 ± 1,00	26,66 ± 2,80	5,97 ± 0,80	6,65 ± 0,40	32,66 ± 3,00	2,08 ± 2,20	1,52 ± 1,60	0,56 ± 0,60	335,73 ± 47,40	926,45 ± 438,20	30,07 ± 13,70
L7	29,25 ± 1,80	3,00 ± 0,20	1,45 ± 0,10	4,35 ± 1,00	24,90 ± 3,00	18,79 ± 20,00	6,06 ± 0,50	63,00 ± 6,30	0,29 ± 0,20	0,13 ± 0,20	0,15 ± 0,10	650,57 ± 203,60	870,62 ± 495,30	24,97 ± 6,20
L8	24,00 ± 2,50	2,41 ± 0,40	1,18 ± 0,20	3,46 ± 0,90	24,85 ± 3,80	6,07 ± 0,80	5,99 ± 0,50	46,10 ± 4,60	0,87 ± 0,60	0,42 ± 0,40	0,44 ± 0,20	452,87 ± 109,50	839,19 ± 173,60	27,86 ± 4,70

Os valores do nível hidrológico tiveram pouca variação no estudo, dentre os meses de agosto e maio (período de seca), os menores valores foram observados no mês de amostragem de maio de 2014 (233,94 m.s.n.m), nos meses de novembro e fevereiro, (período de cheia) os maiores valores corresponderam ao mês de fevereiro de 2014 (235,83 m.s.n.m). Entre esses dois períodos de menores e maiores valores o nível hidrológico variou apenas 1 metro e 89 centímetros (Figura 2).



**Figura2.** Variação do nível hidrológico em relação ao nível do mar (m.s.n.m) entre agosto de 2013 até julho de 2014. As áreas marcadas com as setas representam os meses de amostragem.

### 3.2 Estruturação da comunidade de copépodes

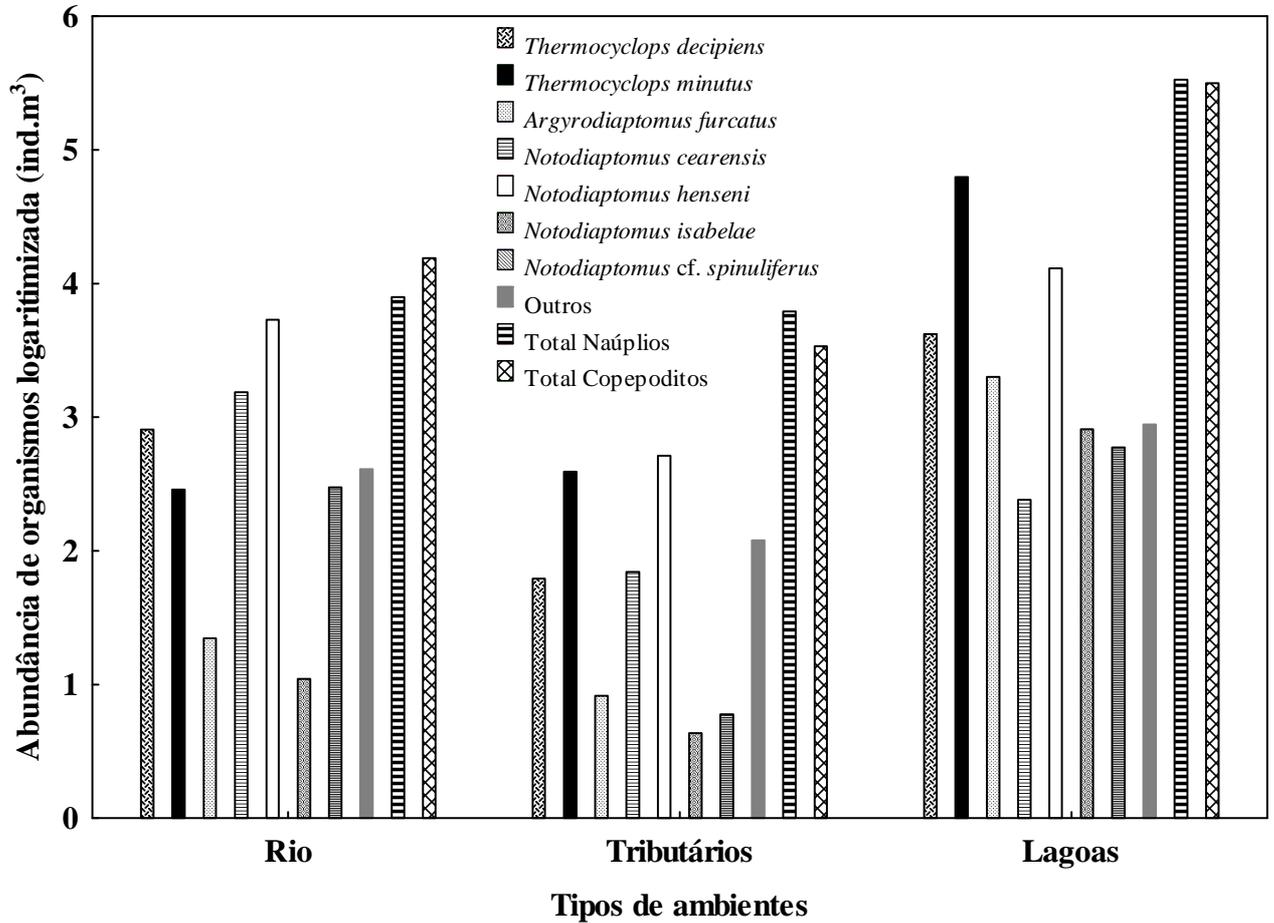
Foram identificadas 29 espécies, pertencentes a duas famílias: Cyclopidae (21 táxons) e Diaptomidae (8 táxons) (Tabela 2). Entre os Cyclopidae, apenas *Eucyclops elegans*, *E. ensifer*, *Mesocyclops meridianus*, *Microcyclops anceps*, *Paracyclops chiltoni*, *Thermocyclops decipiens* e *T. minutus* foram registradas nos três tipos de ambientes amostrados. Entre os Diaptomidae, todas as espécies, exceto *Notodiaptomus* sp., foram amostradas em todos os tipos de ambientes (Tabela 2).

**Tabela 2.** Lista de espécies e ocorrência espacial dos copépodes coletados no estudo no sistema rio-planície de inundação do alto rio Paraná.

Posição taxonômica	Rio	Tributários	Lagoas
<b>ORDEM CICLOPOIDA</b>			
<b>FAMÍLIA CYCLOPIDAE</b>			
<i>Acanthocyclops robustus</i> (Sars, 1863)	X		
<i>Eucyclops elegans</i> (Herrick, 1884)	X	X	X
<i>Eucyclops ensifer</i> Kiefer, 1936	X	X	X
<i>Eucyclops prinophorus</i> (Kiefer, 1936)			X
<i>Ectocyclops rubescens</i> Brady, 1904		X	
<i>Macrocylops albidus</i> (Jurine, 1820)			X
<i>Mesocyclops</i> sp.	X		X
<i>Mesocyclops aspericornis</i> (Daday, 1906)	X		X
<i>Mesocyclops ellipticus</i> Kiefer, 1936	X		X
<i>Mesocyclops longisetus</i> (Thiébaud, 1912)	X		
<i>Mesocyclops meridianus</i> (Kiefer, 1926)	X	X	X
<i>Mesocyclops ogunnus</i> Onabamiro, 1957	X		
<i>Metacyclops laticornis</i> (Lowndes, 1934)		X	X
<i>Metacyclops mendocinus</i> (Wierzejski, 1892)		X	
<i>Microcyclops</i> sp.		X	X
<i>Microcyclops alius</i> Kiefer, 1935			X
<i>Microcyclops anceps</i> (Richard, 1897)	X	X	X
<i>Microcyclops finitmus</i> Dussart, 1984			X
<i>Paracyclops chiltoni</i> (Thomson, 1882)	X	X	X
<i>Thermocyclops decipiens</i> (Kiefer, 1929)	X	X	X
<i>Thermocyclops minutus</i> (Lowndes, 1934)	X	X	X
<b>ORDEM CALANOIDA</b>			
<b>FAMÍLIA DIAPTOMIDAE</b>			
<i>Argyrodiaptomus azevedoi</i> (Wright, 1935)	X	X	X
<i>Argyrodiaptomus furcatus</i> (Sars, 1901)	X	X	X
<i>Notodiaptomus</i> sp.			X
<i>Notodiaptomus cearensis</i> (Wright, 1936)	X	X	X
<i>Notodiaptomus henseni</i> (Dahl, 1894)	X	X	X
<i>Notodiaptomus iheringi</i> Wright, 1935	X	X	X
<i>Notodiaptomus isabelae</i> (Wright, 1936)	X	X	X
<i>Notodiaptomus spiniger</i> (Brian, 1925)	X	X	X
<i>Notodiaptomus</i> cf. <i>spinuliferus</i> (Dussart, 1985)	X	X	X

