

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE UNB DE PLANALTINA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEIO AMBIENTE E  
DESENVOLVIMENTO RURAL

LEONARDO FERNANDES GOMES

**Variação espaço-temporal do zooplâncton e utilização em biomonitoramento no Lago  
Grande do Curuai, Pará, Brasil**

Brasília/DF

2015

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE UNB DE PLANALTINA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEIO AMBIENTE E  
DESENVOLVIMENTO RURAL

LEONARDO FERNANDES GOMES

**Variação espaço-temporal do zooplâncton e utilização em biomonitoramento no Lago Grande do Curuai, Pará, Brasil**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento Rural da Universidade de Brasília, como requisito para obtenção do título de Mestre em Meio Ambiente e Desenvolvimento Rural.

Linha de Pesquisa: Monitoramento Ambiental e Saúde.

Orientador: Ludgero Cardoso Galli Vieira

Brasília/DF

2015

G633v Gomes, Leonardo Fernandes  
Variação espaço-temporal do zooplâncton e utilização  
em biomonitoramento no Lago Grande do Curuai, Pará,  
Brasil / Leonardo Fernandes Gomes; orientador  
Ludgero Cardoso Galli Vieira. -- Brasília, 2015.  
55 p.

Dissertação (Mestrado - Mestrado em Meio Ambiente  
e Desenvolvimento Rural) -- Universidade de Brasília,  
2015.

1. Zooplâncton. 2. Pulso de inundação. 3. Grupos  
substitutos. 4. Resolução numérica. 5. Resolução  
Taxonômica. I. Vieira, Ludgero Cardoso Galli, orient.  
II. Título.

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE UNB DE PLANALTINA  
MESTRADO EM MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO RURAL**

**TERMO DE APROVAÇÃO**

**“Variação espaço-temporal do zooplâncton e utilização em biomonitoramento no Lago Grande do Curuai, Pará, Brasil”**

***LEONARDO FERNANDES GOMES***

Banca Examinadora

---

Prof. Dr. Ludgero Cardoso Galli Vieira  
Presidente (UnB/FUP)

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Gabriela Bielefeld Nardotto  
Membro Interno vinculado ao programa (UnB)

---

Prof. Dr. Ciro Yoshio Joko  
Membro Externo não vinculado ao programa (UDF)

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus, que tem me ensinado todos os dias que para cada acontecimento há um tempo certo, e todo sacrifício tem o seu porquê. Que muitas vezes é incompreensível à mente humana.

Aos meus pais, Airton e Zuleika, e minha irmã, Dagmar, por todo o apoio que me foi dado. Me ensinaram, principalmente, que por maior que seja a adversidade, não podemos tirar o sorriso do rosto, a positividade e a vontade de caminhar.

À minha fiel e sempre companheira, Ana Caroline, por todos os conselhos dados, todas as horas de conversa, companheirismo, compreensão com minhas infinitas horas de laboratório e por ser meu braço direito (esquerdo e pernas) sempre que precisei. Também pelas broncas para eu acalmar.

Agradeço imensamente ao orientador, Prof. Dr. Ludgero, por ter tanta paciência e sabedoria para lidar com minhas infinitas falhas. Este pode saber, que teve uma contribuição tão grande em minha vida que serei eternamente grato por suas dicas, conselhos e broncas (“Que vergonha, rapaz!”).

Seria grande falha deixar de citar os amigos de campo e laboratório: Carla, por muitas horas de conversa no microscópio, que foram de grande valia; Cleber, pela companhia, “baldadas”, “remadas” e apoio em campo; Juliana, pelas conversas em laboratório e troca de experiências; Mariana, pelo apoio nas identificações e imensurável amizade.

À Dra. Marie, por seu exemplo de dedicação, e todos os colegas e amigos de campanha do projeto Clim-FABIAM, pelo convívio durante as longas e isoladas campanhas. Além de profissionais, souberam ser companheiros. Com vocês tive a primeira experiência de campo e não há palavras para agradecer tudo o que aprendi.

Ao Aristides, Inara, Jorivê e todos da secretaria de Pós-Graduação da Faculdade UnB de Planaltina- FUP, que sempre foram tão dispostos e prestativos à ajudar.

À coordenação e todos os Professores do PPG-MADER, que transformaram sonhos em realidade.

À todos os desesperados e companheiros colegas de curso. Quantas noites sem dormir: ansiedade, choro, felicidades, tristezas... Todos esses foram momentos pelos quais passamos nesse curto e intenso período de formação.

Aos meus grandes amigos, Matheus e Rodrigo, pelos conselhos, conversas, descontração e companhia nos momentos mais críticos.

Agradeço também à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pelo auxílio financeiro.

Um “Oss” a todos os Campanas, irmãos de quimono, que sempre estiveram me apoiando e procurando saber como estava sendo, contribuindo e confortando através das nossas conversas. Também por mostrarem que a disciplina tem mais valor que a motivação.

Agradeço também a todos os que provavelmente esqueci de citar, mas em algum momento me apoiaram.

Encerro, citando e traduzindo o trecho de uma palestra do Arnold Schwarzenegger: “enquanto você está festejando, se divertindo, alguém lá fora está trabalhando duro. Alguém está se tornando mais esperto e alguém está vencendo. Apenas lembre-se disso (...)”

## RESUMO

Diversos estudos evidenciam os efeitos do pulso sobre as características físicas, químicas e biológicas da água nas planícies de inundação. Nesse aspecto, não há como negligenciar a importância da Amazônia em termos de disponibilidade de recursos hídricos e biodiversidade. No presente estudo foi dada ênfase aos quatro principais grupos da comunidade zooplancônica (cladóceros, copépodes, protozoários testáceos e rotíferos), sendo avaliados os efeitos do pulso de inundação sobre as características ambientais e biológicas, além do uso de grupos substitutos e resoluções numéricas e taxonômicas. Portanto, os objetivos do primeiro capítulo foram avaliar: (1.1) o efeito do pulso de inundação sobre as características ambientais e biológicas, (1.2) a variação da similaridade ambiental e biológica no ecossistema lacustre entre os períodos de enchente e vazante, (1.3) como os organismos zooplancônicos respondem aos gradientes ambientais. Para atingir tais objetivos foram realizadas: (1.1) Análises de Componentes Principais (PCA), Análises de Escalonamento Multidimensional Não-Métrico e Análise de Similaridade (Anosim); (1.2) Betadisper; (1.3) Análise de Correspondência Canônica (CCA). Os objetivos do segundo capítulo deste estudo foram avaliar a correlação entre (2.1) a distribuição espacial nos principais grupos zooplancônicos (cladóceros, copépodes, protozoários testáceos e rotíferos), (2.2) os diferentes níveis numéricos (dados de densidade e presença/ausência de espécies), e (2.3) os níveis taxonômicos (espécies, gêneros e famílias); Para isso foram realizadas análises de Mantel e Procrustes, permitindo uma comparação entre as diferentes matrizes a partir dos dados coletados no Lago Grande do Curai, Pará, Brasil. Os resultados evidenciaram que os grupos do zooplâncton respondem efetivamente às variações no pulso de inundação, porém apenas copépodes e rotíferos apresentaram maior dispersão durante o período da enchente. Além disso muitos táxons foram capazes de responder efetivamente às variações ambientais. Adicionalmente, os resultados do segundo capítulo, mostraram ser fracas as correlações entre os grupos do zooplâncton quando se objetiva compreender a dinâmica ecológica dos mesmos, porém, os resultados para substituições numéricas e taxonômicas (nível de gênero) mostraram alta correlação.

**PALAVRAS-CHAVE:** Cladóceros, Copépodes, Substituição, Protozoários Testáceos, Pulso de inundação.

## **ABSTRACT**

Several studies show the effects of the pulse on the physical, chemical and biological characteristics of water in the floodplains. In this respect, there is no way neglect the importance of the Amazon in terms of availability of water resources and biodiversity. In this study the emphasis was on four main groups of the zooplankton (cladocerans, copepods, rotifers and testate protozoa), as well as evaluating the effects of the flood pulse on environmental and biological characteristics, and the use of substitute groups and numerical and taxonomic resolutions. Therefore, the objectives of the first chapter were to assess: (1.1) the effects of the flood pulse on environmental and biological characteristics, (1.2) the variation in environmental and biological similarity in the lake ecosystem between periods of flooding and flushing, (1.3) and how the zooplankton organisms respond to environmental gradients. To realize those goals were performed: (1.1) Principal Component Analysis (PCA), Non-Metric Multidimensional Scaling and Similarity Analysis (ANOSIM); (1.2) Betadisper; (1.3) Canonical Correspondence Analysis (CCA). The objectives of the second chapter of this study were to evaluate the correlation between (2.1) the spatial distribution among the major zooplankton groups (cladocerans, copepods, rotifers, and testaceans protozoa), (2.2) the different numerical levels (data of density and presence/absence of species), and (2.3) the taxonomic levels (species, the genera, and families); For this, Mantel and Procrustes analyzes were performed, allowing a comparison between the different matrices from the data collected in the Lago Grande do Curuai, Pará, Brazil. The results showed that the zooplankton groups effectively respond to changes in the flood pulse, but only copepods and rotifers presented higher dispersion during the flushing period. Also many taxa were able to respond effectively to environmental variations. Additionally, the second chapter results, shown to be weak correlations between zooplankton groups when the aim is to understand the ecological dynamics of these, however, the results for numerical and taxonomic substitutions (genus level) showed high correlation.

**KEYWORDS:** cladocerans, copepods, surrogates, testate protozoa, flood pulse.



## LISTA DE FIGURAS

<b>Capítulo 1 .....</b>	<b>14</b>
Figura 1. Mapa da região e localização do Lago Grande do Curuai.....	19
Figura 2. Nível da água do rio Amazonas na estação de Óbidos em 2013 .....	20
Figura 3. Análise de componentes principais (PCA) para os dados ambientais.....	22
Figura 4. Densidade de indivíduos distribuídos por grupos em cada unidade amostral por período de coleta. ....	27
Figura 5. Riqueza de indivíduos distribuídos por grupos em cada unidade amostral por período de coleta. ....	28
Figura 6. Ordenação dos pontos amostrados com relação ao zooplâncton nos dois eixos da análise de escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS).....	29
Figura 7. Análise de correspondência canônica (CCA) das espécies em relação às variáveis físicas e químicas.....	32
<b>Capítulo 2 .....</b>	<b>38</b>
Figura 1. Mapa da região e localização do Lago Grande do Curuai.....	42
Figura 2. Nível da água do rio Amazonas na estação de Óbidos em 2013 .....	43

## LISTA DE TABELAS

<b>Capítulo 1 .....</b>	<b>14</b>
Tabela 1. Valores médios, mínimos, máximos, desvio padrão e coeficiente de variação para as variáveis físicas e químicas. ....	23
Tabela 2. Número de táxons e abundância de indivíduos identificados nos períodos de enchente e vazante. ....	25
Tabela 3. Resultados das Análises de similaridade (Anosim) e Betadisper para o zooplâncton e para cada grupo.....	26
<b>Capítulo 2 .....</b>	<b>38</b>
Tabela 1. Correlação espacial entre grupos do zooplâncton do Lago Grande do Curuai baseado nos testes de Mantel e Procrustes.....	45
Tabela 2. Resultados das resoluções numérica e taxonômica dos grupos do zooplâncton do Lago Grande do Curuai, com base em testes de Mantel e Procrustes. ....	46
<b>ANEXO .....</b>	<b>51</b>
Tabela A1: Lista de espécies zooplanctônicas amostradas no Lago Grande do Curuai, Pará, Brasil.....	51

## SUMÁRIO

Apresentação.....	11
Referências.....	12
<b>Capítulo 1 .....</b>	<b>14</b>
Abstract.....	15
Resumo .....	16
Introdução .....	17
Materiais e métodos .....	18
Área de Estudo .....	18
Coleta das variáveis físicas e químicas .....	20
Coleta e identificação do zooplâncton .....	20
Análise de dados.....	21
Resultados.....	21
Variáveis Físicas e Químicas.....	21
Zooplâncton.....	25
Discussão .....	33
Agradecimentos .....	34
Referências.....	35
<b>Capítulo 2 .....</b>	<b>38</b>
Abstract.....	39
Resumo .....	40
Introdução .....	41
Materiais e métodos .....	42
Área de Estudo .....	42
Coleta e identificação .....	43
Análise de dados.....	44
Resultados.....	44
Discussão .....	46
Conclusão.....	47
Agradecimentos .....	48
Referências.....	48
<b>Anexo .....</b>	<b>51</b>

## APRESENTAÇÃO

Não há como negligenciar a importância da Amazônia em termos de biodiversidade, possuindo diversas espécies endêmicas e muitas outras nunca descobertas, tratando-se, portanto, de um ambiente extremamente vulnerável (Castello *et al.*, 2013). Outra peculiaridade desta vasta região brasileira está na disponibilidade de recursos hídricos, contendo sozinha cerca de 80% da água doce disponível no Brasil (Moraes e Jordão, 2002; Tundisi, 2008). Diante de tais particularidades vemos a relevância do monitoramento ambiental nessa região.

Os recursos hídricos da Amazônia são fortemente influenciados tanto biologicamente, quanto química e fisicamente pelos efeitos do pulso de inundação (Vandenbrink *et al.*, 1993; Barbosa *et al.*, 2010), de rios como o Amazonas que formam diversas planícies de inundação que vão dos Andes até o oceano Atlântico (Junk *et al.*, 2012). Desta forma, diversos trabalhos evidenciam os efeitos do pulso sobre a diversidade biológica (Arrington *et al.*, 2005; Thomaz *et al.*, 2007; Ortega *et al.*, 2015). No presente estudo foi dada ênfase à assembleia zooplanctônica.

O zooplâncton é um termo que abrange uma série de organismos heterotróficos, pertencentes tanto aos protistas como metazoários, com diversas características sistemáticas, que possuem a coluna d'água como hábitat (Esteves *et al.*, 2011). No caso dos ambientes limnéticos, este grupo é representado em maior parte por cladóceros, copépodes, rotíferos e protozoários testáceos; e possuem papel fundamental na transferência de energia entre os níveis tróficos (Pereira *et al.*, 2011), servindo de alimentos para pequenos peixes que alimentam outros animais. É importante ressaltar que esta assembleia tem o diferencial de responder rapidamente às alterações ambientais, seja por valores de abundância ou de riqueza (Vieira *et al.*, 2011), com ressalva para o grupo dos copépodes, que devido às suas características reprodutivas tendem a responder mais lentamente (Chaparro *et al.*, 2014).