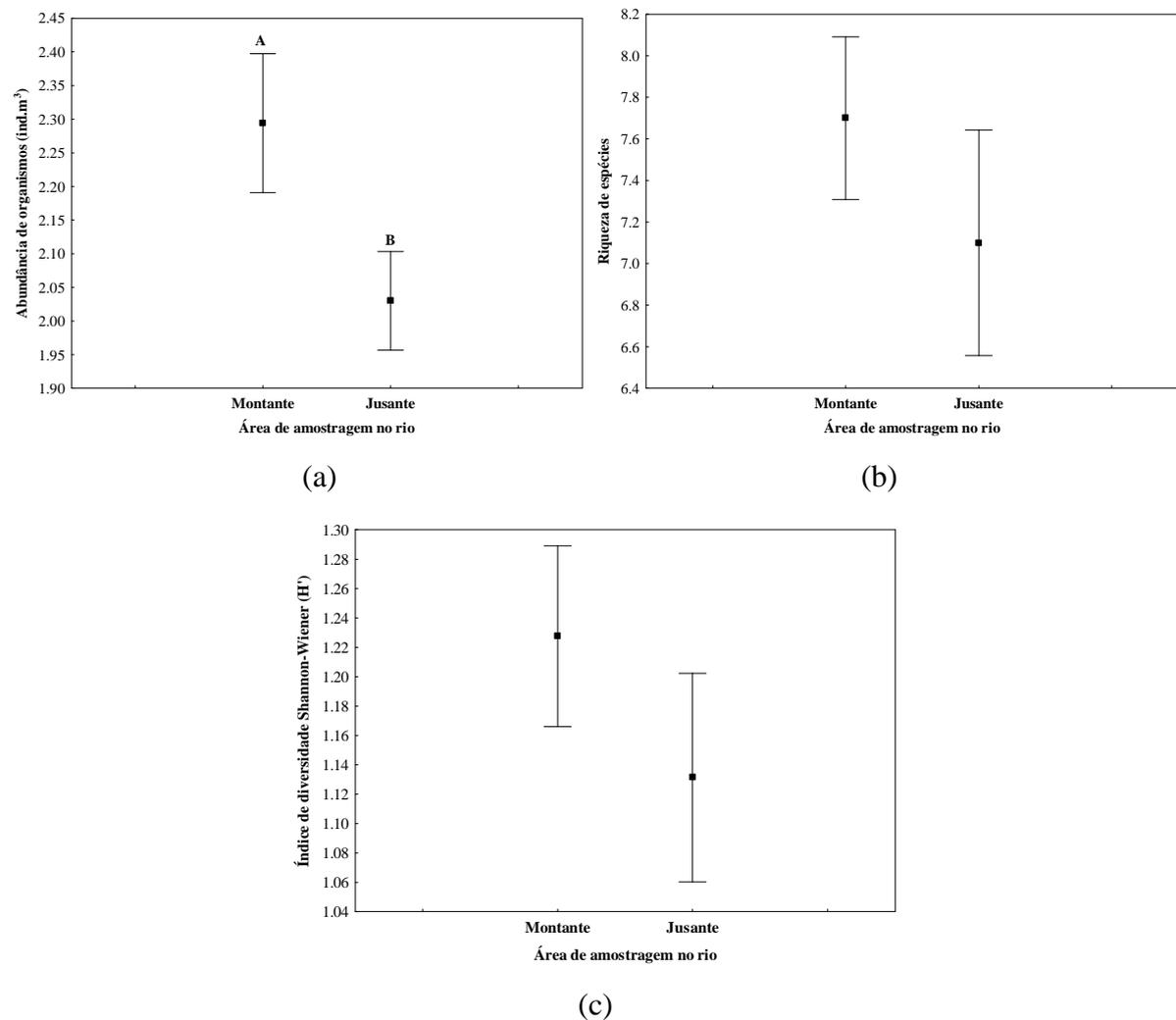
As espécies com maiores médias de abundância foram *Thermocyclops minutus*, *T. decipiens* (Cyclopoida), *Notodiaptomus henseni* e *N. cearensis* (Calanoida) (Figura 3). *N. henseni* apresentou maior média de abundância nos pontos de amostragem no rio Paraná e

tributários (destaque nos pontos P2, T1, T6 e L8), e *T. minutus* para as lagoas (destaque nos pontos L8 e T3B).



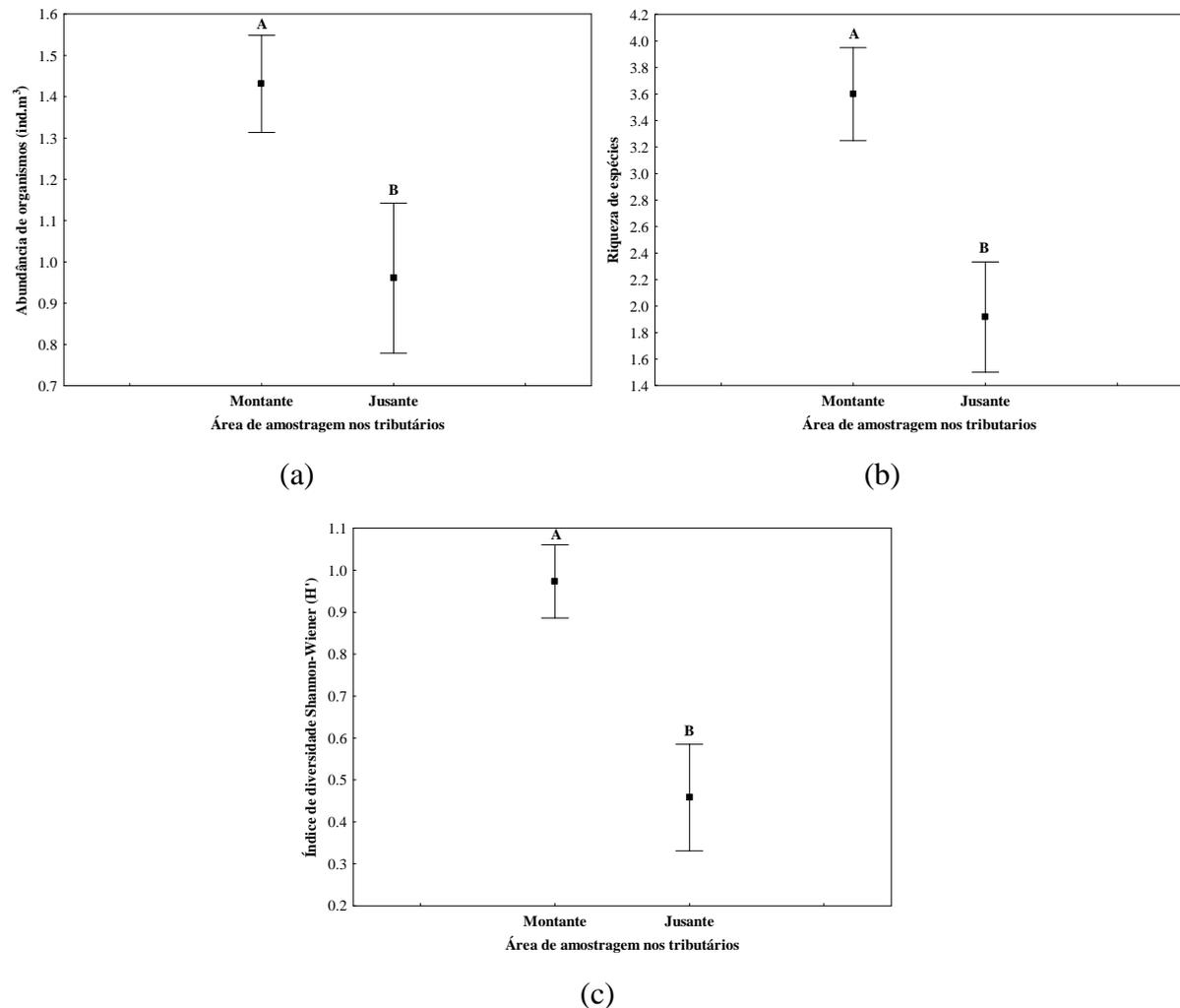
**Figura 3.** Abundância de copéodes nos tipos de ambientes amostrados. Apenas as espécies mais abundantes foram mostradas.

As áreas de amostragem do rio Paraná apresentaram diferenças significativas para a abundância de organismos ( $F = 4,33$ ;  $p = 0,04$ ), de acordo com a análise de variância (ANOVA), os pontos de amostragem a montante diferiram da jusante, apresentando maiores médias de abundância, enquanto que as menores médias foram observadas a jusante (Figura 4a). Para a riqueza ( $F = 0,80$ ;  $p = 0,37$ ) e diversidade de espécies ( $F = 1,04$ ;  $p = 0,31$ ), não apresentaram diferenças significativas (Figura 4b e c).



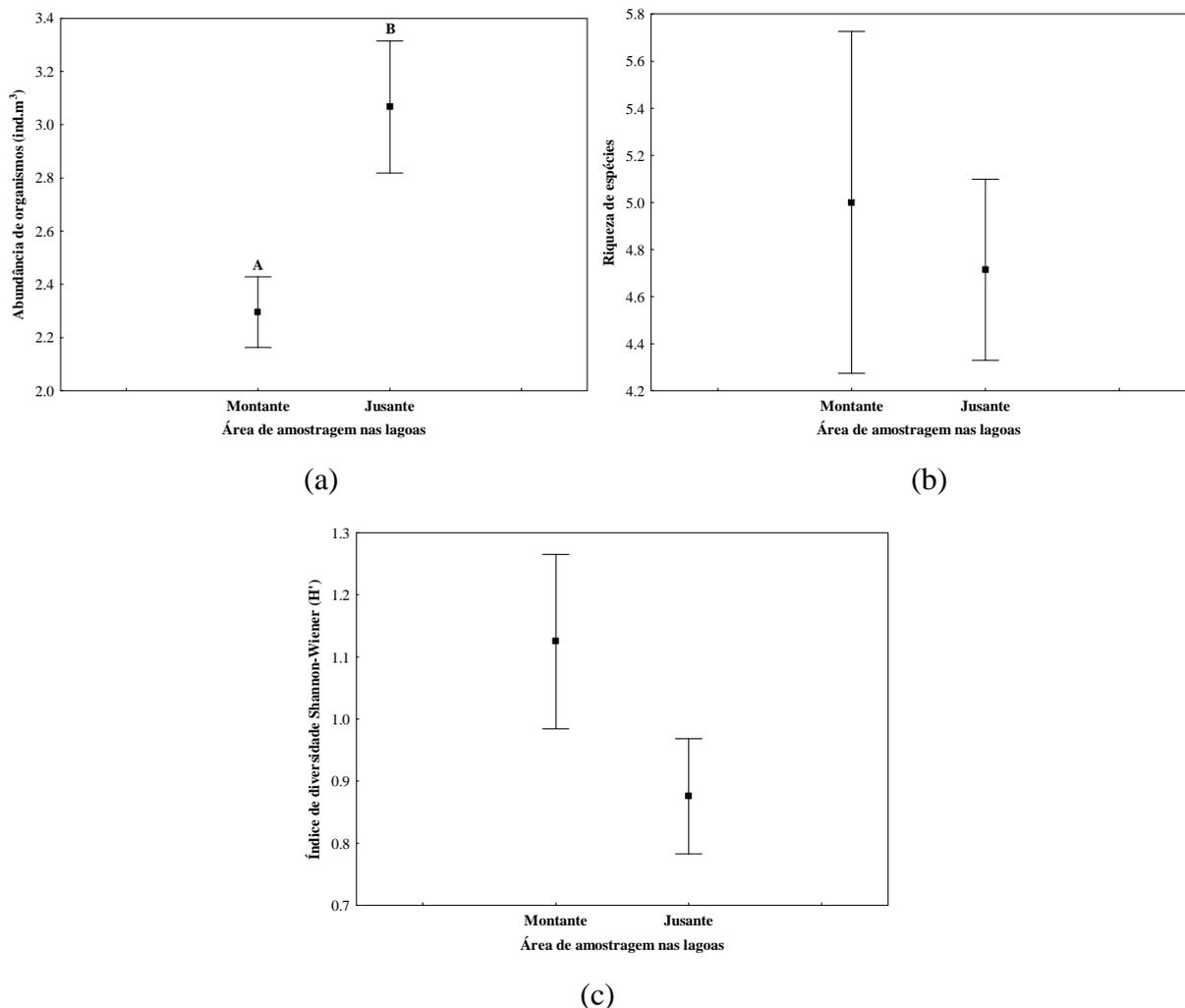
**Figura 4.** Abundância de organismos (a), riqueza (b) e diversidade de espécies (c) nas áreas de amostragem na calha principal do rio Paraná, ao longo do rio sentido montante-jusante (os símbolos representam os valores médios de riqueza, as barras verticais representam o erro padrão, e as letras em cima de cada valor representam os pontos que diferiram estatisticamente).

Para a abundância de organismos ( $F = 5,19$ ;  $p = 0,02$ ), riqueza de espécies ( $F = 9,14$ ;  $p = 0,00$ ) e diversidade de espécies ( $F = 11,91$ ;  $p = 0,00$ ), as áreas de amostragem nos tributários diferiram significativamente pela análise de variância (ANOVA) (Figura 5a, b e c). A análise evidenciou que os pontos de amostragem a montante diferiram da jusante, apresentando maiores médias de abundância de organismos, riqueza e diversidade de espécies, enquanto que a jusante apresentou as menores médias dos atributos da comunidade.



**Figura 5.** Abundância de organismos (a) riqueza (b) e diversidade de espécies (c) nos tributários amostrados a montante e jusante. (os símbolos representam os valores médios de riqueza, as barras verticais representam o erro padrão, e as letras em cima de cada valor representam os pontos que diferiram estatisticamente).

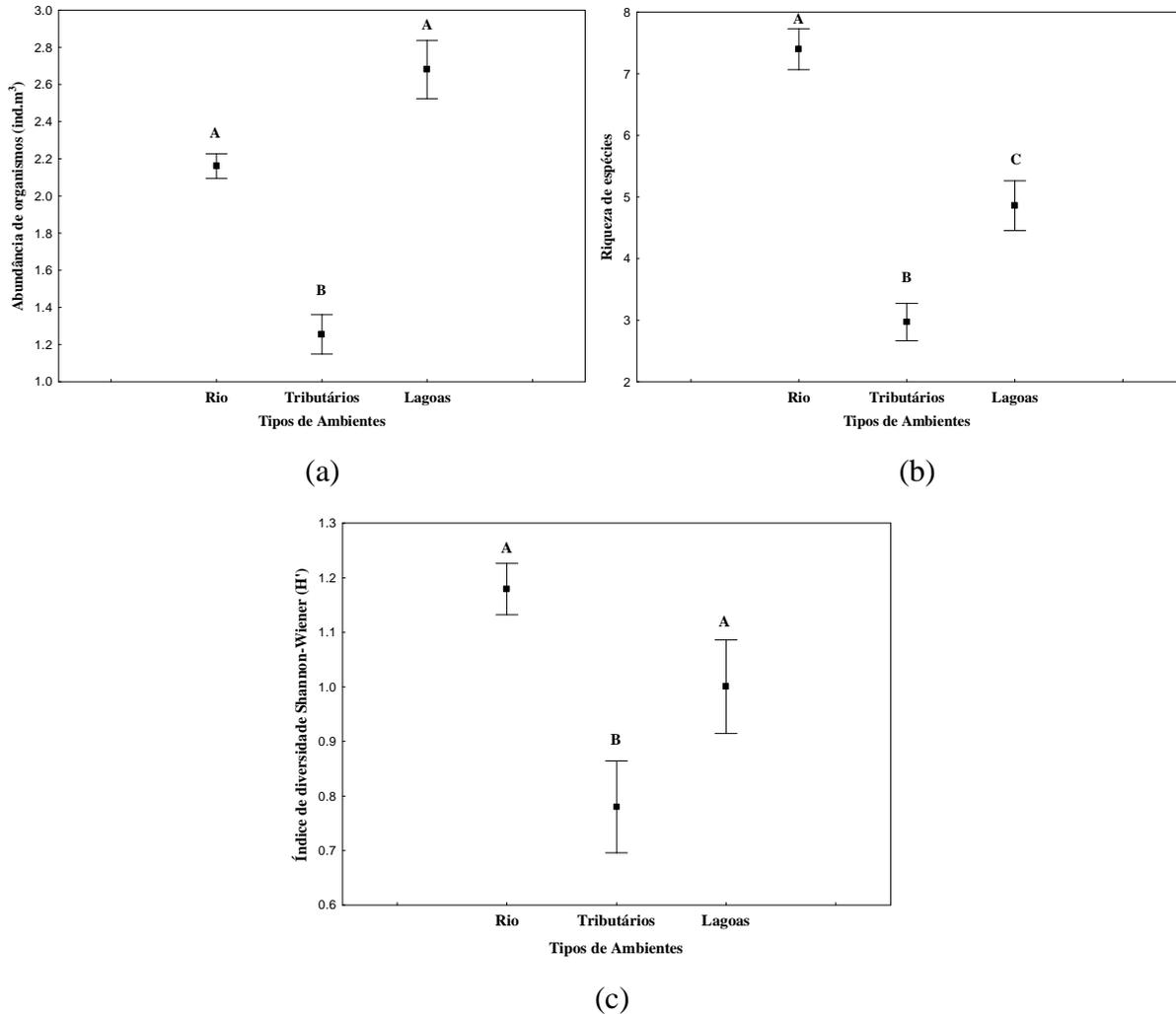
A análise de variância (ANOVA) apontou diferenças significativas da abundância de organismos nas áreas de amostragem nas lagoas ( $F = 7,51$ ;  $p = 0,01$ ). A análise evidenciou que os pontos de amostragem a jusante diferiram daqueles localizados a montante, apresentando maiores médias de abundância de organismos, enquanto que a montante apresentou as menores médias. (Figura 6a). A riqueza ( $F = 0,12$ ;  $p = 0,73$ ) e diversidade de espécies ( $F = 2,19$ ;  $p = 0,15$ ), não apresentou diferenças significativas entre as áreas de amostragem (Figura 6b e c).



**Figura 6.** Abundância de organismos (a), riqueza (b) e diversidade de espécies (c) nas lagoas amostradas a montante e jusante (os símbolos representam os valores médios de riqueza, as barras verticais representam o erro padrão, e as letras em cima de cada valor representam os pontos que diferiram estatisticamente).

A abundância de organismos entre os tipos de ambientes diferiu significativamente pela Análise de Kruskal-Wallis ( $H = 47,33$ ;  $p < 0,001$ ). Somente os tributários diferiram dos demais ambientes, apresentando as menores médias de abundância de organismos, enquanto que as maiores médias foram registradas nas lagoas (Figura 7a). A ANOVA indicou diferenças significativas entre os pontos de amostragem do rio Paraná, dos tributários e das lagoas para a riqueza ( $F = 44,46$ ;  $p < 0,01$ ) e diversidade de espécies de copépodes ( $F = 8,56$ ;  $p < 0,001$ ). Para a riqueza de espécies houve diferença entre os três tipos de ambientes, enquanto que para a diversidade de espécies os pontos de amostragem do rio Paraná e das lagoas foram os que diferiram significativamente dos tributários. As maiores médias de riqueza e diversidade de espécies foram observadas para os pontos de amostragem do rio

Paraná, enquanto que as menores médias desses atributos foram verificadas nos tributários (Figura 7b e c).

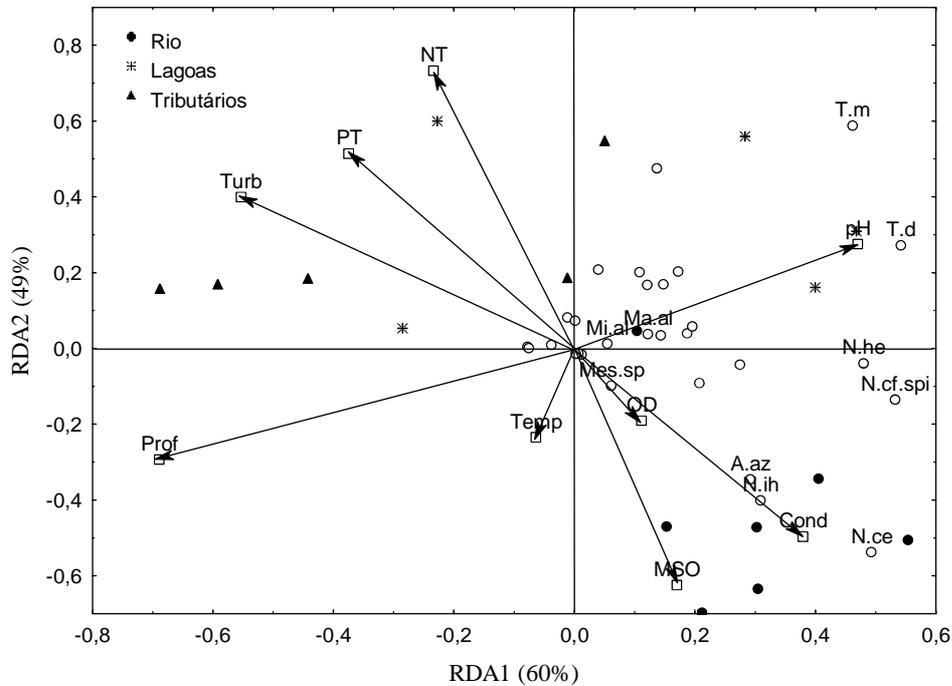


**Figura 7.** Abundância de organismos (a), riqueza (b) e diversidade de espécies (c) em cada tipo de ambiente amostrado (os símbolos representam os valores médios de H', as barras verticais representam o erro padrão, e as letras em cima de cada valor representam os pontos que diferiram estatisticamente).