Tendo como base a qualidade da resposta de determinadas espécies do zooplâncton aos parâmetros ambientais, o primeiro capítulo da presente dissertação buscou avaliar as variações físicas, químicas e biológicas diante dos efeitos do pulso de inundação (enchente e vazante) e também o grau de influência de cada uma das variáveis coletadas sobre a composição das espécies.

Estudos que abordem esta assembleia encontram uma forte dificuldade em relação à quantidade de taxonomistas especializados, falta de tempo e recursos financeiros (Carneiro *et al.*, 2010; Padial *et al.*, 2012). Diante da problemática evidenciada, o segundo capítulo da presente dissertação traz a proposta do uso de grupos substitutos, resoluções numéricas (dados de presença/ausência de espécies em substituição à densidade) e taxonômicas (gêneros e famílias no lugar de espécies); que consistem em meios de simplificação para análises de biodiversidade, diante de avaliações ambientais que sofram com a escassez de tempo e/ou recursos.

## REFERÊNCIAS

- ARRINGTON, D. A.; WINEMILLER, K. O.; LAYMAN, C. A. Community assembly at the patch scale in a species rich tropical river. *Oecologia*, v. 144, n. 1, p. 157-167, Jun 2005.
- BARBOSA, C. C. F. et al. Geospatial analysis of spatiotemporal patterns of pH, total suspended sediment and chlorophyll-a on the Amazon floodplain. *Limnology*, v. 11, n. 2, p. 155-166, Ago 2010.
- CARNEIRO, F. M.; BINI, L. M.; RODRIGUES, L. C. Influence of taxonomic and numerical resolution on the analysis of temporal changes in phytoplankton communities. *Ecological Indicators*, v. 10, n. 2, p. 249-255, Mar 2010.
- CASTELLO, L. et al. The vulnerability of Amazon freshwater ecosystems. *Conservation Letters*, v. 6, n. 4, p. 217-229, Jul 2013.
- CHAPARRO, G. et al. Seasonal-dependence in the responses of biological communities to flood pulses in warm temperate floodplain lakes: implications for the "alternative stable states" model. *Aquatic Sciences*, v. 76, n. 4, p. 579-594, Out 2014.
- ESTEVEES, F. D. A.; BOZELLI, R. L.; BRANCO, C. W. C. Comunidade Zooplanctônica. In: ESTEVES, F. D. A. (Ed.). *Fundamentos de Limnologia*. 3 ed. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2011. cap. 24, p.523-580.
- JUNK, W. J. et al. A classification of major natural habitats of Amazonian white-water river floodplains (varzeas). *Wetlands Ecology and Management*, v. 20, n. 6, p. 461-475, Dec 2012.
- MORAES, D. S. D. L.; JORDÃO, B. Q. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. *Rev Saúde Pública*, v. 36, n. 3, p. 370-374, 2002.
- ORTEGA, J. C. G. et al. Spatio-temporal organization patterns in the fish assemblages of a Neotropical floodplain. *Hydrobiologia*, v. 745, n. 1, p. 31-41, Feb 2015.
- PADIAL, A. A. et al. Evidence against the use of surrogates for biomonitoring of Neotropical floodplains. *Freshwater Biology*, v. 57, n. 11, p. 2411-2423, Nov 2012.

PEREIRA, A. P. S. et al. Biodiversidade e estrutura da comunidade zooplancônica na Sub-bacia Hidrográfica do Rio Poxim, Sergipe, Brasil. *Revista Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science*. v. 6, n. 2, p. 191-205, 2011.

THOMAZ, S. M.; BINI, L. M.; BOZELLI, R. L. Floods increase similarity among aquatic habitats in river-floodplain systems. *Hydrobiologia*, v. 579, n. 1, p. 1-13, 2007.

TUNDISI, J. G. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. *Estudos Avançados*, v. 22, n. 63, p. 7-16, 2008.

VANDENBRINK, F. W. B. et al. Impact of hydrology on the chemistry and phytoplankton development in floodplain lakes along the lower Rhine and Meuse. *Biogeochemistry*, v. 19, n. 2, p. 103-128, 1993.

VIEIRA, A. C. B. et al. Population dynamics of *Moina minuta* Hansen (1899), *Ceriodaphnia cornuta* Sars (1886), and *Diaphanosoma spinulosum* Herbst (1967)(Crustacea: Branchiopoda) in different nutrients (N and P) concentration ranges. *Acta Limnologica Brasiliensia*, v. 23, n. 1, p. 48-56, 2011.

# Capítulo 1

**A influência das variáveis ambientais e do pulso de inundação sobre a comunidade zooplanctônica no Lago Grande do Curuai, Pará, Brasil**

Capítulo elaborado e formatado conforme normas da revista *Brazilian Journal of Biology*

**THE INFLUENCE OF VARIABLES ENVIRONMENTAL AND OF FLOOD PULSE ON  
ZOOPLANKTONIC COMMUNITY ON LAGO GRANDE DO CURUAI, PARÁ, BRAZIL**

**LEONARDO FERNANDES GOMES<sup>1\*</sup>, LUDGERO CARDOSO GALLI VIEIRA<sup>2</sup>, MARIE PAULE  
BONNET<sup>3,4</sup>**

<sup>1</sup>Universidade de Brasília (UnB), Campus Planaltina, Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento Rural, Área Universitária 1, Vila Nossa Senhora de Fátima, 73.345-010 – Planaltina – DF, Brazil. E-mail: leof.mader@gmail.com

<sup>2</sup>Universidade de Brasília (UnB), Campus Planaltina, Área Universitária 1, Vila Nossa Senhora de Fátima, 73.345-010 – Planaltina – DF, Brazil. E-mail: ludgero@unb.br

<sup>3</sup>Geosciences Environnement Toulouse (UMR 5563 GET), IRD/ CNRS/ Université Toulouse III, Toulouse, France. E-mail: mpaule.bonnet@gmail.com

<sup>4</sup> International Joint Laboratory Observatoire des Changements Environnementaux LMI OCE, IRD – Universidade de Brasília, Campus Universitário Darcy Ribeiro, CEP 70910-900 Brasília, Brazil.

**ABSTRACT**

The flood pulse is the greatest environmental and biological determinant in flowing waters. Thus, the present study evaluates the effect of this on the environmental characteristics and on the structure of zooplanktonic community at Lago Grande do Curuai, Pará, Brazil. For this, the following issues were raised: (i) what is the effect of the flood pulse on environmental and on biological characteristics? (ii) The environmental and biological similarity in the lake ecosystem varies between periods of flooding and flushing? (iii) How the zooplanktonic organisms react to environmental gradients? The results showed the influence of the flood pulse on environmental and biological characteristics, as both periods presented distinctly. The environmental variables were more homogeneous in the flooding and the biological in the flushing despite this many zooplankton species effectively agreed to some physical and chemical variables.

**KEYWORDS:** Zooplankton, Lago Grande do Curuai, Flood Pulse



## **A INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS E DO PULSO DE INUNDAÇÃO SOBRE A COMUNIDADE ZOOPLANCTÔNICA NO LAGO GRANDE DO CURUAI, PARÁ, BRASIL**

### **RESUMO**

O pulso de inundação é o maior determinante ambiental e biológico em águas correntes. Com isso, o presente estudo avalia o efeito deste sobre as características ambientais e sobre a estrutura da comunidade zooplânctônica no Lago Grande do Curuai, Pará, Brasil. Para isso, as seguintes questões foram levantadas: (i) qual o efeito do pulso de inundação sobre as características ambientais e biológicas? (ii) a similaridade ambiental e biológica no ecossistema lacustre varia entre os períodos de enchente e vazante? (iii) Como os organismos zooplânctônicos respondem aos gradientes ambientais? Os resultados evidenciaram a influência do pulso de inundação sobre as características ambientais e biológicas, visto que ambos os períodos apresentaram-se distintamente. As variáveis ambientais foram mais homogêneas na enchente e as biológicas na vazante, apesar disso muitas espécies do zooplâncton responderam efetivamente à determinadas variáveis físicas e químicas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Zooplâncton, Lago Grande do Curuai, Pulso de inundação

## INTRODUÇÃO

Planícies de inundação são regiões periodicamente inundadas por um rio principal, através de seu transbordamento e/ou pela precipitação direta ou por águas de origem subterrânea (Junk et al., 1989, Junk et al., 2012). Esses ecossistemas, principalmente quando conectados lateralmente com rios, tem uma grande importância na manutenção da biodiversidade, permitindo que muitas espécies se refugiem, conseguindo procriar e proteger-se, não só do fluxo intenso das águas, mas também da possível ação de predadores (Bunn and Arthington, 2002). Estes, por suas características singulares, estão entre os mais diversos e produtivos ecossistemas do mundo (Abrial et al., 2014, Tockner and Stanford, 2002)

Estas planícies são fortemente estruturadas, tanto física quanto quimicamente, pelo fluxo de água que entra e sai dos rios para as regiões adjacentes inundadas (Vandenbrink et al., 1993, Barbosa et al., 2010). Desta forma, o pulso da água é responsável por variáveis como temperatura, turbidez e nutrientes (Thomaz et al., 2007); exercendo elevada influência sobre a biodiversidade aquática (Starr et al., 2014, Tockner et al., 2000, Wantzen et al., 2008) sendo, portanto, o maior determinante ambiental e biológico em águas correntes (Bunn and Arthington, 2002).

Nesses ecossistemas aquáticos tropicais, que são fortemente regidos pelos ciclos de cheia e seca, a biodiversidade local tende a organizar-se com base em tal regime (Ortega et al., 2015, Arrington et al., 2005). Os ciclos ocasionam a separação da planície em pequenos lagos no período de águas baixas, o que permite a procriação de algumas espécies e extinção de outras em determinados habitats, que são progressivamente postos em interação com a conexão promovida pela enchente (Ortega et al., 2015, Arrington et al., 2005, Thomaz et al., 2007, Fernandes et al., 2009, Paidere, 2009). Diante disso, o pulso de inundação tende a apresentar um efeito homogeneizador ambiental e biológico (Thomaz et al., 2007).

Há diversos estudos que avaliam os efeitos do pulso de inundação com peixes (Arrington et al., 2005, Ortega et al., 2015), macrófitas (Rooney et al., 2013), fitoplâncton (Chaparro et al., 2014) e zooplâncton (Chaparro et al., 2014, Lansac-Toha et al., 2014). Dentre as assembleias que sofrem influência do pulso de inundação, cabe enfatizar o zooplâncton, que possui uma forte relação com as condições ambientais (Vieira et al.,

2011), além de influenciar diretamente toda a cadeia trófica aquática, servindo como um elo de transferência de energia entre algas e peixes (Pereira et al., 2011, Pinheiro et al., 2010); com destaque aos rotíferos que respondem rapidamente às variações ambientais e alguns cladóceros que podem apresentar alterações nos valores de abundância em cerca de duas semanas (Vieira et al., 2011), já os copépodes que tendem a reagir mais lentamente, devido às suas taxas de desenvolvimento e reprodução (Chaparro et al., 2014). Os três grupos acima citados, correspondem a cerca de 90% da biomassa zooplancônica (Oliveira et al., 2010).

Outro grupo componente do zooplâncton, com baixa representatividade na biomassa total, porém de grande importância, principalmente em ambientes que sofrem influências do pulso de inundação são os Protozoários Testáceos (Tecamebas), que são também capazes de responder com eficiência às variações físicas e químicas (Schwind et al., 2013)

Portanto, o presente estudo avalia o efeito do pulso de inundação sobre as características ambientais e sobre a estrutura da comunidade zooplancônica no Lago Grande do Curuai (Pará, Brasil). Para isso, as seguintes questões foram levantadas: (i) qual o efeito do pulso de inundação sobre as características ambientais e biológicas? (ii) a similaridade ambiental e biológica no ecossistema lacustre varia entre os períodos de enchente e vazante? (iii) como os organismos zooplancônicos respondem aos gradientes ambientais?

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **ÁREA DE ESTUDO**

O estudo foi realizado na planície de inundação do Lago Grande de Curuai, Pará, Brasil (Figura 1). Estando localizado na margem direita do baixo curso do rio Amazonas entre 56,10° a 55,00° O e 2,3° a 1,9° S de montante a jusante, WGS 84 com unidades decimais. A área é composta por vários lagos interligados e está conectada ao rio Amazonas através de diversos canais. Ao longo do ano, a variação do nível da água na planície de inundação é monomodal seguindo o pulso de inundação do rio Amazonas. A amplitude das variações entre as fases de baixa e alta da água é de aproximadamente 6 m para ciclos hidrológicos típicos (Amorim et al. 2009). Consequentemente, a área de água aberta varia ao longo do ano de aproximadamente 600 km<sup>2</sup> em um nível mínimo de água

igual a 3 m para 2.500 km<sup>2</sup> em um nível máximo de água igual a 11,5 m (Bonnet et al., 2008).

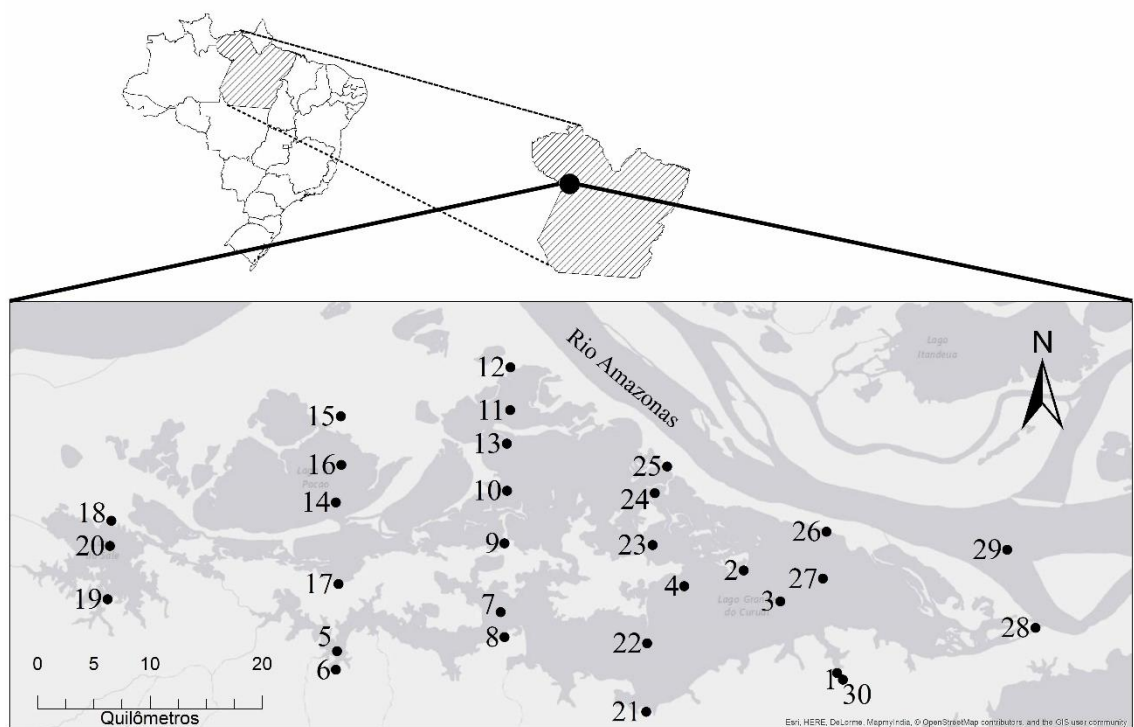


Figura 1. Mapa da região e localização do Lago Grande do Curuai. Os pontos indicam a localização das unidades amostrais.