A análise de redundância (RDA) revelou variação significativa com as variáveis ambientais ( $p < 0,05$ ), e o modelo de ordenação explicou 57% da variância da matriz dos dados. De modo geral, Cyclopidae apresentou maior correlação com as variáveis ambientais e apenas uma espécie de Diaptomidae foi correlacionada.

O primeiro eixo apresentou maior explicação (60%), e *Microcyclops alius*, *Macrocyclops albidus*, *Thermocyclops minutus* e *Thermocyclops decipiens* foram correlacionadas positivamente com o pH e negativamente com a profundidade. *Mesocyclops*

sp., *Notodiaptomus iheringi*, *Notodiaptomus henseni*, *Notodiaptomus cf. spinuliferus* e *Notodipatomus cearensis* foram correlacionadas positivamente com a condutividade elétrica, fósforo total e turbidez, e *Argyrodiaptomus azevedoi* também foi correlacionada positivamente com o fósforo total e turbidez (Figura 8).



**Figura 8.** Representação bidimensional da análise de redundância (RDA) entre a abundância dos copépodes e as variáveis ambientais nos pontos amostrados. Cond.= condutividade elétrica; NT= nitrogênio total; Prof.= profundidade; PT= fósforo total; Temp.= temperatura; Turb.= turbidez; O.D.= oxigênio dissolvido; pH. **Espécies:** Mi.sp = *Microcyclops* sp.; Mi.al, *M. alius*; Ma.al = *M. albidus*; A.az = *A. azevedoi*; N.ih = *N. iheringi*; Mes.sp = *Mesocyclops* sp.; Met.me = *M. mendocinus*; T.m = *T. minutus*; T.d = *T. decipiens*; N.he = *N. henseni*; N.cf.spi = *N. cf. spinuliferus*; N.ce = *N. cearensis*. Para melhor identificação das espécies no gráfico, as legendas foram utilizadas para as espécies mais associadas a cada eixo.

#### 4. Discussão

Uma tendência do gradiente espacial de produtividade foi observada ao longo do trecho amostrado do rio Paraná, evidenciado, principalmente pelas concentrações de fósforo total e turbidez, que sugerem valores mais baixos nos pontos mais próximos da barragem de Porto Primavera. A construção de reservatórios, principalmente em cascata, pode provocar diversas alterações a jusante do rio, como a redução no transporte de sólidos suspensos, aumento na transparência da água, decréscimo nas concentrações de nutrientes, o que pode

causar a oligotrofização destes ambientes e descontinuidade nas características físicas e biológicas (Ney, 1996; Agostinho *et al.*, 1995; Barbosa *et al.*, 1999). Estes impactos têm sido amplamente verificados para a planície de inundação do alto rio Paraná (Agostinho *et al.*, 2008; Roberto *et al.*, 2009; Simões *et al.*, 2015).

Os níveis hidrológicos apresentaram pouca variação nos períodos de amostragem (valores médios menores que 3,5 metros), principalmente no mês de fevereiro, que corresponde ao período de cheia nesse estudo. Sabe-se que a partir do valor de 3,5 metros o rio Paraná inicia a inundação dos ambientes adjacentes diretamente conectados a ele (Agostinho *et al.*, 2004a; Souza-Filho, 2009). Desse modo, pode-se sugerir que não foi observada diferenciação entre os períodos de seca e cheia nesse estudo.

Em relação à composição da comunidade de copépodes, a predominância numérica de *T. minutus*, *N. henseni*, *T. decipiens* e *N. cearensis* tem sido recorrente em estudos da estrutura da comunidade de copépodes, em ecossistemas aquáticos continentais (Nogueira *et al.*, 2008, Lansac-Tôha *et al.*, 2004, 2009; Ferrareze e Nogueira, 2011; Amaral, 2014).

A abundância de organismos apresentou um padrão decrescente à medida que os pontos de amostragem se distanciavam da barragem de Porto Primavera, sentido montante para jusante. Os efeitos de barramentos na oligotrofização e redução da carga de material em suspensão em rios têm sido amplamente reportados como um dos possíveis causadores nas mudanças da biota aquática (Istvánovics *et al.*, 2010; Bortolini *et al.*, 2016). As alterações na descontinuidade das características físicas e químicas desses sistemas podem promover a diminuição dos atributos ecológicos das comunidades, incluindo os copépodes (Vannote *et al.*, 1980; Ward e Stanford, 1995). Esse padrão também pode ser observado em outros estudos realizados em ambientes sob a influência de barragens a montante (Mitsuka e Henry, 2002; Casanova e Henry, 2004; Chang *et al.*, 2008; Perbiche-Neves *et al.*, 2012; Grabowska *et al.*, 2013).

O padrão de decréscimo da comunidade de copépodes pode ser devido a influência da velocidade corrente (Mitsuka e Henry, 2002; Casanova e Henry, 2004; Chang *et al.*, 2008; Perbiche-Neves *et al.*, 2012; Grabowska *et al.*, 2013). De modo que, a velocidade da corrente interfere na remoção de nutrientes essenciais para os copépodes (Mitsuka e Henry, 2002). Casanova e Henry (2004) verificaram ainda que o baixo nível hidrológico ocasionou pouca contribuição das lagoas para o incremento de espécies na calha do rio, pela reduzida comunicação entre esses ambientes. Casanova e Henry (2004) e Perbiche-Neves *et al.* (2012) ainda atribuíram esse padrão ao aumento da turbidez, pelo fato da turbidez afetar a alimentação e respiração dos copépodes (Casanova e Henry, 2004). No trabalho de Perbiche-

Neves *et al.* (2012) observou-se que a baixa temperatura influenciou nesse padrão de decréscimo da comunidade de copépodes, pois a temperatura pode exercer influência no metabolismo dos copépodes.

Os maiores valores da abundância de organismos observados nos pontos a montante do rio Paraná devem-se, possivelmente, pelo fato de os pontos de amostragem nesse trecho estarem localizados mais próximos da planície de inundação adjacente. O padrão de distribuição longitudinal da abundância de organismos está intimamente relacionado à hidrodinâmica dos ambientes aquáticos continentais (Nieff, 1996), devido ao fato, dos nutrientes e compostos bióticos serem removidos pela velocidade corrente (Mitsuka e Henry, 2002; Casavnova e Henry, 2004), afetando a disponibilidade alimentar das comunidades. Além disso, a reprodução dos organismos planctônicos serem em ambientes com baixa velocidade corrente (Ward, 1994). De modo que na planície de inundação apresenta menor velocidade corrente (Daga *et al.*, 2009; Velho, 2001; Mesa *et al.*, 2012), favorecendo o aumento da abundância de copépodes (Viroux, 1997). Outro fator que também exerce influência na abundância de organismos é o nível hidrológico, determinando padrões da comunidade de copépodes, como observado no estudo de Velho (2001). De modo que, o período de cheia pouco pronunciado favoreceu o aumento da abundância de organismos.

Em relação aos tributários, os mesmos contribuíram para o aumento dos atributos da comunidade de copépodes ao longo do eixo longitudinal do rio Paraná. De modo que, a maior contribuição foi verificada pelos tributários localizados na planície de inundação do alto rio Paraná, da margem direita, tais como, Baía, Ivinhema e Ivinheminha. Este resultado evidencia, mais uma vez, a importância desse sistema na dispersão das espécies, sendo favorecido pela conectividade hidrológica e pela relação com a biocomplexidade nesses ambientes, o que pode favorecer a troca de organismos e, conseqüentemente, a biodiversidade na planície de inundação (Cloern, 2007).

Considerando as lagoas em particular, as mesmas não contribuíram significativamente para o incremento das espécies no rio, o que pode ter sido ocasionado pelo período de chuva pouco pronunciado. Além disso, o próprio reservatório atua na contenção da água a montante, o que pode interromper ainda mais a conectividade hidrológica entre os ambientes lênticos e o rio (Nadai e Henry, 2009). Dessa forma, sem a elevação do nível da água, que promove a homogeneização nos ambientes (Thomaz *et al.*, 2007), a distribuição da fauna ao longo do trecho do rio Paraná pode ter ficado comprometida (Alves *et al.*, 2005).

Em relação aos tipos de ambientes amostrados, o rio Paraná apresentou as maiores médias de riqueza e diversidade de espécies, em relação aos tributários e as lagoas. Esses

maiores valores observados no rio possivelmente são devido a contribuição dos tributários da planície de inundação (Vannote *et al.*, 1980; Junk *et al.*, 1989). Dessa forma, aumentando a biodiversidade desse sistema, esses ambientes podem servir como fonte de dispersão de propágulos de espécies (Braghin *et al.*, 2015; Bomfim *et al.*, 2015; Bomfim, 2016). As lagoas marginais por outro lado, apresentaram maior abundância de organismos em relação ao rio e tributários. Os copépodes, em ambiente lênticos, costumam apresentar uma maior abundância de organismos quando comparado a ambientes lóticos (Paggi e José De Paggi, 1990). O sucesso da abundância da comunidade zooplancônica em lagoas, é devido à complexidade de habitats desses ambientes (Maia-Barbosa *et al.*, 2008), apresentando baixa velocidade corrente e grande tempo de retenção da água (Ferrareze e Nogueira, 2011). De modo que, essas são condições hidrológicas favoráveis que promovem elevada abundância da comunidade de copépodes (Viroux, 1997).

Em relação à análise de redundância, a correlação negativa de *Microcyclops alius* e *Macrocyclops albidus* ter com a profundidade pode ser explicada pelo fato que essas espécies são consideradas típicas da região litorânea (Lansac-Tôha *et al.*, 2002; Perbiche-Neves *et al.*, 2014b). Essas espécies podem apresentar preferência por esse compartimento, pois esse apresenta macrófitas aquáticas e possuem menor profundidade e velocidade de corrente quando comparado com a região limnética, e assim, podem fornecer condições mais favoráveis para o estabelecimento dessas espécies (Maia-Barbosa *et al.*, 2008). E as espécies *Thermocyclops minutus* e *Thermocyclops decipiens* apesar de apresentar elevada distribuição em todos tipos de ambientes, também apresentaram correlação negativa com a profundidade, devido ao fato, da região litorânea apresentar maior disponibilidade alimentar (Landa *et al.*, 2007) e maior disponibilidade de habitats pela presença das macrófitas (Thomaz e Cunha, 2010).

As macrófitas aquáticas presentes na região litorânea realizam intensa atividade fotossintética, o que pode causar o aumento da alcalinidade nesse compartimento (Pierini e Thomaz, 2004; Chalkia e Kehayias, 2013). Devido a isso pode-se explicar a correlação positiva dessas mesmas espécies com o pH, além disso, um estudo realizado por Adamczuk *et al.* (2015), destaca que *M. albidus* também atua como uma espécie indicadora de pH alcalino, o que também é evidenciado nos resultados do presente estudo.

O gênero *Mesocyclops* sp. também é típico de regiões litorâneas sendo associado com macrófitas aquáticas (Lansac-Tôha *et al.*, 2002; Maia-Barbosa *et al.*, 2008), e a distribuição de algumas macrófitas está relacionada com a condutividade elétrica (Bini e Thomaz, 2005), isso justifica este gênero ter apresentado correlação positiva com a

condutividade elétrica, devido a íntima relação entre essa variável e as macrófitas. A condutividade também esteve associada positivamente com *Notodiaptomus iheringi* que apresenta grande tolerância à elevada condutividade elétrica nos ambientes (Rietzler *et al.*, 2002; Matsumura-Tundisi e Tundisi, 2003) o que pode explicar a correlação positiva dessa variável ambiental com a espécie de copépode. A condutividade elétrica também apresentou relação com *Notodiaptomus henseni*, *Notodiaptomus cearensis* (Sousa *et al.*, 2008; Perbiche-Neves e Nogueira, 2013), e como dito anteriormente a região litorânea com a presença das macrófitas possivelmente pode ter favorecido o desenvolvimento dessas espécies assim como de *Notodiaptomus cf. spinuliferus*.

Variáveis ambientais de produtividade como fósforo total e turbidez estiveram correlacionadas positivamente com *N. iheringi*, *Argyrodiptomus azevedoi*, *Mesocyclops sp.*, *N. henseni*, *N. cf. spinuliferus* e *N. cearensis*. Sabe-se que o aumento das concentrações dessas variáveis em reservatórios tem ligação direta com o aumento dos atributos da comunidade fitoplanctônica (Nogueira *et al.*, 2010). Dessa forma, esse aumento pode indicar uma maior disponibilidade de alimento para essas espécies de copépodes, que são consideradas filtradoras e utilizam do fitoplâncton como item alimentar (Williamson, 1986; Crossetti *et al.*, 2008; Perbiche-Neves *et al.*, 2016).

## 5. Considerações Finais

Os resultados destacam a influência da planície de inundação do alto rio Paraná sobre a estruturação da comunidade de copépodes ao longo de um eixo longitudinal em um trecho do rio com ação da barragem de Porto Primavera. Foi observado um decréscimo de menores valores da abundância dos organismos da comunidade de copépodes à medida que os pontos de amostragem se distanciavam da barragem de Porto Primavera, refutando a primeira hipótese deste estudo. Entretanto, esses resultados podem confirmar a contribuição da planície de inundação adjacente ao rio para o aumento dos atributos da comunidade de copépodes, já que os pontos amostrados a montante, ou seja, mais próximos desse sistema, foram os que apresentaram maiores valores dos atributos da comunidade.

Além disso, a importância da planície de inundação do alto rio Paraná para a estruturação da comunidade de copépodes também foi salientada pelos maiores atributos da comunidade, pelos tributários pertencentes a esse sistema, corroborando parcialmente com a

segunda hipótese predita. Por fim, a terceira hipótese desse estudo também foi corroborada, o padrão de composição de espécies de copépodes foi correlacionado ao gradiente ambiental.

Dessa forma, destaca-se a importância dos sistemas de planície de inundação e ambientes adjacentes na estruturação da comunidade de copépodes. Nesse sentido, sugere-se que estudos com outras comunidades aquáticas de sistemas sobre a influência de barragens sejam realizados, com a finalidade de manter estratégias de conservação e manutenção da integridade dos ambientes adjacentes e, conseqüentemente, da biodiversidade aquática.

## Referências

Adamczuk M, Mieczan T, Tarkowska-Kukuryk M, Demetraki-Paleolog A. 2015. Rotatoria–Cladocera–Copepoda relations in the long-term monitoring of water quality in lakes with trophic variation (E. Poland). *Environ. Earth. Sci.* 73:8189-8196.

Agostinho AA, Vazzoler AEAM, Thomaz SM. 1995. The high river Paraná basin: limnological and ichthyological aspects, p. 59-103. In: Tundisi JG, Bicudo CEM, Matsumura-Tundisi T. (eds.). *Limnology in Brazil*. Rio de Janeiro: ABC/SBL.

Agostinho AA, Gomes LC, Veríssimo S, Okada EK. 2004a. Flood regime, dam regulation and fish in the upper Paraná river: effects on assemblage attributes, reproduction and recruitment. *Rev. Fish Biol. Fish.* 14:11-19.

Agostinho AA, Thomaz SM, Gomes LC, 2004b. Threats for biodiversity in the floodplain of the upper Paraná river: effects of hydrological regulation by dams. *Ecohydrol. Hydrobiol.* 4:255-256.

Agostinho AA, Gomes LC, Pelicice FM. 2007. *Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil*. Maringá. Eduem. 501 pp.

Agostinho, AA, Pelicice FM, Gomes LC. 2008. Dams and the fish fauna of the Neotropical region: impacts and management related to diversity and fisheries. *Braz. J. Biol.* 68:1119-1132.

Agostinho AA, Gomes LC, Santos NCL, Ortega JCG, Pelicice FM. 2016. Fish assemblages in Neotropical reservoirs: Colonization patterns, impacts and management. *Fish. Res.* 173:26-36.

Almeida LR. 2006. Avaliação espaço-temporal do zooplâncton da Laguna Estauriana de Guaraíras (RN, Brasil). Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 67 p. Tese (Mestrado em Bioecologia Aquática). Programa de Pós-graduação em Bioecologia Aquática. Natal.

Alves GM, Velho LFM, Lansac-Tôha FA, Robertson B, Bonecker CC. 2005. Effect of the connectivity on the diversity and abundance of cladoceran assemblages in lagoons of the upper Paraná river floodplain. *Acta Limnol. Bras.* 17:317-327.

Amaral DC. 2014. Efeito das variáveis ambientais influentes em espécies de copépodes (Crustacea: Copepoda) de planícies de inundação neotropicais. UEM, 38 p. Dissertação (mestrado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais) Universidade Estadual de Maringá, Maringá.

Barbosa PMM, Brito S, Rietzler AC, Eskinazi-Sant'anna EM. 2006. Diversidade do zooplâncton de Minas Gerais. Ciênc. Hoje. 38:67-69.

Barbosa FAR, Padisák J, Espindola ELG, Borics G, Rocha O. 1999. The cascading reservoir continuum concept (CRCC) and its application to the river Tietê-Basin, São Paulo State, Brazil. p. 425-437. In Tundisi JG, Straskraba M. (Eds.), Theoretical Reservoir Ecology and its Applications. International Institute of Ecology. Leiden.

Bini LM, Thomaz SM. 2005. Prediction of *Egeria najas* and *Egeria densa* occurrence in a large subtropical reservoir (Itaipu Reservoir, Brazil-Paraguay). Aquat. Bot. 83:227-238.

Bomfim FF. 2016. Influência da disponibilidade de alimento sobre o tamanho corpóreo e abundância de rotíferos e cladóceros em áreas alagáveis subtropicais, UEM, 37 p. Dissertação (mestrado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais) Universidade Estadual de Maringá, Maringá.

Bomfim FF, Schwind LTF, Bonecker CC, Lansac-Tôha FA. 2015. Variação espacial de rotíferos planctônicos: diversidade e riqueza de espécies. Arquivos do Mudi 19:45-56.

Bortolini JC, Moresco GA, Paula ACM, Jati S, Rodrigues LC. 2016. Functional approach based on morphology as a model of phytoplankton variability in a subtropical floodplain lake: a long-term study. Hydrobiologia 767:151-163.

Bottrell HH, Duncan A, Gliwicz ZM, Gryiek E, Herzig A, Hillbricht-Ilkowska A, Kurasawa H, Larsson P, Weglenska TA. 1976. Review of some problems in zooplankton production studies. Norw. J. Zool. 24:419-456.

Braghin LS, Figueiredo MBRS, Meurer T, Michelan TS, Simões NR, Bonecker CC. 2015. Zooplankton diversity in a dammed river basin is maintained by preserved tributaries in a tropical floodplain. Aquat. Ecol. 49:175-187.

Brasil. Ministério de Minas e Energia. 2012. Metodologia para Avaliação Socioambiental de Usinas Hidrelétricas. Brasília, DF. 35 pp.