Os ciclos de águas altas e baixas são temporalmente bem definidos (Figura 2), com a primeira fase (pico da cheia), correspondente aos meses que vão de maio a julho e da segunda fase (mínimo das águas baixas) ocorrendo entre outubro e dezembro.

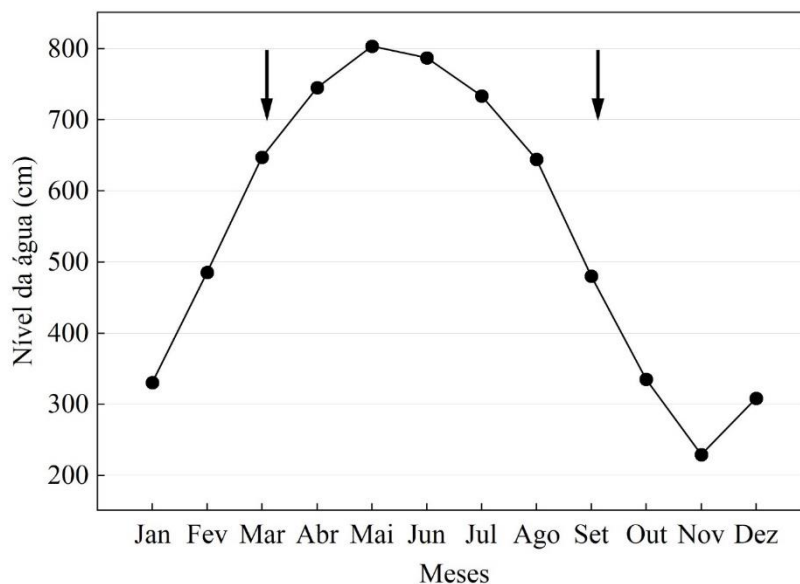


Figura 2. Nível da água do rio Amazonas na estação de Óbidos em 2013. Setas indicam os períodos amostrais.

#### COLETA DAS VARIÁVEIS FÍSICAS E QUÍMICAS

Para a obtenção das variáveis alcalinidade, algas totais, condutividade, matéria orgânica fluorescente dissolvida, oxigênio dissolvido, pH, pressão, profundidade e temperatura da água foi utilizada uma sonda multiparamétrica YSY, modelo EXO2.

A transparência da água foi medida por meio do disco de Secchi. Os dados de clorofila-*a* e fósforo total foram obtidos por meio de análises colorimétricas (Eaton et al., 2005) e os de nitrogênio obtidas por meio de quimioluminescência, obedecendo à norma internacional ASTM D4629.

#### COLETA E IDENTIFICAÇÃO DO ZOOPLÂNCTON

Um total de 55 unidades amostrais foram selecionadas no Lago Grande do Curuai, com 28 amostras obtidas em março (período de enchente, os pontos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27 e 29) e 27, em setembro (período de vazante, pontos 1, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29 e 30), 2013 (Figura 1). As unidades amostrais 2, 3 e 4 foram coletadas apenas em março e unidades amostrais 28 e 30 apenas em setembro. Uma amostra da comunidade zooplancônica foi coletada em cada unidade amostral por meio de

uma rede de plâncton com um tamanho de malha de 68  $\mu\text{m}$ , utilizando 300 litros de água filtrada por amostra. As amostras foram conservadas em formol 4% (Steedman, 1976).

As amostras foram concentradas em 75 mL, dos quais 7,5 mL foram subamostrados com pipeta tipo Hensen-Stempel e contadas numa câmara de Sedgewick-Rafter. Posteriormente, uma análise qualitativa foi realizada com novas subamostras até que novos táxons não fossem encontrados (Bottrell et al. 1976). As densidades foram expressas em indivíduos  $\text{m}^{-3}$ .

### **ANÁLISE DE DADOS**

Todas as análises foram executadas no software estatístico de licença livre R (R Development Core Team, 2015). Inicialmente, os parâmetros físicos e químicos foram dispostos em uma Análise de Componentes Principais (PCA) e os biológicos em uma Análise de Escalonamento Multidimensional Não-Métrico (NMDS), que possui a diferencial de dispor as variáveis com o melhor arranjo espacial possível, diante da quantidade determinada de eixos, no presente caso dois para cada análise. Os dados físico-químicos foram padronizados e submetidos à matriz euclidiana de distâncias, já os biológicos foram diretamente submetidos a matriz de distâncias de Bray-Curtis.

A fim de verificar o grau de semelhança entre os pontos, de acordo com o pulso de inundação, as variáveis biológicas, físicas e químicas foram submetidas à função *betadisper*, do pacote *Vegan* (Oksanen et al., 2013), que avalia o grau de homogeneidade entre as variâncias de cada período amostral (Borcard et al., 2011, Legendre and Legendre, 2012). Adicionalmente foi efetuada uma Análise de Similaridades (Anosim), com a finalidade de testar se há uma diferença significativa entre os períodos amostrais.

Foi efetuada uma Análise de Correspondência Canônica (CCA), com a finalidade de avaliar o comportamento do zooplâncton em resposta aos preditores físicos e químicos, para isso os dados ambientais foram logaritimizadas, com exceção do pH.

## **RESULTADOS**

### **VARIÁVEIS FÍSICAS E QUÍMICAS**

Ambos os períodos apresentaram grandes variações nos valores de clorofila-*a* e algas verdes-azuladas. As variáveis ambientais apresentaram uma elevada variação dentro

de cada período sazonal, destacando-se a transparência da água, matéria orgânica fluorescente dissolvida, carbono orgânico dissolvido, clorofila-*a*, algas verde azuladas, oxigênio dissolvido e fósforo total (Tabela 1).

As principais variáveis relacionadas com o período de enchente foram alcalinidade, condutividade, fósforo total, nitrogênio total e sólidos totais dissolvidos e com o período de vazante foram clorofila *a*, matéria orgânica fluorescente dissolvida, temperatura e transparência (Figura 3).

Mesmo com um valor de significância ligeiramente superior a 0,05, pode ser assumido que o resultado da betadisper indica uma maior homogeneidade ambiental no período de enchente (Enchente = 3,01; Vazante = 3,59;  $P = 0,06$ ) (Figura 3). Da mesma forma, a Anosim indica que as unidades de amostragem apresentam características ambientais mais similares dentro de uma mesma estação sazonal do que entre as estações ( $R = 0,54$ ;  $P < 0,001$ ) (Figura 3).

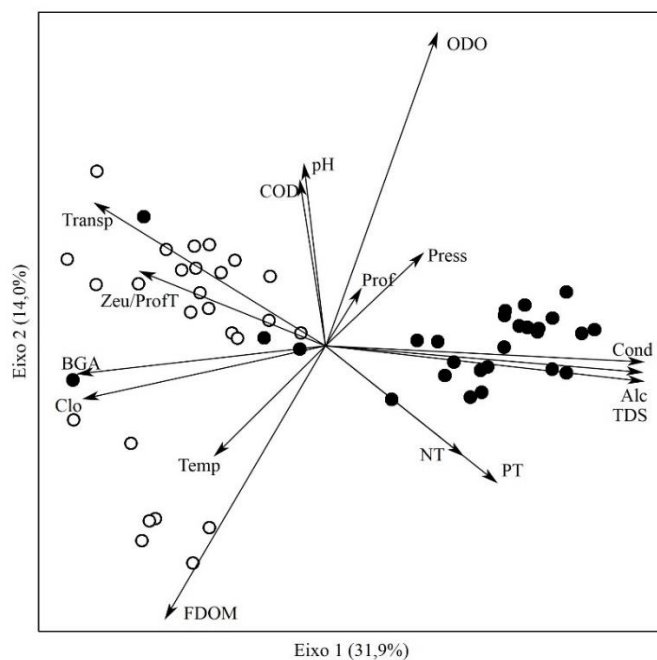


Figura 3. Análise de Componentes Principais (PCA) para os dados ambientais. Círculos preenchidos: enchente; círculos vazios: vazante. ODO= oxigênio dissolvido; Prof= profundidade; Press= pressão; Cond= condutividade; Alc= alcalinidade; TDS= sólidos totais dissolvidos; PT= fósforo total; NT= nitrogênio total; FDOM= matéria orgânica fluorescente dissolvida; Temp= temperatura; Clo= clorofila-*a*; BGA= algas verde-azuladas; Zeu/ProfT= zona eufótica/profundidade total; Transp= transparência; COD= carbono orgânico dissolvido.

Tabela 1. Valores médios, mínimos (Min), máximos (Max), desvio padrão (DP) e coeficiente de variação (CV) para as variáveis físicas e químicas.

<b>Período</b>	<b>Parâmetros</b>	<b>Média</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>DP</b>	<b>CV (%)</b>
<b>Enchente</b>	Alcalinidade (mg/L de CaCO <sub>3</sub> )	22,42	9,34	27,69	4,67	20,85
	Algas verde azuladas (BGA) (µg/L)	0,18	0,03	1,55	0,28	155,17
	Carbono orgânico dissolvido (mg/L)	12,05	6,15	20,47	3,48	28,92
	Clorofila- <i>a</i> (µg/L)	17,64	0,53	203,92	38,44	217,90
	Condutividade (µS/cm)	71,30	38,00	82,00	11,47	16,09
	Fósforo total (ug/L)	85,55	22,10	186,43	37,25	43,54
	Matéria orgânica fluorescente dissolvida (QSU)	33,75	21,90	51,26	7,45	22,07
	Nitrogênio total (ug/L)	379,18	225,40	629,60	87,48	23,07
	Oxigênio dissolvido (mg/L)	6,22	4,53	7,64	0,90	14,47
	pH	7,17	6,55	7,68	0,30	4,17
	Pressão (psi)	0,59	0,53	0,72	0,04	7,14
	Profundidade (m)	3,63	1,70	5,70	1,46	40,15
	Sólidos totais dissolvidos (mg/L)	46,37	25,00	53,00	7,35	15,85
	Temperatura (°C)	30,87	29,68	33,48	0,81	2,63
Transparência (m)	0,51	0,24	1,70	0,27	53,14	
<b>Vazante</b>	Alcalinidade (mg/L de CaCO <sub>3</sub> )	14,50	10,66	16,24	1,30	8,95
	Algas verde azuladas (BGA) (µg/L)	1,86	0,09	4,78	1,39	74,56
	Carbono orgânico dissolvido (mg/L)	18,53	3,99	78,58	16,50	89,00
	Clorofila- <i>a</i> (µg/L)	46,09	8,43	157,77	40,59	88,06
	Condutividade (µS/cm)	47,30	37,00	58,00	4,56	9,65
	Fósforo total (ug/L)	50,17	7,10	111,26	25,17	50,16
	Matéria orgânica fluorescente dissolvida (QSU)	110,67	22,94	341,73	128,83	116,41
	Nitrogênio total (ug/L)	308,02	187,10	570,00	99,36	32,26
	Oxigênio dissolvido (mg/L)	6,03	0,40	12,46	3,47	57,48
	pH	7,54	6,58	9,45	0,90	11,97



<b>Período</b>	<b>Parâmetros</b>	<b>Média</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>DP</b>	<b>CV (%)</b>
	Pressão (psi)	0,57	0,55	0,67	0,03	4,89
	Profundidade (m)	3,87	2,50	8,40	1,17	30,17
	Sólidos totais dissolvidos (mg/L)	30,85	24,00	38,00	2,97	9,63
	Temperatura (°C)	31,15	29,79	32,73	0,87	2,78
	Transparência (m)	0,63	0,31	1,50	0,25	39,29

## ZOOPLÂNCTON

Foram obtidos um total de 166 táxons nas duas campanhas, com uma abundância total de 5.780.804 indivíduos, distribuídos entre os períodos amostrais, conforme evidenciado na tabela 1.

Tabela 2. Número de táxons e abundância de indivíduos (ind.m<sup>3</sup>) identificados nos períodos de enchente e vazante: total e por grupos.

Grupos	Enchente		Vazante	
	Táxons	Abundância	Táxons	Abundância
Zooplâncton	129	1.593.976	102	4.186.828
Cladóceros	22	238.157	19	265.782
Copépodes	20	1.007.098	12	2.090.739
Rotíferos	59	231.375	54	1.599.274
Tecamebas	28	117.346	17	231.033

Analisando a abundância de indivíduos por grupo, é possível perceber que determinados pontos apresentaram valores muito mais elevados que outros. Cabendo destaque à unidade amostral 17, que foi fortemente representada por copépodes no período de enchente. Em ambos os períodos os copépodes foram bastante representativos em densidade, equilibrando-se em alguns casos com rotíferos e raramente com os cladóceros. Os protozoários testáceos foram pouco abundantes, quando comparados aos outros grupos, em todas as unidades amostrais, tendo grandes representações apenas no período de vazante, nas unidades amostrais 7 e 22 (Figura 4).

Ao considerarmos número/riqueza de espécies (Figura 5), houve um maior equilíbrio entre os grupos no período da enchente, com exceção para as unidades amostrais 1 e 2, onde não houve registro da presença de protozoários testáceos. Já na vazante, os rotíferos apresentaram grande diversidade em quase todos os pontos.

O resultado da betadisper (tabela 3) indica uma maior homogeneidade do zooplâncton no período de vazante, quando considerados todos os grupos, porém quando tratados separadamente apenas copépodes e rotíferos apresentaram esse padrão. Da mesma forma, a Anosim (tabela 3) indica que as unidades de amostragem apresentam características biológicas mais similares dentro de uma mesma estação sazonal do que entre as estações, e esse resultado foi semelhante para cada grupo. As Análises NMDS (Figura 6)

evidenciam a distinção da biodiversidade quando comparam-se os períodos amostrais, considerando todo o zooplâncton e também avaliando cada grupo individualmente.

Tabela 3. Resultados das Análises de similaridade (Anosim) e Betadisper para o zooplâncton e para cada grupo.