Casanova SMC, Henry R. 2004. Longitudinal distribution of copepoda populations in the transition zone of Paranapanema river and Jurumirim reservoir (São Paulo, Brazil) and interchange with two lateral lakes. Braz. J. Biol. 64:11-26.

Chalkia E, Kehayias G. 2013. Zooplankton and environmental factors of a recovering eutrophic lake (Lysimachia Lake, Western Greece). Biologia 68:459-469.

Chang KH, Doi H, Imai H, Gunji F, Nakano S. 2008. Longitudinal changes in zooplankton distribution below a reservoir outfall with reference to river planktivory. *Limnology* 9:125-133.

Cloern J. 2007. Habitat connectivity and ecosystem productivity: implications from a simple model. *Am. Nat.* 169:21-33.

Crossetti LO, Bicudo DC, Bicudo CEM, Bini LM. 2008. Phytoplankton biodiversity changes in a shallow tropical reservoir during the hypertrophication process. *Braz. J. Biol.* 68:1061-1067.

Daga VS, Gogola TM, Sanches PV, Baumgartner G, Baumgartner D, Piana PA, Gubiani ÉA, Delariva RL. 2009. Fish larvae assemblages in two floodplain lakes with different degrees of connection to the Paraná River, Brazil. *Neotrop. Ichthyol.* 7:429-438.

Eskinazi-Sant'Anna EM, Menezes R, Costa IS, Araújo M, Panosso R, Attayde JL. 2013. Zooplankton assemblages in eutrophic reservoirs of the Brazilian semi-arid. *Braz. J. Biol.* 73:37-52

Farhadian O, Kolivand S, Mahmoudi KM, Ebrahimi DE, Mahboobii SN. 2013. Nutritional value of freshwater mesozooplankton assemblages from Hanna Dam Lake, Iran, during a one-year study. *Iran. J. Fish. Sci.* 12:301-319.

Ferrareze M, Nogueira MG. 2011. Importance of Lateral Lagoons for the Zooplankton Assemblages (Cladocera and Copepoda) in a Large Tropical Reservoir. *Oecol. Aust.* 15:522-536.

Golterman HL, Clymo RS, Ohmstad MAM. 1978. Methods for physical and chemical analyses of freshwaters. Blackwell Scientific Publication, Oxford. 213 pp.

Grabowska, M.; Ejsmont-Karabin, J.; Karpowicz, M. 2013. Reservoir-River relationships in Lowland, Shallow, Eutrophic Systems: An impact of Zooplankton from Hypertrophic Reservoir on River Zooplankton. *Pol. J. Ecol.* 61:759-768.

Hartwich M, Martin-Creuzburg D, Wacker A. 2013. Seasonal changes in the accumulation of polyunsaturated fatty acids in zooplankton. *J. Plankton Res.* 35:121-134.

Hopp U, Maier G, Bleher R. 1997. Reproduction and adult longevity of five species of planktonic cyclopod copepods reared on different diets: a comparative study. *Freshw. Biol.* 38:289-300.

IBGE. 1990. Geografia do Brasil. Região Sul. Rio de Janeiro: IBGE.

Istvánovics VM, Honti M, Voros L, Kozma Z. 2010. Phytoplankton dynamics in relation to connectivity, flow dynamics and resource availability—the case of a large, lowland river, the Hungarian Tisza. *Hydrobiologia* 637:121-141.

Junk WJ, Mello JASN. 1987. Impactos ecológicos das represas hidrelétricas na bacia amazônica brasileira. *Estudos Avançados* 4:126-143.

Junk WJ, Bayler PB, Sparks RE. 1989. The Flood Pulse Concept in River – Floodplain System. In: Dodge DP. Proceeding of the International Large River Symposium. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. Ottawa, Canada. 106:110-127.

Landa GG, Barbosa FAR, Rietzler AC, Maia-Barbosa PM. 2007. Thermocyclops decipiens (Kiefer, 1929) (Copepoda, Cyclopoida) as Indicator of Water Quality in the State of Minas Gerais, Brazil. Braz. Arch. Biol. Technol. 50:695-705.

Lansac-Tôha FA, Velho LFM, Higuti J, Takahashi EM. 2002. Cyclopidae (Crustacea, Copepoda) from the upper Paraná river floodplain, Brazil. Braz. J. Biol. 62:125-133.

Lansac-Tôha FA, Bonecker CC, Velho LFM, Takahashi EM, Nagae MY. 2004. Zooplankton in the upper Paraná river floodplain: composition, richness, abundance and relationships with the hydrological level and the connectivity. p. 75-84. In: Agostinho AA, Rodrigues L, Gomes LC, Thomaz SM, Miranda LE. (Eds.), Structure and functioning of the Paraná river and its floodplain. Eduem, Maringá.

Lansac-Tôha FA, Bonecker CC, Velho LFM, Simões NR, Dias JD, Alves GM, Takahashi EM. 2009. Biodiversity of zooplankton communities in the upper Paraná river floodplain: interannual variation from long-term studies. Braz. J. Biol. 69:539-549.

Legendre P, Gallagher ED. 2001. Ecologically meaningful transformations for ordination of species data. Oecologia. 129:271-280.

Legendre P, Legendre L. 1998. Numerical Ecology. Amsterdam: Elsevier Science Ltd. 839 pp.

Mackereth FJH, Heron J, Talling JF. 1978. Water analysis: some revised methods for limnologists. Freshwater Biological Association Scientific Publication. 120 pp.

Maia-Barbosa PM, Peixoto RS, Guimarães, AS. 2008. Zooplankton in littoral waters of a tropical lake: a revisited biodiversity. Braz. J. Biol. 68:1069-1078.

Matsumura-Tundisi T. 1986. Latitudinal distribution of Calanoida in freshwater aquatic systems of Brazil. Braz. J. Biol. 46:527-553.

Matsumura-Tundisi T, Tundisi JG. 2003. Calanoida (Copepoda) species composition changes in the reservoirs of São Paulo State (Brazil) in the last twenty years. Hydrobiologia 504:215–222.

Melo NFAC, Paiva RS, Silva MMT. 2006. Considerações ecológicas sobre o zooplâncton do lago Bolonha, Belém, Pará, Brasil. Bol. Mus. Para. Emilio Goeldi Cienc. Hum. 1:115-125.

Mesa LM, Marchese MR, Montalto L, Florencia LZ. 2012. Bidirectional exchanges of benthic invertebrates in a large river–floodplain system (Paraná River, Argentina). Ann. Limnol. - Int. J. Lim. 48:425-436.

Mitsuka PM, Henry R. 2002. The fate of copepod populations in the Paranapanema River (São Paulo), downstream from the Jurumirim Dam. *Braz. Arch. Biol. Technol.* 45:479-490.

Nadai R, Henry R. 2009. Temporary fragmentation of a marginal lake and its effects on zooplankton community structure and organization. *Braz. J. Biol.* 69:819-835.

Napiórkowski P, Kentzer A, Dembowska E. 2006. Zooplankton of the lower Vistula fiver: the effect of Włocławek Dam Reservoir (Poland) on community structure. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 29:2109-2114.

Neiff JJ. 1996. Large rivers of South America: toward a new approach. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 26:167-180.

Ney JJ. 1996. Oligotrophication and its discontents: effects of reduced nutrient loading on reservoir fisheries. In: Miranda LE, Vries DR, (Eds.). *Multidimensional Approaches to Reservoir Fisheries Management*. Am. Fish. Soc. Symp. Bethesda. 16:285-295.

Nogueira MG, Oliveira PCR, Britto YT. 2008. Zooplankton assemblages (Copepoda and Cladocera) in a cascade of reservoirs of a large tropical river (SE Brazil). *Limnetica*. 27:151-170.

Nogueira MG, Ferrareze M, Moreira ML, Gouvêa RM. 2010. Phytoplankton assemblages in a reservoir cascade of a large tropical – subtropical river (SE, Brazil). *Braz. J. Biol.* 70:781-793.

Oksanen J, Blanchet FG, Kindt R. 2012. *Vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.0-6. URL <http://vegan.r-forge.r-project.org/>.

Paggi JC, José de Paggi S. 1990. Zooplâncton de ambientes lóticos e lênticos do Rio Paraná Médio. *Acta Limnol. Bras.* 3:685-719.

Pedrozo CS, Rocha O. 2005. Zooplankton and water quality of lakes of the Northern Coast of Rio Grande do Sul State, Brazil. *Acta Limnol. Bras.* 17:445-464.

Perbiche-Neves G, Serafim JRM, Ghidini AR, Brito, L. 2007. Spatial and temporal distribution of Copepoda (Cyclopoida and Calanoida) of an eutrophic reservoir in the basin of upper Iguaçu river, Paraná, Brazil. *Acta Limnol. Bras.* 19:393-406.

Perbiche-Neves G. 2010. *Copépodes planctônicos (Crustacea, Calanoida e Cyclopoida) em reservatórios e trechos lóticos da bacia do Rio da Prata (Brasil, Paraguai, Argentina e Uruguai): taxonomia distribuição geográfica e alguns atributos ecológicos*. Universidade Estadual Paulista – UNESP. 230 p. Tese (Doutorado em Zoologia). Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas. Botucatu.

Perbiche-Neves G, Serafim-Júnior M, Portinho JL, Shimabukuro, ÉM, Ghidini AR, Brito LD. 2012. Effect of atypical rainfall on lotic zooplankton: comparing downstream of a reservoir and tributaries with free stretches. *Trop. Ecol.* 53:149-162.

Perbiche-Neves G, Nogueira MG. 2013. Reservoir design and operation: effects on aquatic biota - a case study of planktonic copepods. *Hydrobiologia* 707:187-198.

Perbiche-Neves G, Nogueira MG, Oliveira P, Serafim-Junior M. 2014a. Sobre alguns Atributos Ecológicos de Copépodes (Crustacea) Planctônicos de dois reservatórios profundos. *Braz. J. Aquat. Sci. Technol.* 18:1-8.

Perbiche-Neves G, Rocha CEF, Nogueira MG. 2014b. Estimating cyclopoid copepod species richness and geographical distribution (Crustacea) across a large hydrographical basin: comparing between samples from water column (plankton) and macrophyte stands. *Zoologia* 31:239-244.

Perbiche-Neves G, Portinho JL, Ferreira RAR, Nogueira MG. 2016. Increases in microcrustaceans (Cladocera and Copepoda) associated with phytoplankton peaks in tropical reservoirs. *Trop. Ecol.* 57:523-532.

Pielou EC. 1975. *Ecological diversity*. Ed. John Wiley. New York, 165 pp.

Pierini SA, Thomaz S. 2004. Effects of inorganic carbon source on photosynthetic rates of *Egeria najas* Planchon and *Egeria densa* Planchon (Hydrocharitaceae). *Aquatic Botany.* 78:135-146.

Reid JW. 1985. Chave de identificação e lista de referências bibliográficas para as espécies continentais sulamericanas de vida livre da ordem Cyclopoida (Crustacea, Copepoda). *Bol. Zool.* 9:17-143.

Rietzler AC, Matsumura-Tundisi T, Tundisi JG. 2002. Life cycle, feeding and adaptive strategy implications on the co-occurrence of *Argyrodiaptomus furcatus* and *Notodiaptomus iheringi* in Lobo-Broa reservoir (SP, Brazil). *Braz. J. Biol.* 62:93-105.

Roberto MC, Santana NF, Thomaz SM. 2009. Limnology in the upper Paraná river floodplain: large-scale spatial and temporal patterns, and the influence of reservoirs. *Braz. J. Biol.* 69:717-725.

R Program. 2015. The R Foundation for statistical computing. Version 3.1.3. Software livre.

Santos-Silva EM. 2000. Revisão das espécies do “complexo nordestinus” (Wright, 1935) de *Notodiaptomus* Kiefer, 1936 (Copepoda: Calanoida: Diaptomidae). Universidade de São Paulo – USP. 198 p. Tese (Doutorado em Zoologia). Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. São Paulo.

Shah JA, Pandit AK, Shah G. 2013. Mustafa. Distribution, diversity and abundance of copepod zooplankton of Wular Lake, Kashmir Himalaya. *J. Ecol. Nat. Environ.* 5:24-29.

Silva WM. 2003. Diversidade dos Cyclopoida (Copepoda, Crustacea) de água doce do estado de São Paulo: taxonomia, ecologia e genética. Universidade Federal de São Carlos. 154 p. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais). Programa de Pós Graduação em Recursos Naturais. São Carlos.

Simões NR, Nunes AH, Dias JD, Lansac-Tôha FA, Velho LFM, Bonecker CC. 2015. Impact of reservoirs on zooplankton diversity and implications for the conservation of natural aquatic environments. *Hydrobiologia* 758:3-17.

Smith GA, Fitzpatrick LC, Pearson WD. 1979. Structure and Dynamics of a Zooplankton Community in a Small North-Central Texas Pond Ecosystem. *Southwest. Nat.* 24:1-16.

Sousa W, Attayde JL, Rocha ES, Eskinazi-Sant'anna EM. 2008. The response of zooplankton assemblages to variations in the water quality of four man-made lakes in semi-arid northeastern Brazil. *J. Plankton Res.* 30:699-708.

Souza-Filho EE. 2009. Evaluation of the upper Paraná river discharge controlled by reservoirs. *Braz. J. Biol.* 69:707-716.

Sokal RR, Rohlf FJ. 1991. *Biometry: the principles and practice of statistics in biological research*. New York: WH. Freeman and Company. 859 pp.

Statsoft I INC. 2005. *Statistica for Windows (data analysis software system)*, version 7.1, Statsoft Inc., Tulsa.

Sugumaran J. 2016. Influence of Seasons on Copepods of Agniyar Estuary, Palk Strait, Tamil Nadu, India. *Int. J. Zool. Appl. Biosci.* 1:40-45.

Thomaz SM, Pagioro TA, Bini LM, Roberto MC, Rocha RRA. 2004. Limnological characterization of the aquatic environments and the influence of hydrometric levels. p. 75-102. In: Thomaz SM, Agostinho AA, Hahn NS. (Eds.), *The upper Paraná river and its floodplain: physical aspects, ecology and conservation*. Backhuys Publishers, Leiden.

Thomaz SM, Bini LM, Bozelli RL. 2007. Floods increase similarity among aquatic habitats in river-floodplain systems. *Hydrobiologia* 579:1-13.

Thomaz SM, Cunha ER. 2010. The role of macrophytes in habitat structuring in aquatic ecosystems: methods of measurement, causes and consequences on animal assemblages' composition and biodiversity. *Acta Limnol. Bras.* 22:218-236.

Vannote RL, Minshall GW, Cummins KW, Sedell JR, Cushing CE. 1980. The River Continuum Concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37:130-137.

Veado L. 2008. *Variação espaço-temporal do zooplâncton do baixo estuário do Rio Itajai-açu, SC*. Universidade do Vale de Itajaí. 71 p. Tese (Mestrado em Ciências e Tecnologia Ambiental). Centro de Ciências e Tecnológicas da Terra e do Mar. Santa Catarina.

Velho LFM, Lansac-Tôha FA, Takeda AM, Higuti J, Franco GMS. 2001. Structure and dynamics of the cyclopoid copepod (Crustacea) assemblage associated with aquatic macrophytes in two lotic environments of the Upper Paraná river basin, Brazil. *Acta Sci.* 23:349-356.

Viroux L. 1997. Zooplankton development in two large lowland rivers, the Moselle (France) and the Meuse (Belgium), in 1993. *J. Plankton Res.* 19:1743-1762.

Ward JV. 1994. The structure and dynamics of lotic ecosystems. In: R. Margalef (Eds.), *Limnology now: a paradigm of planetary problems*. Elsevier Science B.V., 195-218 pp.

Ward JV, Stanford JA. 1995. The serial discontinuity concept: Extending the model to floodplain rivers. *Regul. Rivers: Res. Manag.* 10:159-168.

Ward JV, Stanford JA. 2001. Revisiting the serial discontinuity concept. *Regul. Rivers: Res. Mgmt.* 17:303-310.

Wetzel RG, Likens GE. 1991. *Limnological analyses*. Springer-Verlag, New York. 429 pp.

Williamson CE. 1986. The swimming and feeding behavior of *Mesocyclops*. *Hydrobiologia* 134:11-19.

## ANEXO 1

### Author Guidelines

---

To submit a paper to our journal:

1. **Register** as an Author; we encourage you to register also as a Reader and a Reviewer at the same time.
2. Follows the Instructions to authors below.
3. Read our Editorial Policies and our Competing Interest policies

To submit a revised version:

1. Log in
2. Click on your role as *Author*
3. Click on IN REVIEW under the column STATUS
4. Under the heading EDITOR DECISION, upload your revised paper as AUTHOR VERSION using Browse and Upload buttons
5. Use the NOTIFY EDITOR email (envelope-shaped icon) to inform editors that the revised version has been submitted

#### Manuscript language and ethical compliance

Manuscripts should be in **either British or American English consistently throughout**. Check for consistent spelling of names, terms, and abbreviations, including in tables and figure captions. Manuscripts submitted must not have been published or accepted for publication in any other journal and must not be under consideration for publication anywhere else. The manuscript publication must have been approved by all co-authors, if any, as well as by the responsible authorities – tacitly or explicitly – at the institute where the work has been carried out. The publisher will not be held legally responsible should there be any claims for compensation.

**Permissions.** Authors wishing to include figures, tables, or text passages that have already been published elsewhere are required to obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format and to include evidence that such permission has been granted when submitting their papers. Any material received without such evidence will be assumed to originate from the authors.

**Authors are kindly requested to suggest at least two potential reviewers (names and email addresses) for their manuscript.**

*The manuscript has to be prepared and structured as follows:*

Manuscripts must be written in English language only. Authors whose native language is not English are strongly advised to have their manuscript checked by a language editing service, or by an English mother-tongue colleague prior to submission.

The manuscript must be prepared with a standard word processor (preferably Microsoft Word or OpenOffice).

Pages should be in A4 format and numbered.

Times New Roman 12 pt is the advised font.

Lines should be left numbered *in continuum*, to make the referees' work easier, and double-spaced.

Page 1: title of the contribution, full given name(s) and surname(s) of the author(s), mail address(es) and e-mail address for corresponding author, up to six key words, a condensed *running head*, number of tables and figures.

Page 2: abstract (between 350-400 words).

The body of the text beginning on page 3 should be organized as follows:

INTRODUCTION

METHODS

RESULTS

*Sub-heading(s) (if any)*

DISCUSSION

*Sub-heading(s) (if any)*

CONCLUSIONS

ACKNOWLEDGMENTS

REFERENCES

Tables

Figures

Figure legends

Particular attention should be taken to ensure that manuscripts exactly adhere to the journal style. In particular, take into account the following notes:

- Names of plants and animals and occasional expressions in Latin, Greek or languages other than English should be typed in *italics*.
- Authors must comply with the rules of biological nomenclature, as expressed in the International Code of Zoological Nomenclature, the International Code of Botanical Nomenclature, and the International Code of Nomenclature of Bacteria. When a species name is used for the first time in an article, it should be stated in full, and the name of its describer should also be given. Descriptions of new taxa should comprise official repository of types (holotype and paratypes), author's collections as repositories of types are unacceptable.
- Genus and species names should be in *italics*.
- Formulas should be centered, marked in the margin with an Arabic numeral in brackets, and separated from the text above and below by a blank line.
- References to figures and tables should be indicated, for example, as follows: (Fig. 1); (Figs. 1 and 2); (Tab. 1); (Tabs. 1 and 2).
- Symbols and combined expressions must be presented using negative exponents. Examples are given below:

**ACCEPTED**

$\text{g C m}^{-2} \text{h}^{-1}$   
 $\text{kg m}^{-2} \text{s}^{-1}$   
 $\mu\text{g L}^{-1}$

**REJECTED**

$\text{gr C/m}^2 \cdot \text{h}$   
 $\text{kg} \times \text{m}^{-2} \times \text{sec}^{-1}$   
 $\text{ppb or } \mu\text{g/l}$

*Tables*

Each table should be numbered with Arabic numerals. It should have a title or explanatory legend at the top. Data may not be presented in both tabular and graphical form. Tables must fit the page vertically with a printed width of either 80 or 170 mm. Tables must be formatted as text, not as embedded images, and placed at the end of the manuscript.