<b>Grupos</b>	<b>Anosim</b>		<b>Betadisper</b>		
	<b>r</b>	<b>P</b>	<b>Enchente</b>	<b>Vazante</b>	<b>P</b>
Zooplâncton	0,63	<0,0001	0,41	0,31	<0,0001
Cladóceros	0,15	<0,0001	0,34	0,40	0,24
Copépodes	0,26	<0,0001	0,28	0,15	<0,0001
Rotíferos	0,57	<0,0001	0,55	0,32	<0,0001
Tecamebas	0,33	<0,0001	0,45	0,48	0,49

Na CCA (figura 7) é perceptível o nível de relação de algumas espécies com os parâmetros físico-químicos, cabendo destaques a cada grupo.

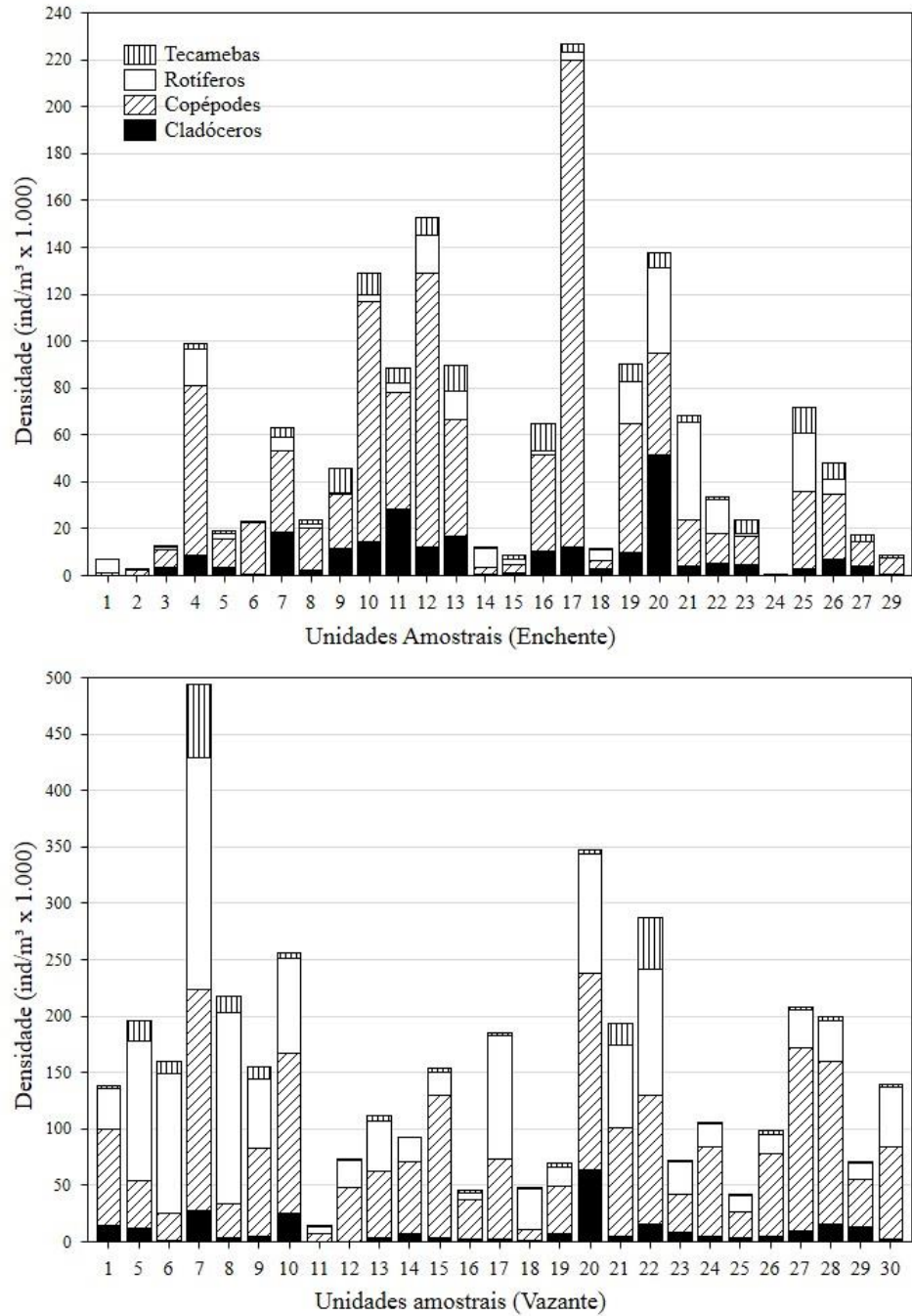


Figura 4 – Densidade de indivíduos distribuídos por grupos em cada unidade amostral por período de coleta.

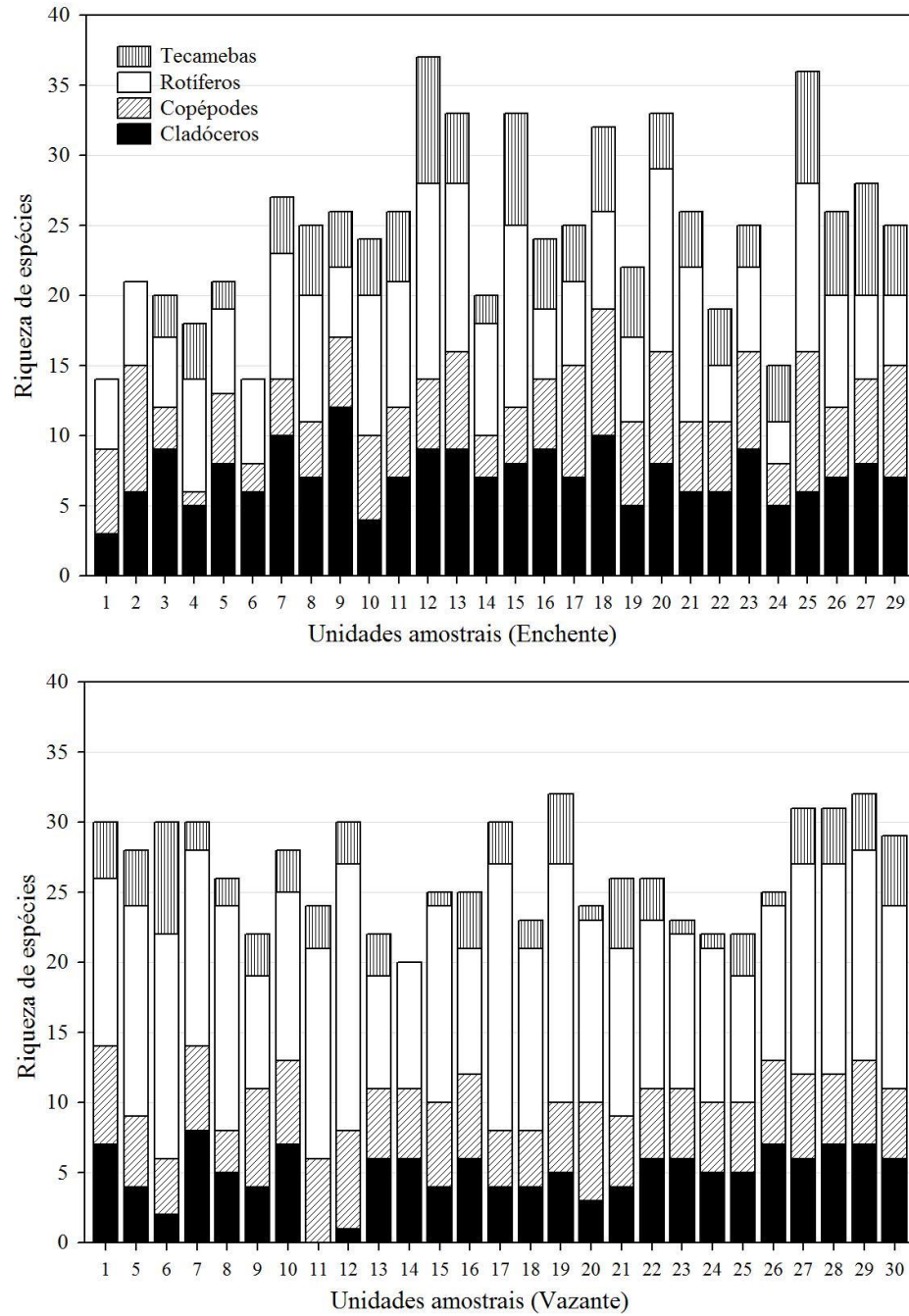


Figura 5. Riqueza de indivíduos distribuídos por grupos em cada unidade amostral por período de coleta.