*Figures*

The number of figures should be reasonable and justified: no more than 20% of the article. They must be numbered with Arabic numerals and placed at the end of the manuscript. Figures that are grouped together must be numbered using lowercase chronological letters. Figures should be a maximum final width of either 80, 130 or 170 mm. Lettering must be provided by the author(s). Letters, numbers and symbols must appear clearly, but not oversized. A suitable final size for lettering is 2 mm after reduction of the figure. It is recommended that one uniform lettering size be used throughout the manuscript. Graphs and histograms should be two-dimensional and scale marks provided. All lines (including boxes) should be clear, but not too thick and heavy. Black and white figures, including drawings and maps, must be originals executed in black on a clean white background. Photographs should be of excellent quality, with clear details and sufficient contrast.

Colored figures and graphs will be accepted; the printed version of the journal will have black-and-white figures, thus Authors must pay particular attention to the figures/graphs formatting and captions, in order to be understandable without solely referring to colors into the illustration itself (*i.e.* make graphs differentiation by color **and** symbols).

**Lettering of figures** must be clearly labelled. Figures with different panels have to be grouped into a plate, and panels marked with letters.

Figures and graphs must be submitted as **.tiff** or **.jpg** files, with the following digital resolution:

- Color (saved as CMYK): minimum 300 dpi - maximum width 17 cm
- Black and white/grays: minimum 600 dpi - maximum width 17 cm

MS Office files are also acceptable. Each figure should be clearly identified with figure number and author(s) name(s).

Cite literature in the text in chronological, followed by alphabetical, order and formatted like these examples: "Campbell (1983, 1987b)," "(Smith *et al.*, 1984; Karl and Craven, 1988; Korobi, 1997, 1998)." In the *References* section, list citations in alphabetical, followed by chronological, order.

Scientific names: give the Latin names of each species in full and in italics.

*Abbreviations*

Abbreviations should be defined at first mention (in the Abstract **and** in the first manuscript section) and used consistently thereafter

*Acknowledgments*

Acknowledgments of people, grants, funds, etc. should be placed in a separate section before the reference list. The names of funding organizations should be written in full.

*References*

All publications cited in the text should be listed alphabetically after first author.

- For a single author, references are to be arranged chronologically. If an author published several papers in the same year, they should appear as: White JH, 1970a. ... - White JH, 1970b. ...

- If all authors are identical for two or more citations, chronological order of publication should dictate the order of citations.
- Papers which are in press should be cited only if formally accepted for publication. In this case the year should be that of the acceptance and indicated in brackets: White H, Brown J, (1990). (in press).
- Journal citations should be abbreviated based on 'World List of Scientific Periodicals' published by Butterworths, London. If the title of the journal is a single word do not abbreviate.
- Notations such as Vol., n., nr are superfluous and should be dropped.
- Citations such as personal communication, unpublished data, etc. are not accepted.

Some examples of correct citations are given below:

- Callieri C, Stockner JG, 2002. Freshwater autotrophic picoplankton: a review. *J. Limnol.* 61:1-14.
- Hutchinson GE, 1975. A treatise on limnology. 3. J. Wiley & Sons, New York: 660 pp.
- de Bernardi R, Giussani G, Lasso-Pedretti E, 1979. Food suitability and availability, demographic parameters and population growth in *Daphnia obtusa* Kurz under laboratory conditions. In: R. de Bernardi (ed.), Proc. Symp. Biological and Mathematical aspects in population dynamics. Mem. Ist. ital. Idrobiol. Suppl. 37:233-242.
- Muyzer G, Brinkhoff T, Wawer C, 1998. Denaturing gradient gel electrophoresis (DGGE) in microbial ecology, p. 1–27. In: A.D.L. Akkermans, J.D. van Elsas and F.J. Bruijn (eds.), Molecular microbial ecology manual. Kluwer Academic Publishers.
- Botosaneanu L, 1965. [Neue Trichopterologische fänge in Polen, Rumänien und Bulgarien]. [Article in German]. *Latvijas Entomologs* 10:53-60.

We recommend the use of a tool such as EndNote for reference management and formatting.

EndNote reference styles for *Journal of Limnology* is available here: <http://www.jlimnol.it/public/jlimnol.ens>

Reference Manager reference styles can be searched for here: <http://www.refman.com/support/rmstyles.asp>

#### Supplementary Material

Supplementary tables and/or figures exceeding one page of original submitted file will be published on the online version only, as a separate file.

#### Biodiversity Data Publication

Authors are warmly encouraged to place all species distribution records in a publicly accessible database such as the national *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF) nodes ([www.gbif.org](http://www.gbif.org)) or data centers endorsed by GBIF, including *BioFresh* ([www.freshwaterbiodiversity.eu](http://www.freshwaterbiodiversity.eu)).

#### Protection of Human Subjects, Animals and Ecosystem biodiversity in Research

When reporting experiments on human subjects, authors should indicate whether the procedures followed were in accordance with the ethical standards of the responsible committee on human experimentation (institutional and national) and with the Helsinki Declaration of 1975, as revised in 2008. If doubt exists whether the research was conducted in accordance with the Helsinki Declaration, the authors must explain the rationale for their approach and demonstrate that the institutional review body explicitly approved the doubtful aspects of the study. When reporting experiments on animals, authors should indicate whether the institutional and national guide for the care and use of laboratory animals was followed. When reporting experiments on ecosystems involving non-native species, Authors are bound to ensure compliance with the institutional and national guide for the preservation of native biodiversity.

## Submission Preparation Checklist

As part of the submission process, authors are required to check off their submission's compliance with all of the following items, and submissions may be returned to authors that do not adhere to these guidelines.

1. The submission has not been previously published, nor is it before another journal for consideration (or an explanation has been provided in Comments to the Editor).
2. The submission file is in Microsoft Word, RTF, or OpenOffice document file format.
3. The text is double-spaced; uses a 12-point font; employs *italics*, rather than underlining (except with URL addresses); lines are left numbered *in continuum*; all illustrations, figures and tables are placed at the end of the manuscript.
4. We fight plagiarism: please understand that your article will be checked with available tools for discovering plagiarism.
5. The text adheres to the stylistic and bibliographic requirements outlined in the Author Guidelines, which is found in *About the Journal*. **Authors are required to carefully check the bibliographic requirements, being them modified from the original journal standards.**
6. **I confirm that I have suggested at least two reviewers for my manuscript** (provided in the field "Comments for the Editors").

## Copyright Notice

---

PAGEPress has chosen to apply the Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) to all manuscripts to be published.

An Open Access Publication is one that meets the following two conditions:

1. The author(s) and copyright holder(s) grant(s) to all users a free, irrevocable, worldwide, perpetual right of access to, and a license to copy, use, distribute, transmit and display the work publicly and to make and distribute derivative works, in any digital medium for any responsible purpose, subject to proper attribution of authorship, as well as the right to make small numbers of printed copies for their personal use.
2. A complete version of the work and all supplemental materials, including a copy of the permission as stated above, in a suitable standard electronic format is deposited immediately upon initial publication in at least one online repository that is supported by an academic institution, scholarly society, government agency, or other well-established organization that seeks to enable open access, unrestricted distribution, interoperability, and long-term archiving.

Authors who publish with this journal agree to the following terms: 1. Authors retain copyright and grant the journal right of first publication with the work simultaneously licensed under a Creative Commons Attribution License that allows others to share the work with an acknowledgement of the work's authorship and initial publication in this journal. 2. Authors are able to enter into separate, additional contractual arrangements for the non-exclusive distribution of the journal's published version of the work (e.g., post it to an institutional repository or publish it in a book), with an acknowledgement of its initial publication in this journal. 3. Authors are permitted and encouraged to post their work online (e.g., in institutional repositories or on their website) prior to and during the submission process, as it can lead to productive exchanges, as well as earlier and greater citation of published work.

## Privacy Statement

---

Privacy is an important concern for users of our site, and is something that PAGE Press takes very seriously. Below you will find our policy for protecting users' personal information. Registration on our website is optional and voluntary. Browsing and viewing articles on our website does not require any personal information to be submitted from users. Nor do these functions require the user's browser to be set to accept cookies. Some other aspects of our services published on our website do require the use of cookies, and the supply of information such as name, e-mail etc. This is necessary for security reasons and also for us to be able to assure standards of scientific integrity. Users may submit further personal information (e.g. details of research areas of interest) in order to take advantage of present and future personalization facilities on our website. In accordance with European Union guidelines, registrants may decline to provide the information requested. They should be advised, however, that PAGEPress may be unable to deliver its services unless at least the information necessary for security and identification purposes is provided. In order to offer the best possible service to users, PAGE Press tracks the patterns of usage of pages on the site. This enables us to identify the most popular articles and services. Where users have provided details of their research areas of interest, this information can be correlated, helping PAGEPress to provide a useful service for scientists, offering them the most relevant information based on their areas of interest. User information will only be shared with third parties with the explicit consent of the user. Publishing a scientific manuscript is inherently a public (as opposed to anonymous) process. The name and e-mail address of all authors of a PAGEPress manuscript will be available to users of PAGEPress. These details are made available in this way purely to facilitate scientific communication. Collecting these e-mail addresses for commercial use is not allowed, nor will PAGEPress itself send unsolicited e-mail to authors, unless it directly concerns the paper they have published on PAGEPress journals. PAGEPress reserves the right to disclose members' personal information if required to do so by law, or in the good faith and belief that such action is reasonably necessary to comply with legal process, respond to claims, or protect the rights, property or safety of PAGEPress, employees or members.