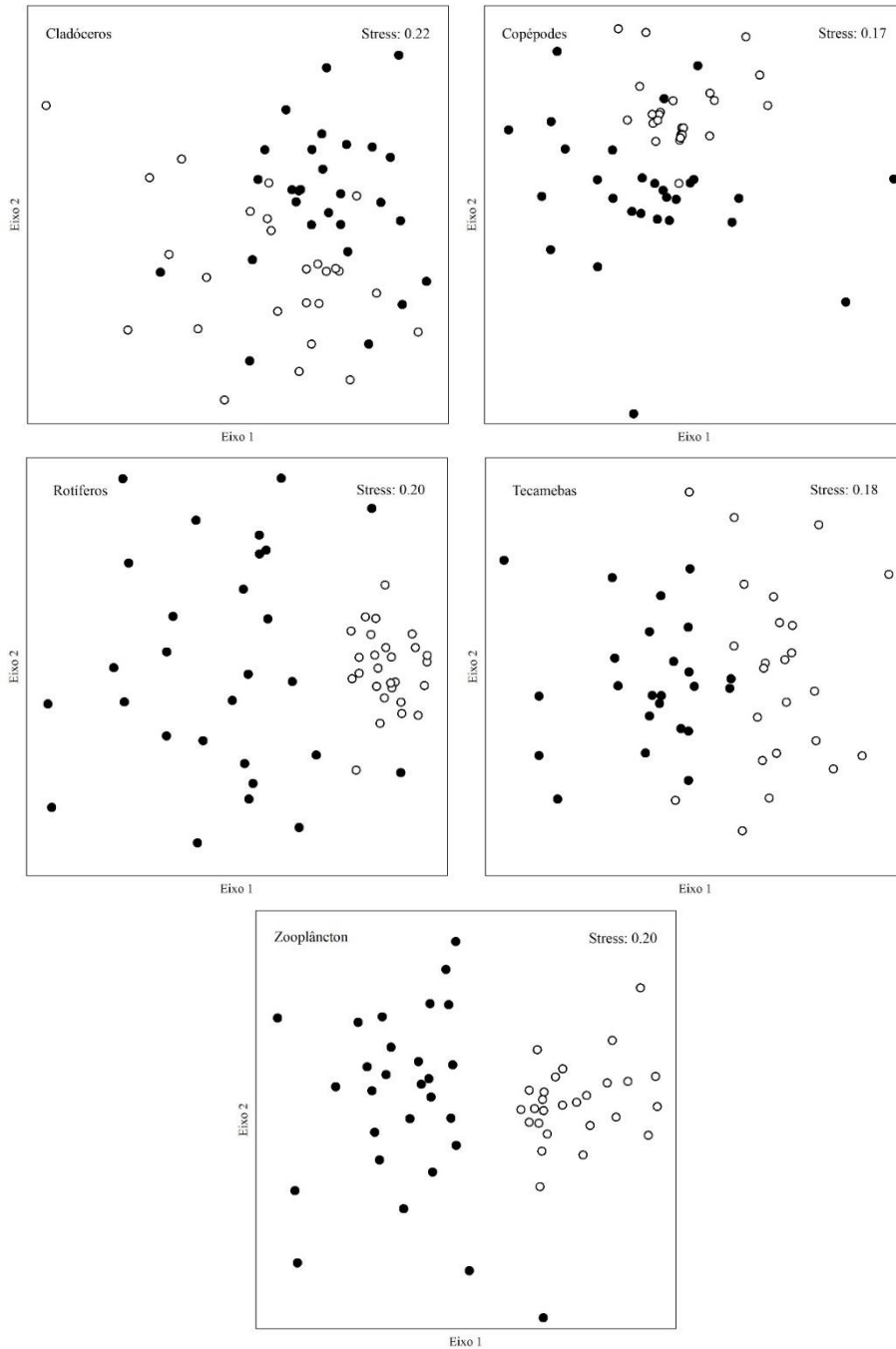
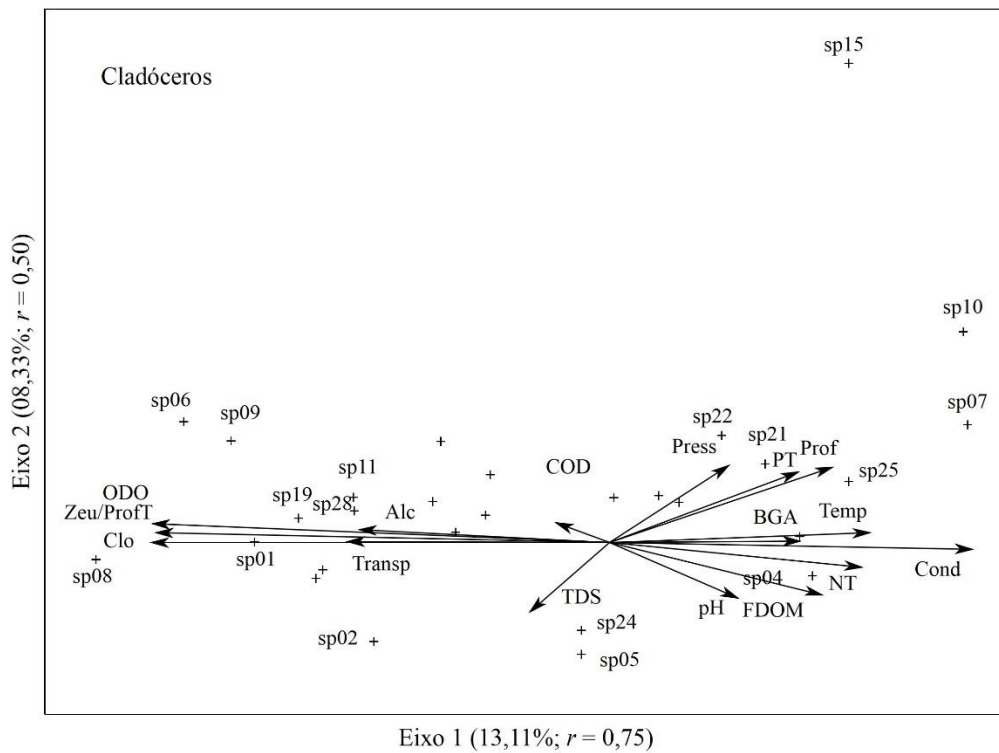
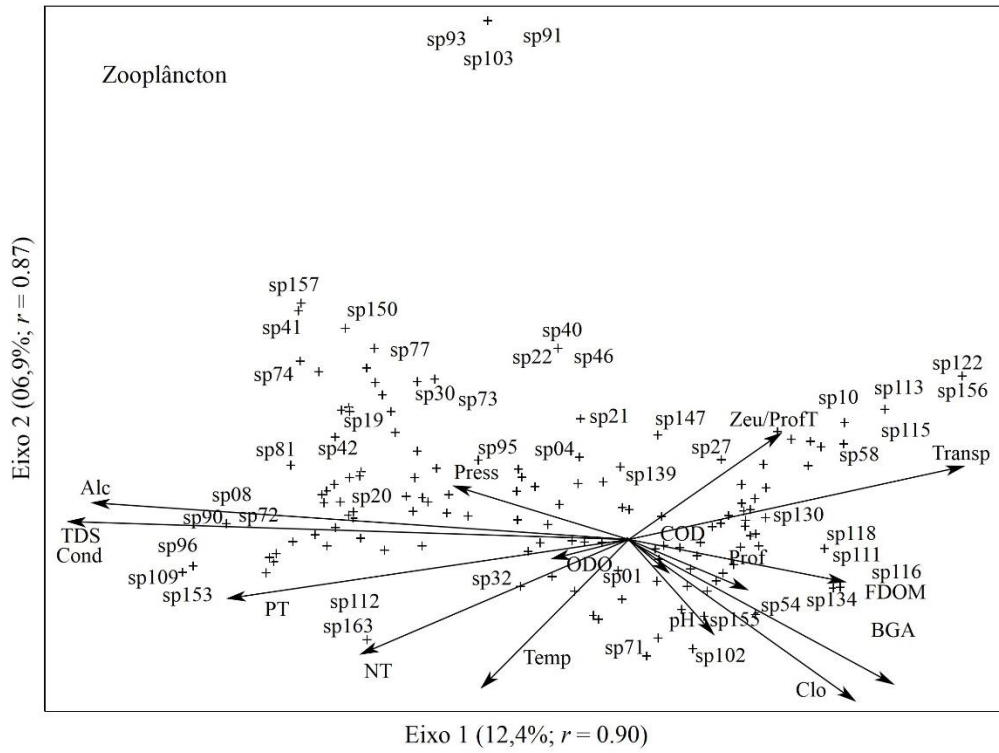
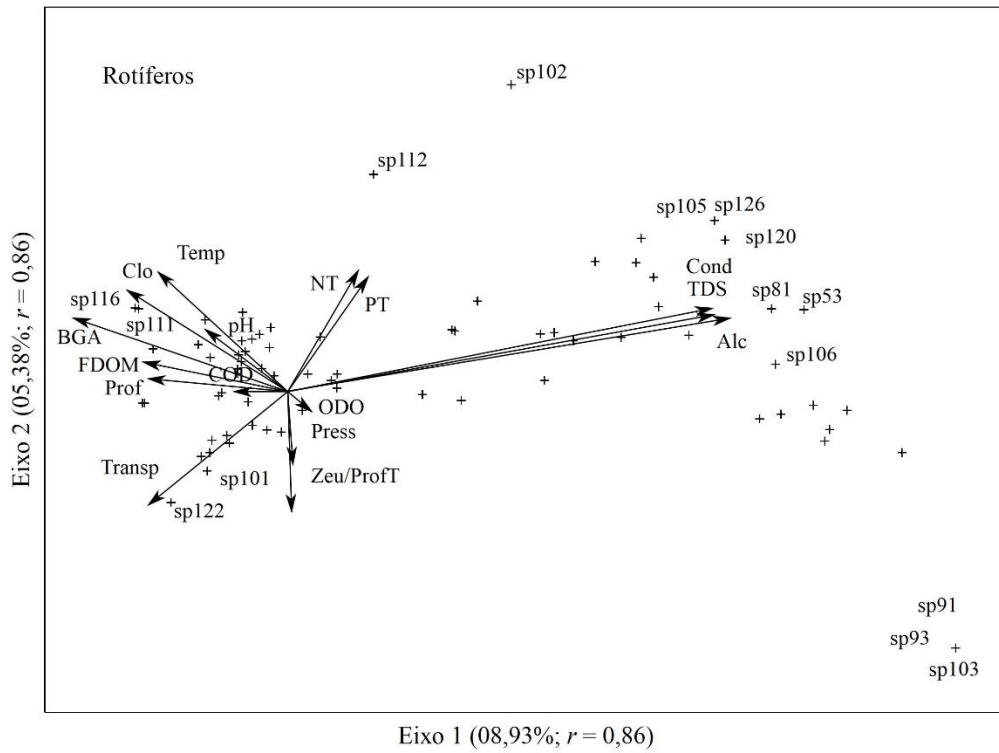
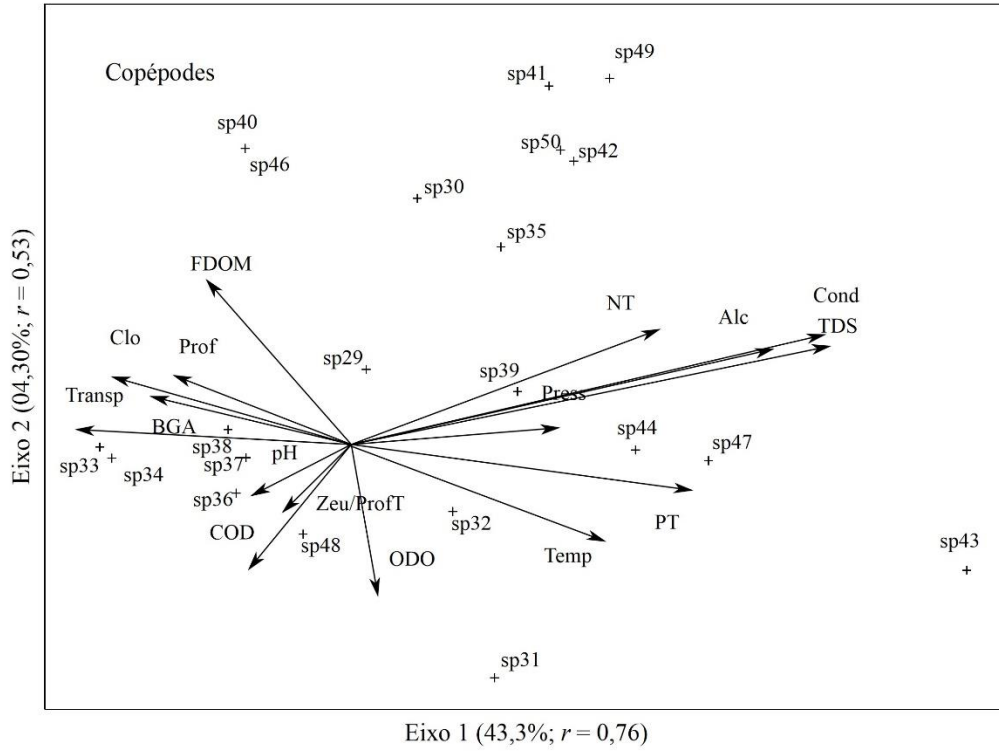


Figura 6. Ordenação dos pontos amostrados com relação ao zooplâncton nos dois eixos da Análise de Escalonamento Multidimensional Não-Métrico (NMDS): zooplâncton; cladóceros; copépodes; rotíferos e protozoários testáceos/tecamebas. Círculos de cor preta indicam enchente e círculos de cor branca indicam vazante.







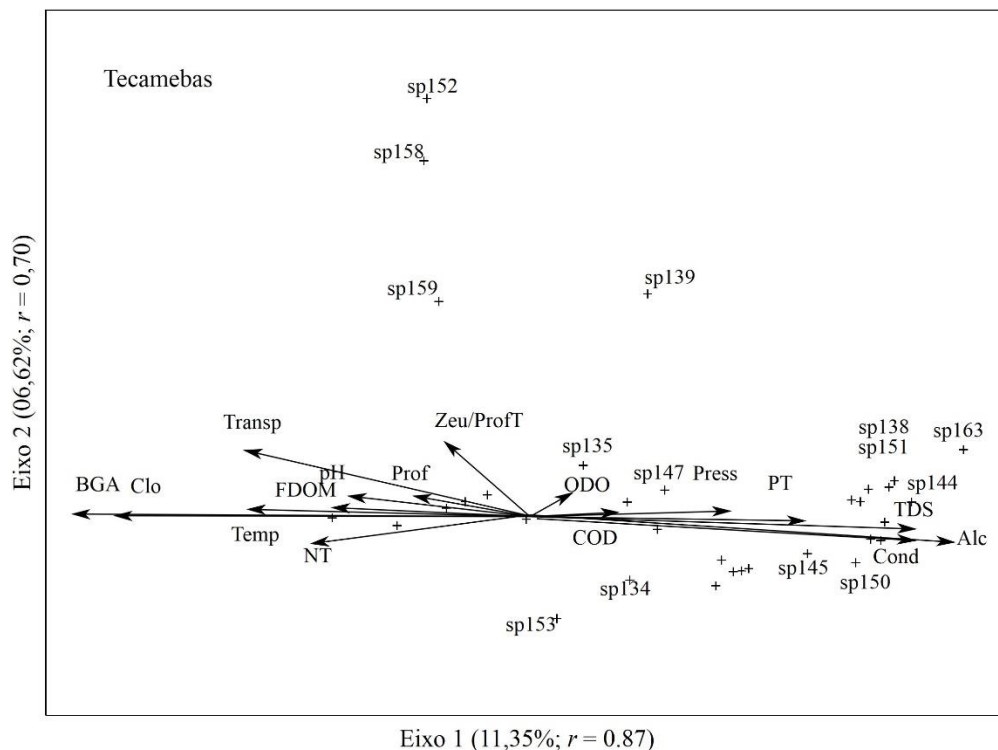


Figura 7. Análise de Correspondência Canônica (CCA) das espécies em relação às variáveis físicas e químicas: zooplâncton; cladóceros; copépodes; rotíferos e protozoários testáceos/tecamebas. ODO= oxigênio dissolvido; Prof= profundidade; Press= pressão; Cond= condutividade; Alc= alcalinidade; TDS= sólidos totais dissolvidos; PT= fósforo total; NT= nitrogênio total; FDOM= matéria orgânica fluorescente dissolvida; Temp= temperatura; Clo= clorofila-a; BGA= algas verde-azuladas; Zeu/ProfT= zona eufótica/profundidade total; Transp= transparência; COD= carbono orgânico dissolvido.

A espécie de cladóceros *Holopedium amazonicum* (sp20), apresentou respostas positivas (Figura 7) às variações de alcalinidade e negativas às variações de BGA, clorofila-*a* e matéria orgânica fluorescente dissolvida de acordo com a CCA; Os copépodes diaptomidae, com ênfase para *Argyrodiaptomus robertsonae* (sp43), copepodito calonoida (sp44) e nauplius (Diaptomidae) (sp47) responderam às variações de alcalinidade, turbidez, temperatura e fósforo, evidenciando que este grupo possa ter maior correlação com tais parâmetros. Dos rotíferos, as espécies *Brachionus quadridentatus* (sp62) e *Lecane scutata* (sp109) estão associados à Alcalinidade, Condutividade e Sólidos Totais Dissolvidos e a espécie *Lecane bulla* (sp102) apresentou forte relação com BGA. Dos protozoários

testáceos, a *Sphenoderia lenta* (sp153) esteve fortemente relacionada com fósforo e nitrogênio, apresentando relação negativa com transparência; *Arcella Costata* (sp134) com pH.

## DISCUSSÃO

Os dados ambientais foram distintos entre os períodos amostrais, com exceção para algumas unidades amostrais. A vazante apresentou uma tendência de menor agrupamento entre as unidades amostrais, já a enchente apresentou maior nível de semelhança entre os pontos. Conforme discutido em muitos trabalhos, tal comportamento pode dar-se pelo efeito homogeneizador do pulso de inundação, que aumenta e cria novas conexões conforme eleva o volume de água na região do lago (Junk et al., 1989, Chaparro et al., 2014, Ghidini and Santos-Silva, 2011).

A variação na estrutura da comunidade zooplanctônica, em geral, foi mais homogênea na vazante o que pode ser resultado das interações ocorridas entre os fatores bióticos e abióticos no período da cheia, que veio a recair sobre a vazante. Desta forma o pulso de inundação mostrou-se determinante sobre a diversidade zooplanctônica. Alguns estudos evidenciam a capacidade adaptativa em que muitos táxons são capazes de criar estratégias para lidar com os efeitos do pulso de inundação, que podem dar-se por alterações no ciclo reprodutivo, em características morfológicas dos indivíduos e/ou movimentações verticais na água (Bunn and Arthington, 2002, Mouzinho et al., 2010, Abrial et al., 2014), que muitas vezes apresentam um comportamento monomodal, assemelhando-se à presente região de estudo.

Apesar da clara distinção na composição das espécies para todos os grupos entre os períodos analisados (Figura 6), os cladóceros apresentaram um comportamento menos homogêneo para ambos os períodos, não evidenciando um esperado comportamento similar aos copépodes (visto que ambos são microcrustáceos), que foram bastante heterogêneos na enchente e mais agrupados no segundo período. A distribuição não homogênea e diferenciada dos cladóceros pode ser consequência das características adaptativas de determinadas espécies em relação aos períodos amostrados (Ghidini and Santos-Silva, 2011) como é o caso da espécie *Holopedium amazonicum* (sp20), pertencente ao grupo dos

cladóceros, que é endêmica da região amazônica (Elmoor-Loureiro, 1997) e apresenta ocorrência, principalmente, durante as águas baixas (Ghidini and Santos-Silva, 2011).

Os rotíferos apresentaram-se de forma semelhante aos copépodes, sendo mais heterogêneos na enchente e homogêneos na vazante, tal comportamento também pode ser explicado pelos efeitos do pulso de inundação, que cria diferentes nichos durante o período da seca, que vão sendo homogeneizados com o aumento das conexões entre os lagos menores durante a enchente e a cheia (Junk et al., 2012). Por tratar-se de grupo maior em número de espécies, os rotíferos apresentaram respostas bastante diferenciadas em relação aos parâmetros físico químicos.

É possível visualizar que além dos efeitos diretos do pulso de inundação, alguns táxons do zooplâncton variam de acordo com as características físicas e químicas do ambiente, concordando com outros estudos (Paidere, 2009, Chaparro et al., 2014), alguns apontam táxons dos rotíferos como indicadores do excessivo aporte de nitrogênio, fósforo e clorofila *a* (Yagci and Ustaoglu, 2012). De fato muitos rotíferos apresentaram-se correlacionados a tais parâmetros com destaque para o gênero *Lecane*.

Portanto, nossos resultados sugerem que o zooplâncton é capaz de responder efetivamente ao pulso de inundação, com maior ênfase para muitas espécies que estiveram extremamente relacionadas com os parâmetros físico-químicos, que também variam de acordo com os fluxos que conectam o Lago Grande do Curuai com o rio Amazonas. Isso sugere que através de um maior aprofundamento e outros estudos na região é possível delimitar espécies que sejam efetivamente indicadoras de poluição, eutrofização e variações físico-químicas consequentes de efeitos antrópicos.

#### **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) por prover assistência financeira a L.F. Gomes, à Fondation pour la Recherche sur la Biodiversité (FRB) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) que, em parceria com o Institut de Recherche pour le Développement (IRD), financiou o projeto de número de processo: 490634/2013-3.

## REFERÊNCIAS

- ABRIAL, E., RABUFFETTI, AP., ESPINOLA, LA., AMSLER, ML., BLETTLER, MCM and PAIRA, AR., 2014. Influence of hydrological changes on the fish community in two lotic environments of the Middle Parana Floodplain, Argentina. *Aquatic Ecology*, vol. 48, no. 3, p. 337-349.
- AMORIM, MA., TURCQ, P., TURCQ, BJ and CORDEIRO, RC., 2009. Origem e dinâmica da deposição dos sedimentos superficiais na Várzea do Lago Grande de Curuai, Pará, Brasil. *Acta Amazônica*, vol.39, no. 1, p. 165-172.
- ARRINGTON, DA., WINEMILLER, KO and LAYMAN, CA., 2005. Community assembly at the patch scale in a species rich tropical river. *Oecologia*, vol. 144, no. 1, p. 157-167.
- BARBOSA, CCF., NOVO, E., MELACK, JM., GASTIL-BUHL, M and PEREIRA, W., 2010. Geospatial analysis of spatiotemporal patterns of pH, total suspended sediment and chlorophyll-a on the Amazon floodplain. *Limnology*, vol. 11, no. 2, p. 155-166.
- BONNET, MP., BARROUX, G., MARTINEZ, JM., SEYLER, F., MOREIRA-TURCQ, P., COCHONNEAU, G., MELACK, JM., BOAVENTURA, G., MAURICE-BOURGOIN, L., LEON, JG., ROUX, E., CALMANT, S., KOSUTH, P., GUYOT, JL and SEYLER, P., 2008. Floodplain hydrology in an Amazon floodplain lake (Lago Grande de Curuai). *Journal of Hydrology*, vol. 349, no. 1-2, p. 18-30.
- BORCARD, D., GILLET, F and LEGENDRE, P., 2011. *Numerical ecology with R*. Springer.
- BOTTRELL, HH., DUNCAN, A., GLIWICZ, ZM., GRYGIEREK, E., HERZIG, A., HILLBRICHTILKOWSKA, A., KURASAWA, H., LARSSON, P and WEGLENSKA, T., 1976. Review of some problems in zooplankton production studies. *Norwegian Journal of Zoology*, vol. 24, p. 419-456.
- BUNN, SE and ARTHINGTON, AH., 2002. Basic principles and ecological consequences of altered flow regimes for aquatic biodiversity. *Environmental Management*, vol. 30, no. 4, p. 492-507.
- CHAPARRO, G., FONTANARROSA, MS., SCHIAFFINO, MR., PINTO, PD and O'FARRELL, I., 2014. Seasonal-dependence in the responses of biological communities to flood pulses in warm temperate floodplain lakes: implications for the "alternative stable states" model. *Aquatic Sciences*, vol. 76, no. 4, p. 579-594.
- EATON, AD., CLESCERI, LS., RICE, EW and GREENBERG, AE., 2005. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 21. Washington: 1368 p.
- ELMOOR-LOUREIRO, LMA., 1997. *Manual de identificação de cladóceros límnicos do Brasil*. Universa. 155 p.
- FERNANDES, R., GOMES, LC., PELICICE, FM and AGOSTINHO, AA., 2009. Temporal organization of fish assemblages in floodplain lagoons: the role of hydrological connectivity. *Environmental Biology of Fishes*, vol. 85, no. 2, p. 99-108.

- GHIDINI, AR and SANTOS-SILVA, END., 2011. Composition, species richness and patterns of nycthemeral vertical distribution of planktonic cladocereans in a black water Amazonian lake. *Nauplius*, vol. 19, no. 2, p.109-122.
- JUNK, WJ., BAYLEY, PB and SPARKS, RE., 1989. The flood pulse concept in river-floodplain systems. *Canadian special publication of fisheries and aquatic sciences*, vol. 106, no. 1, p. 110-127.
- JUNK, WJ., PIEDEDE, MTF., SCHONGART, J and WITTMANN, F., 2012. A classification of major natural habitats of Amazonian white-water river floodplains (varzeas). *Wetlands Ecology and Management*, vol. 20, no. 6, p. 461-475.
- LANSAC-TOHA, FA., VELHO, LFM., COSTA, DM., SIMOES, NR and ALVES, GM., 2014. Structure of the testate amoebae community in different habitats in a neotropical floodplain. *Brazilian Journal of Biology*, vol. 74, no. 1, p. 181-190.
- LEGENDRE, P and LEGENDRE, L., 2012. *Numerical ecology*. 3 ed. Elsevier. 990 p.
- MOUZINHO, JRC., DA FONSECA, CRV and BARBOSA, MLL., 2010. The influence of flood pulses on the reproductive strategy of two species of passalid beetle in the fluvial archipelago of Anavilhanas, Amazon, Brazil. *Journal of Natural History*, vol. 44, no. 9-10, p. 589-600.
- OKSANEN, J., BLANCHET, FG., KINDT, R., LEGENDRE, P., MINCHIN, PR., O'HARA, RB., SIMPSON, GL., SOLYMOS, P., STEVENS, MHH and WAGNER, H., 2013., vegan: Community Ecology Package.
- OLIVEIRA, EA., FREITAS, JS., KEPPELER, EC., GOMES, CG., DO NASCIMENTO, AM., SERRANO, ROP., MEDALHA, JA and DA SILVA, AJA., 2010., Zooplâncton de dois ecossistemas aquáticos rasos, em áreas de incidência do *Anopheles darlingi*, no noroeste do Estado do Acre. *Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde*, vol. 14, no. 2, p. 71-81.
- ORTEGA, JCG., DIAS, RM., PETRY, AC., OLIVEIRA, EF and AGOSTINHO, AA., 2015., Spatio-temporal organization patterns in the fish assemblages of a Neotropical floodplain. *Hydrobiologia*, vol. 745, no. 1, p. 31-41.
- PAIDERE, J., 2009. Influence of flooding frequency on zooplankton in the floodplains of the Daugava river (Latvia). *Acta Zoologica Lituanica*, vol. 19, no. 4, p. 306-313.
- PEREIRA, APS., DO VASCO, AN., BRITTO, FB., JÚNIOR, AVM and DE SOUZA NOGUEIRA, EM., 2011. Biodiversidade e estrutura da comunidade zooplanctônica na Sub-bacia Hidrográfica do Rio Poxim, Sergipe, Brasil. *Revista Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science*: vol 6, no. 2, p. 191-205.
- PINHEIRO, SCC., PEREIRA, LCC., DA ROCHA LEITE, N., CARMONA, PA and DA COSTA, RM., 2010., Dinâmica e estrutura populacional do zooplâncton no canal de Chavascal-PA (litoral amazônico), Brasil. *Revista da Gestão Costeira Integrada*, vol. 2, p. 1-8.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM., 2015. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria.

- ROONEY, RC., CARLI, C and BAYLEY, SE., 2013. River Connectivity Affects Submerged and Floating Aquatic Vegetation in Floodplain Wetlands. *Wetlands*, vol. 33, no. 6, p. 1165-1177.
- SCHWIND, LTF., DIAS, JD., JOKO, CY., BONECKER, CC and LANSAC-TÔHA, FA., 2013. Advances in studies on testate amoebae (Arcellinida and Euglyphida): a scientometric approach. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, vol. 35, no. 4, p. 549-555.
- STARR, SM., BENSTEAD, JP and SPONSELLER, RA., 2014. Spatial and temporal organization of macroinvertebrate assemblages in a lowland floodplain ecosystem. *Landscape Ecology*, vol 29, no. 6, p. 1017-1031.
- STEEDMAN, HF., 1976. Zooplankton fixation and preservation. Paris: The Unesco Press. 349 p.
- THOMAZ, SM., BINI, LM and BOZELLI, RL., 2007. Floods increase similarity among aquatic habitats in river-floodplain systems. *Hydrobiologia*, vol. 579, no. 1, p. 1-13.
- TOCKNER, K., MALARD, F and WARD, JV., 2000. An extension of the flood pulse concept. *Hydrological Processes*, vol. 14, p. 2861-2883.
- TOCKNER, K and STANFORD, JA., 2002. Riverine flood plains: present state and future trends. *Environmental Conservation*, vol. 29, no. 3, p. 308-330.
- VANDENBRINK, FWB., DELEEUW, J., VANDERVELDE, G and VERHEGGEN, GM., 1993. Impact of hydrology on the chemistry and phytoplankton development in floodplain lakes along the lower Rhine and Meuse. *Biogeochemistry*, vol. 19, no. 2, p. 103-128.
- VIEIRA, ACB., MEDEIROS, AMA., RIBEIRO, LL and CRISPIM, MC., 2011. Population dynamics of *Moina minuta* Hansen (1899), *Ceriodaphnia cornuta* Sars (1886), and *Diaphanosoma spinulosum* Herbst (1967)(Crustacea: Branchiopoda) in different nutrients (N and P) concentration ranges. *Acta Limnologica Brasiliensia*, vol. 23, no. 1, p. 48-56.
- WANTZEN, KM., JUNK, WJ and ROTHHAUPT, KO., 2008. An extension of the floodpulse concept (FPC) for lakes. *Hydrobiologia*, vol. 613, p. 151-170.
- YAGCI, MA and USTAOGU, MR., 2012. Zooplankton fauna of Lake Iznik (Bursa, Turkey). *Turkish Journal of Zoology*, vol. 36, no. 3, p. 341-350.

## **Capítulo 2**

**Duas práticas abordagens para o monitoramento da comunidade  
zooplanctônica no Lago Grande do Curuai, Pará, Brasil**

**Capítulo elaborado e formatado conforme normas da revista *Acta Amazonica***

**TWO PRACTICAL APPROACHES TO MONITORING THE ZOOPLANKTONIC COMMUNITY AT LAGO GRANDE DO CURUAI, PARÁ, BRAZIL**

**LEONARDO FERNANDES GOMES<sup>1\*</sup>, LUDGERO CARDOSO GALLI VIEIRA<sup>2</sup>, MARIE PAULE BONNET<sup>3,4</sup>**

<sup>1</sup>Universidade de Brasília (UnB), Campus Planaltina, Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento Rural, Área Universitária 1, Vila Nossa Senhora de Fátima, 73.345-010 – Planaltina – DF, Brazil. E-mail: [leof.mader@gmail.com](mailto:leof.mader@gmail.com)

<sup>2</sup>Universidade de Brasília (UnB), Campus Planaltina, Área Universitária 1, Vila Nossa Senhora de Fátima, 73.345-010 – Planaltina – DF, Brazil. E-mail: ludgero@unb.br

<sup>3</sup>Geosciences Environnement Toulouse (UMR 5563 GET), IRD/ CNRS/ Université Toulouse III, Toulouse, France. E-mail: [mpaule.bonnet@gmail.com](mailto:mpaule.bonnet@gmail.com)

<sup>4</sup> International Joint Laboratory Observatoire des Changements Environnementaux LMI OCE, IRD – Universidade de Brasília, Campus Universitário Darcy Ribeiro, CEP 70910-900 Brasília, Brazil.

**ABSTRACT**

The use of substitute groups in biomonitoring programs has been proposed to minimize the high financial costs and time for samples processing. The objectives of this study were to evaluate the correlation between (i) the spatial distribution among the major zooplankton groups (cladocerans, copepods, rotifers, and testaceans protozoa), (ii) the data of density and presence/absence of species, and (iii) the data of species, genera, and families from samples collected in the Lago Grande do Curuai, Pará, Brazil. A total of 55 sample of the zooplanktonic community was collected, with 28 samples obtained in March and 27 in September, 2013. The agreement between the different sets of data was assessed using Mantel and Procrustes tests. Our results indicated high correlations between genus level and species level and high correlations between presence/absence of species and abundance, regardless of the seasonal period. These results suggest that zooplankton community could be incorporated in a long-term monitoring program at relatively low financial and time costs.

**KEYWORDS:** Biomonitoring, Cladoceran, Copepod, Rotifer, Testate amoebae.



**DUAS PRÁTICAS ABORDAGENS PARA O MONITORAMENTO DA COMUNIDADE  
ZOOPLANCTÔNICA NO LAGO GRANDE DO CURUAI, PARÁ, BRASIL**

**RESUMO**

O uso de grupos substitutos em programas de biomonitoramento tem sido proposto para minimizar os altos custos financeiros e tempo para processamento das amostras. Os objetivos deste estudo foram avaliar a correlação entre (i) a distribuição espacial nos principais grupos zooplanctônicos (cladóceros, copépodes, protozoários testáceos e rotíferos), (ii) os dados de densidade e presença/ausência de espécies, e (iii) os dados de espécies, gêneros e famílias a partir de amostras coletadas no Lago Grande do Curai, Pará, Brasil. Um total de 55 amostras da comunidade zooplanctônica foi coletada, sendo 28 em março e 27 em setembro de 2013. A concordância entre os diferentes conjuntos de dados foi avaliada por meio dos testes de Mantel e Procrustes. Nossos resultados indicam alta correlação entre nível de gênero e espécies e entre a presença/ausência de espécies e abundância, independentemente do período sazonal. Estes resultados sugerem que a comunidade zooplanctônica pode ser incorporada em programas de monitoramento a longo prazo com custos financeiros e de tempo relativamente menores.

**PALAVRAS-CHAVE:** Biomonitoramento, Cladóceros, Copépodes, Rotíferos, Amebas Testáceas.

## INTRODUÇÃO

Com os problemas crescentes que vão desde a ocupação à exploração dos ecossistemas terrestres e aquáticos, a necessidade de identificar impactos antrópicos, buscar alternativas de mitigação e, finalmente, implementar programas de monitoramento ambiental nas áreas afetadas estão surgindo (Siqueira e Roque 2010). Diferentes abordagens que avaliam física, química e biologicamente o ambiente têm sido aplicados em programas de monitoramento (Monteiro et al., 2008). Por exemplo, o biomonitoramento tem uma importância crescente, porque é capaz de gerar informações sobre as qualidades ambientais e biológicas, a curto, médio e longo prazos (Buss et al. 2003).

Complementar às abordagens físico-químicas, o biomonitoramento é capaz de avaliar as condições ambientais através de mudanças morfológicas dos organismos, variações na densidade, riqueza de espécies e mudanças na composição da comunidade (Goulart e Callisto 2003); portanto, programas de monitoramento ambiental que integram informações biológicas são mais completos do que aqueles restritos apenas à primeira forma (Buss et al., 2003). O monitoramento físico-químico é útil para rastrear a origem e intensidade das mudanças no ambiente (por exemplo: descarga de resíduos, desmatamento, eutrofização, etc.), mas é incapaz de identificar com precisão como essas mudanças impactam as comunidades biológicas (Buss et al. 2008).

Uma grande diversidade de organismos é utilizada para fins de biomonitoramento (Resh 2008), como peixes (Dellinger et al. 2014), zooplâncton (Lodi et al. 2011), macroinvertebrados bentônicos (Trigal et al. 2014), e plantas (Szczyglowska et al. 2014); No entanto, a integração de vários grupos biológicos e identificação de cada um ao mais baixo nível taxonômico possível (na maioria dos casos, o nível específico) pode ser impraticável, tanto financeiramente quanto em relação ao tempo disponível para o estudo (Carneiro et al 2010.; Padial et al. 2012).

Algumas possíveis alternativas têm sido propostas para minimizar esses problemas, tais como o uso de grupos substitutos (Lopes et al 2011; Vieira et al 2014), listas de espécies baseadas em dados de ocorrência como uma alternativa para dados de abundância de indivíduos (Carneiro et al. 2010), e identificação de organismos em escalas taxonômicas menos específicas (Carneiro et al. 2013).

Os objetivos deste estudo são avaliar a correlação (i) da distribuição espacial entre os principais grupos do zooplâncton (cladóceros, copépodes, protozoários testáceos e rotíferos), (ii) dos diferentes níveis numéricos (dados de densidade e presença/ausência de espécies), e (iii) dos níveis taxonômicos (espécie, gênero e família) a partir dos dados coletados.

## MATERIAL E MÉTODOS

### ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado na planície de inundação do Lago Grande de Curuai, Pará, Brasil (Figura 1). Estando localizado na margem direita do baixo curso do rio Amazonas entre 56,10°, 55,00° O, 2,3° e 1,9° S de montante a jusante, WGS 84 em unidades decimais. A área é composta por vários lagos interligados e está conectada ao rio Amazonas através de diversos canais. Ao longo do ano, a variação do nível da água na planície de inundação é monomodal seguindo o pulso de inundação do rio Amazonas. A amplitude das variações entre as fases de baixa e alta das águas é de aproximadamente 6 m para ciclos hidrológicos típicos (Amorim et al. 2009). Conseqüentemente, a área de água aberta varia ao longo do ano de aproximadamente 600 km<sup>2</sup> em um nível mínimo de água igual a 3 m para 2.500 km<sup>2</sup> em um nível máximo de água igual a 11,5 m (Bonnet et al. 2008).

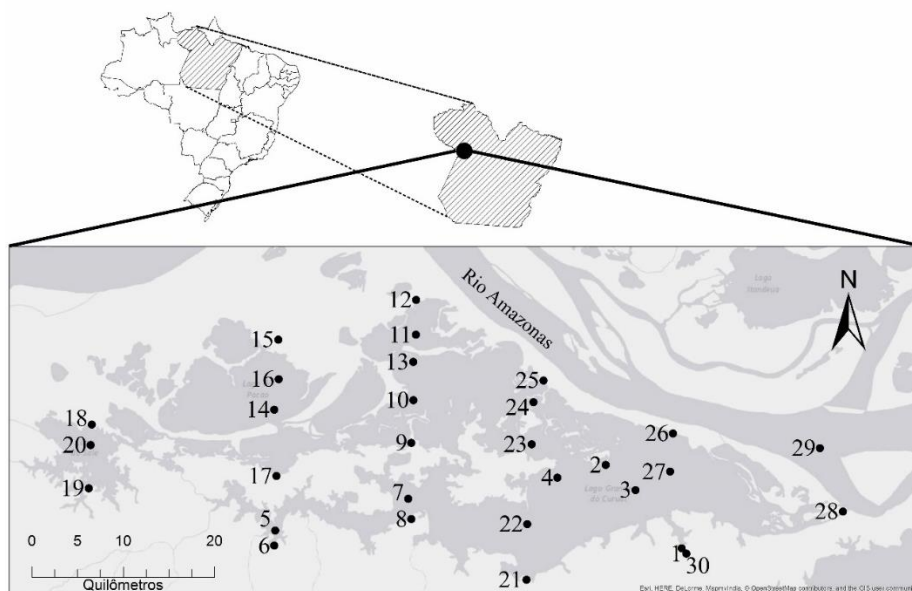


Figura 1. Mapa da região e localização do Lago Grande do Curuai. Os pontos indicam a localização das unidades amostrais.

Os ciclos de águas altas e baixas são temporalmente bem definidos (Figura 2), com a primeira fase (pico da cheia), correspondente aos meses que vão de maio a julho e da segunda fase (mínimo das águas baixas) ocorrendo entre outubro e dezembro.

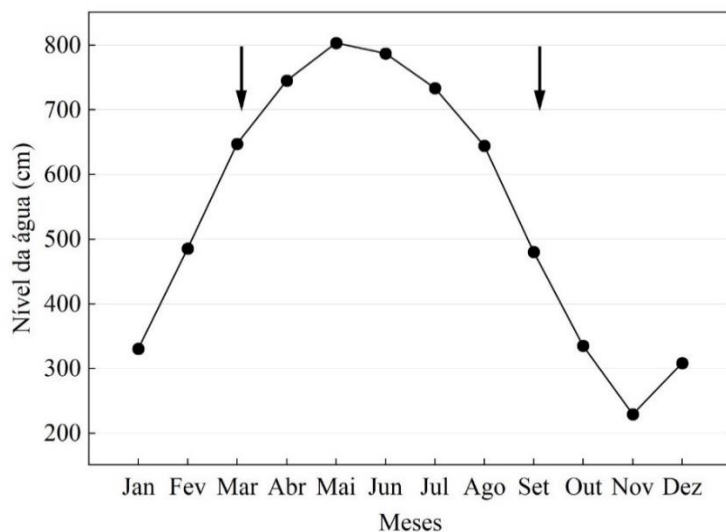


Figura 2. Nível da água do rio Amazonas na estação de Óbidos em 2013. Setas indicam os períodos amostrais.

### COLETA E IDENTIFICAÇÃO

Um total de 55 unidades amostrais foram selecionadas no Lago Grande do Curuai, com 28 amostras obtidas em março (período de enchente, os pontos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27 e 29) e 27, em setembro (período de vazante, pontos 1, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29 e 30), 2013 (Figura 1). As unidades amostrais 2, 3 e 4 foram coletadas apenas em março e unidades amostrais 28 e 30 apenas em setembro. Uma amostra da comunidade zooplânctônica foi coletada em cada unidade de amostragem por meio de uma rede de plâncton com um tamanho de malha de 68  $\mu\text{m}$ , utilizando 300 litros de água filtrada por amostra, que foram conservadas em formol 4% (Steedman, 1976).

Cálculos de identificação e de densidade foram obtidos e as amostras foram concentradas em 75 mL, dos quais 7,5 mL foram subamostrados com pipeta tipo *Hensen-Stempel* e contadas numa câmara de *Sedgewick-Rafter*. Posteriormente, uma análise

qualitativa foi realizada com novas sub amostras até que novos táxons não fossem encontrados (Bottrell et al. 1976). As densidades foram expressas em indivíduos.m<sup>-3</sup>.

### ANÁLISE DE DADOS

Todos os dados foram transformados em escala logarítmica ( $x + 1$ ) e separados por espécies, gêneros, famílias e grupos do zooplâncton (cladóceros, copépodes, protozoários testáceos e rotíferos) antes da análises estatísticas.

A concordância entre os diferentes conjuntos de dados foi avaliada por meio dos testes de Mantel e Procrustes (Legendre e Legendre 2012). O teste de Mantel calcula a correlação entre duas matrizes de distância, e o Procrustes calcula a distância mínima espacial entre os escores das unidades de amostragem depois de uma técnica de ordenação (neste caso, Análise de Coordenadas Principais - PCoA). Em ambas as análises, a força de correlação foi medida utilizando o valor de  $r$  ( $r$  Mantel: gamas de -1 a +1,  $r$ : Procrustes: faixas de 0 a 1), e testes de aleatorização (com aleatorizações 9999) foram aplicados para quantificar a significância estatística dos valores de  $r$ . Matrizes de distância foram analisadas utilizando a distância de Bray-Curtis em comparação às matrizes com dados de densidade e o índice de Jaccard para a presença ou ausência de espécies (Legendre e Legendre 2012).

Todas as análises foram realizadas com o pacote *vegan* do software estatístico R (R Development Core Team 2013).

### RESULTADOS

Um total de 166 espécies foram amostradas, incluindo 28 cladóceros, 22 copépodes, 83 rotíferos e 33 protozoários testáceos. A abundância total foi de 5.780.804 indivíduos, com 503.939 cladóceros, 3.097.837 copépodes, 1.830.649 rotíferos, e 348.378 protozoários testáceos. Em ambos os períodos (enchente e vazante), rotíferos foram predominantes na riqueza de espécies e copépodes na quantidade de indivíduos. As duas análises (Mantel e Procrustes) apresentaram resultados semelhantes (Tabelas 1 e 2). Independentemente do período amostral, houveram concordâncias significativas entre cladóceros e copépodes e entre cladóceros e rotíferos (Tabela 1). Os resultados também indicaram que não houve um padrão consistente entre rotíferos e testáceos (vazante) ou entre cladóceros e testáceos

(período de vazante) (Tabela 1). No entanto, independentemente da significância, os valores encontrados de concordância foram baixos. Em média, para os valores significativos, as forças de concordância indicadas pelo teste de Mantel foram de 0,32 e 0,61 pelo Procrustes.

Tabela 1. Correlação espacial entre grupos do zooplâncton do Lago Grande do Curuai baseado nos testes de Mantel e Procrustes.  $r$  = Correlações de Mantel e Procrustes,  $P$  = significância estatística. Valores significativos de  $r$  ( $<0,05$ ) estão em negrito.

Períodos	Grupos	Mantel		Procrustes	
		$r$	$P$	$r$	$P$
Enchente (março)	Cladóceros x Copépodes	<b>0,50</b>	0,001	<b>0,63</b>	0,001
	Cladóceros x Rotíferos	<b>0,28</b>	0,001	<b>0,65</b>	0,001
	Cladóceros x Testáceos	0,16	0,114	<b>0,61</b>	0,014
	Copépodes x Rotíferos	<b>0,30</b>	0,001	<b>0,63</b>	0,001
	Copépodes x Testáceos	0,17	0,120	<b>0,59</b>	0,033
	Rotíferos x Testáceos	0,12	0,099	0,62	0,130
Vazante (setembro)	Cladóceros x Copépodes	<b>0,42</b>	0,003	<b>0,56</b>	0,005
	Cladóceros x Rotíferos	<b>0,42</b>	0,001	<b>0,63</b>	0,001
	Cladóceros x Testáceos	0,13	0,083	0,54	0,055
	Copépodes x Rotíferos	<b>0,22</b>	0,043	0,55	0,058
	Copépodes x Testáceos	<b>0,21</b>	0,019	<b>0,55</b>	0,015
	Rotíferos x Testáceos	<b>0,24</b>	0,003	<b>0,63</b>	0,001

Os resultados de ambos os testes apresentaram-se significantes e elevados quanto a resoluções numéricas e taxonômicas para ambos os períodos (Tabela 2). De acordo com avaliações de resolução numérica, os testes de Mantel tiveram uma média de 0,86 e os de Procrustes tiveram uma média de 0,91. Da mesma forma, ambos os testes têm maiores médias nas avaliações de resolução taxonômica (Tabela 2).

Tabela 2. Resultados das resoluções numérica (Dens = densidade, PA = presença / ausência de espécies) e taxonômica (SP = espécies, GN = gêneros, Fa = família) dos grupos do zooplâncton do Lago Grande do Curuai, com base em testes de Mantel e Procrustes.  $r$  = correlações de Mantel e Procrustes,  $P$  = significância estatística. Valores significativos de  $r$  ( $<0,05$ ) estão em negrito.

Análises	Períodos	Grupos	Dens x PA		Sp X Gn		Sp X Fa	
			$r$	$P$	$r$	$P$	$r$	$P$
Teste Mantel	Enchente (março)	Cladóceros	<b>0,85</b>	0,001	<b>0,81</b>	0,001	<b>0,83</b>	0,001
		Copépodes	<b>0,85</b>	0,001	<b>0,94</b>	0,001	<b>0,68</b>	0,001
		Rotíferos	<b>0,80</b>	0,001	<b>0,73</b>	0,001	<b>0,62</b>	0,001
		Testáceos	<b>0,87</b>	0,001	<b>0,64</b>	0,001	<b>0,53</b>	0,001
	Vazante (setembro)	Cladóceros	<b>0,86</b>	0,001	<b>0,73</b>	0,001	<b>0,68</b>	0,001
		Copépodes	<b>0,83</b>	0,001	<b>0,88</b>	0,001	<b>0,58</b>	0,001
		Rotíferos	<b>0,90</b>	0,001	<b>0,69</b>	0,001	<b>0,52</b>	0,001
		Testáceos	<b>0,92</b>	0,001	<b>0,87</b>	0,001	<b>0,83</b>	0,001
Teste Procrustes	Enchente (março)	Cladóceros	<b>0,90</b>	0,001	<b>0,82</b>	0,001	<b>0,80</b>	0,001
		Copépodes	<b>0,91</b>	0,001	<b>0,93</b>	0,001	<b>0,68</b>	0,001
		Rotíferos	<b>0,92</b>	0,001	<b>0,87</b>	0,001	<b>0,81</b>	0,001
		Testáceos	<b>0,91</b>	0,001	<b>0,72</b>	0,001	<b>0,68</b>	0,001
	Vazante (setembro)	Cladóceros	<b>0,89</b>	0,001	<b>0,80</b>	0,001	<b>0,72</b>	0,001
		Copépodes	<b>0,85</b>	0,001	<b>0,88</b>	0,001	<b>0,69</b>	0,001
		Rotíferos	<b>0,95</b>	0,001	<b>0,85</b>	0,001	<b>0,79</b>	0,001
		Testáceos	<b>0,95</b>	0,001	<b>0,91</b>	0,001	<b>0,89</b>	0,001

## DISCUSSÃO

Os resultados de ambos os testes de Mantel e Procrustes demonstraram que o uso de grupos substitutos na comunidade zooplânctônica não é recomendado nesta área de estudo. Embora alguns grupos tenha mostrado relações significativas, estes foram inferiores a 0,7 (Heino 2010), tornando desaconselhável esta abordagem. Neste sentido, nossos resultados são semelhantes aos encontrados em outros estudos (Lopes et al. 2011; Padial et al. 2012. Vieira et al. 2014) e indicou que todos os grupos do zooplâncton devem ser incluídos em programas de monitoramento ambiental, considerando que apenas um grupo não é suficiente para entender a dinâmica ecológica da comunidade na área de estudo.

Da mesma forma, a substituição de conjuntos de dados a nível da família, em substituição a espécie também apresentou valores significativos, mas, em média, os valores de  $r$  permaneceram abaixo 0,7, desaconselhando o uso de nível de família, em substituição ao nível de espécie (Heino 2010). A única exceção foi para os cladóceros, em que os valores de correlação aproximaram do limite aceitável em ambas as estações. Por outro lado, a utilização de informação de identificação do zooplâncton para o nível gênero em vez de espécie pode ser uma alternativa viável para todos os grupos, independentemente do período sazonal. Esta alternativa também foi sugerida em outros trabalhos (Sanchez-Moyano et al. 2006; Carneiro et al. 2010; Carneiro et al. 2013), como sendo uma alternativa que requer menos tempo de formação de taxonomistas. Finalmente, em contraste com outros estudos (Bessa et al. 2011; Lopes et al. 2011), os resultados da resolução numérica também mostraram valores elevados e significativos, sugerindo que a utilização da informação sobre a presença ou ausência de espécies, no lugar da abundância de indivíduos seria possível, também gerando um bom ganho de tempo, com a vantagem de compreender as análises de riqueza de espécies na região.

O uso de informações a nível da espécie é de grande relevância em muitos estudos, porém, em alguns casos, especialmente em programas de monitoramento, é desaconselhável para aliviar o processo de amostragem, a fim de manter os custos financeiros e de tempo compatíveis, mesmo que envolva perda de pouca informação ecológica (Machado et al. 2015). Nossos resultados mostram que apesar da influência do pulso de inundação sobre as características ambientais e biológicas em várzeas amazônicas (Junk et al. 1989; Thomaz et al. 2007; Junk et al. 2012), as concordâncias entre os grupos e resoluções numéricas e taxonômicas observadas em um período sazonal foram semelhantes às encontradas na outra estação. Assim, nossos resultados indicaram a possibilidade da utilização de informações em nível de gênero no lugar de espécie e da presença/ausência de espécies em substituição a abundância em estudos de comunidades do zooplâncton no Lago Grande do Curuai, independentemente do período sazonal.

## CONCLUSÃO

O presente estudo mostrou duas abordagens que podem ser utilizadas no Lago Grande do Curuai para fins de monitoramento biológico. Primeiro, mostrou que é possível



a utilização de gêneros no lugar de espécies para o levantamento da comunidade zooplanctônica. Esta substituição em levantamentos biológicos permite um ganho de tempo e o emprego de taxonomistas menos qualificados, sabendo que as identificações são menos complexas. Em segundo lugar, mostrou que é possível utilizar a informação de presença/ausência de espécies no lugar de abundância. Mais uma vez, este achado é interessante para facilitar o biomonitoramento com recursos limitados. Com esta solução, a informação fornecida é a nível da espécie, mas a abundância de espécies não é necessária. Esta solução reduz claramente o tempo necessário para processar as amostras porque a contagem de ocorrência de espécies individuais não é mais necessária. Escolher entre estas duas soluções depende do propósito do programa de biomonitoramento. Note que também que a substituição entre grupos do zooplâncton não foi recomendada para esta área de estudo e que todos os grupos precisam ser identificados.

#### **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) por prover assistência financeira a L.F. Gomes, à Fondation pour la Recherche sur la Biodiversité (FRB) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) que, em parceria com o Institut de Recherche pour le Développement (IRD), financiou o projeto de número de processo: 490634/2013-3.

#### **REFERÊNCIAS**

- Amorim, M. A.; Turcq, P.; Turcq, B. J.; Cordeiro, R. C. 2009. Origem e dinâmica da deposição dos sedimentos superficiais na várzea do Lago Grande de Curuai, Pará, Brasil. *Acta Amazonica*, 39: 165-172.
- Bessa, G. F.; Vieira, L. C. G.; Bini, L. M.; Reis, D. F. D.; Morais, P. B. D. 2011. Concordance patterns in zooplankton assemblages in the UHE-Luís Eduardo Magalhães reservoir in the Mid-Tocantins river, Tocantins State, Brazil. *Acta Scientiarum, Biological Sciences*, 33: 179-184.
- Bonnet, M. P.; Barroux, G.; Martinez, J. M.; Seyler, F.; Moreira-Turcq, P.; Cochonneau, G.; *et al.* 2008. Floodplain hydrology in an Amazon floodplain lake (Lago Grande de Curuai). *Journal of Hydrology*, 349: 18-30.
- Bottrell, H. H.; Duncan, A.; Gliwicz, Z. M.; Grygierek, E.; Herzig, A.; Hillbricht-Ilkowska, A. T.; *et al.* 1976. Review of some problems in zooplankton production studies. *Norwegian Journal of Zoology*, 24: 419-456.

- Buss, D. F.; Baptista, D. F.; Nessimian, J. L. 2003. Bases conceituais para a aplicação de biomonitoramento em programas de avaliação da qualidade da água de rios. *Cadernos de Saúde Pública*, 19: 465-473.
- Buss, D. F.; Oliveira, R. B.; Baptista, D. F. 2008. Monitoramento biológico de ecossistemas aquáticos continentais. *Oecologia Brasiliensis*, 12: 339-348.
- Carneiro, F. M.; Bini, L. M.; Rodrigues, L. C. 2010. Influence of taxonomic and numerical resolution on the analysis of temporal changes in phytoplankton communities. *Ecological Indicators*, 10: 249-255.
- Carneiro, F. M.; Nabout, J. C.; Vieira, L. C. G.; Lodi, S.; Bini, L. M. 2013. Higher taxa predict plankton beta-diversity patterns across an eutrophication gradient. *Natureza & Conservação*, 11: 43-47.
- Dellinger, J. A.; Moths, M. D.; Dellinger, M. J.; Ripley, M. P. 2014. Contaminant trends in freshwater fish from the Laurentian Great Lakes: A 20-Year Analysis. *Human and Ecological Risk Assessment*, 20: 461-478.
- Goulart, M.; Callisto, M. 2003. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. *Revista da FAPAM*, 2: 156-164.
- Heino, J. 2010. Are indicator groups and cross-taxon congruence useful for predicting biodiversity in aquatic ecosystems? *Ecological Indicators*, 10: 112-117.
- Junk, W. J.; Bayley, P. B.; Sparks, R. E. 1989. The flood pulse concept in river-floodplain systems. In: Dodge D.P.(Ed.) Proceedings of the International Large River Symposium. *Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences*, 106: 110-127.
- Junk, W. J.; Piedade, M. T. F.; Schongart, J.; Wittmann, F. 2012. A classification of major natural habitats of Amazonian white-water river floodplains (varzeas). *Wetlands Ecology and Management*, 20: 461-475.
- Legendre, P.; Legendre, L. 2012. *Numerical ecology*. 3. ed. Elsevier, Amsterdam. 990p.
- Lodi, S.; Vieira, L. C. G.; Velho, L. F. M.; Bonecker, C. C.; De Carvalho, P; Bini, L. M. 2011. Zooplankton community metrics as indicators of eutrophication in urban lakes. *Natureza & Conservação*, 9: 87-92.
- Lopes, P. M.; Caliman, A.; Carneiro, L. S.; Bini, L. M.; Esteves, F. A.; Farjalla, V.; *et al.* 2011. Concordance among assemblages of upland Amazonian lakes and the structuring role of spatial and environmental factors. *Ecological Indicators*, 11: 1171-1176.
- Machado, K. B.; Borges, P. P.; Carneiro, F. M.; De Santana, J. F.; Vieira, L. C. G.; Huszar, V. L. D.; *et al.* 2015. Using lower taxonomic resolution and ecological approaches as a surrogate for plankton species. *Hydrobiologia*, 743: 255-267.
- Monteiro, T. R.; Oliveira, L. G.; Godoy, B. S. 2008. Biomonitoramento da qualidade de água utilizando macroinvertebrados bentônicos: adaptação do índice biótico BMWP à bacia do rio Meia Ponte-GO. *Oecologia Brasiliensis*, 12: 553-563.

- Padial, A. A.; Declerck, S. A. J.; De Meester, L.; Bonecker, C. C.; Lansac-Toha, F. A.; Rodrigues, L. C.; *et al.* 2012. Evidence against the use of surrogates for biomonitoring of neotropical floodplains. *Freshwater Biology*, 57: 2411-2423.
- R Development Core Team. 2013. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. (<http://www.R-project.org>).
- Resh, V. H. 2008. Which group is best? Attributes of different biological assemblages used in freshwater biomonitoring programs. *Environmental Monitoring and Assessment*, 138: 131-138.
- Sanchez-Moyano, J. E.; Fa, D. A.; Estacio, F. J.; Garcia-Gomez, J. C. 2006. Monitoring of marine benthic communities and taxonomic resolution: an approach through diverse habitats and substrates along the Southern Iberian coastline. *Helgoland Marine Research*, 60: 243-255.
- Siqueira, T.; Roque, F.D.O. 2010. O desafio da normatização de informações de biodiversidade para gestão de águas: aproximando cientistas e gestores. *Natureza & Conservação*, 8: 190-193.
- Steedman, H. F. 1976. *Zooplankton fixation and preservation*, Paris, The Unesco Press. 350p.
- Szczyglowska, M.; Bodnar, M.; Namiesnik, J.; Konieczka, P. 2014. The use of vegetables in the biomonitoring of cadmium and lead pollution in the environment. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 44: 2-15.
- Thomaz, S. M.; Bini, L. M.; Bozelli, R. L. 2007. Floods increase similarity among aquatic habitats in river-floodplain systems. *Hydrobiologia*, 579: 1-13.
- Trigal, C.; Fernandez-Alaez, C.; Fernandez-Alaez, M. 2014. Congruence between functional and taxonomic patterns of benthic and planktonic assemblages in flatland ponds. *Aquatic Sciences*, 76: 61-72.
- Vieira, L. C. G.; Ribeiro, H. R.; Vital, M. V. C.; Silva, L. C. F. D.; Souza, A. C. B. D.; Pinheiro, R. C. D.; *et al.* 2014. Concordance among aquatic communities in a tropical irrigation system. *Natureza & Conservação*, 12: 36-41.

## ANEXO

Tabela A1: Lista de espécies zooplancônicas amostradas no Lago Grande do Curuai, Pará, Brasil. DP: desvio padrão.

<b>Família</b>	<b>Espécies</b>	<b>Sigla</b>	<b>Média</b>	<b>DP</b>
<b>Cladóceros</b>				
Bosminidae	<i>Bosmina hagemanni</i>	sp1	523,80	1006,00
	<i>Bosmina tubicen</i>	sp2	461,20	769,00
	<i>Bosminopsis deitersi</i>	sp3	2679,00	8291,00
	<i>Alona guttata</i>	sp4	7,41	38,97
	<i>Alona quadrangularis</i>	sp5	0,02	0,14
Chydoridae	<i>Alonella granulata</i>	sp6	4,55	33,71
	<i>Biapertura karua</i>	sp7	7,90	58,43
	<i>Chydorus pubescens</i>	sp8	36,36	269,70
	<i>Chydorus sphaericus</i>	sp9	47,73	272,70
	<i>Disparalona dadayi</i>	sp10	10,62	55,68
	<i>Pleuroxus similis</i>	sp11	1,16	8,43
	<i>Pleuroxus</i> sp.	sp12	1,14	8,43
	<i>Dadaya macrops</i>	sp13	9,09	67,42
	<i>Ceriodaphnia cornuta</i>	sp14	1072,00	1678,00
	<i>Ceriodaphnia pulchella</i>	sp15	4,55	33,71
Daphniidae	<i>Ceriodaphnia reticulata</i>	sp16	38,03	113,90
	<i>Ceriodaphnia silvestrii</i>	sp17	43,67	208,60
	<i>Chydorus eurynotus</i>	sp18	0,06	0,23
Holopedidae	<i>Daphnia gessneri</i>	sp19	2,29	16,85
	<i>Holopedium amazonicum</i>	sp20	646,50	1914,00
Macrothricidae	<i>Macrothrix laticornis</i>	sp21	12,44	66,91
	<i>Macrothrix mira</i>	sp22	4,55	33,71
Moinidae	<i>Moina micrura</i>	sp23	915,90	2039,00
	<i>Moina minuta</i>	sp24	1223,00	3284,00
	<i>Moina reticulata</i>	sp25	7,27	53,94
Sididae	<i>Diaphanosoma birgei</i>	sp26	911,50	1791,00
	<i>Diaphanosoma polypina</i>	sp27	4,55	33,71
	<i>Diaphanosoma spinulosum</i>	sp28	486,20	975,80
<b>Copépodes</b>				
Cyclopidae	Copepodito	sp29	7533,00	9427,00
	<i>Mesocyclops meridianus</i>	sp30	17,61	114,70
	<i>Metacyclops mendocinus</i>	sp31	4,55	33,71
	<i>Microcyclops alius</i>	sp32	126,60	430,80
	<i>Microcyclops anceps</i>	sp33	59,82	331,50

<b>Família</b>	<b>Espécies</b>	<b>Sigla</b>	<b>Média</b>	<b>DP</b>
	<i>Microcyclops ceibaensis</i>	sp34	52,56	265,60
	<i>Microcyclops finitimus</i>	sp35	115,10	336,20
	<i>Microcyclops</i> sp.	sp36	7,90	58,43
	Nauplius	sp37	35981,00	38429,00
	<i>Thermocyclops decipiens</i>	sp38	1434,00	2601,00
	<i>Thermocyclops inversus</i>	sp39	128,50	447,60
	<i>Thermocyclops</i> sp.	sp40	0,91	6,74
	<i>Thermocyclops minutus</i>	sp41	41,03	198,60
	<i>Argyrodiaptomus azevedoi</i>	sp42	28,21	116,40
	<i>Argyrodiaptomus robertsonae</i>	sp43	258,50	1804,00
	Copepodito	sp44	3563,00	7277,00
	<i>Dactylodiaptomus pearsei</i>	sp45	2,73	20,23
Diaptomidae	<i>Diaptomus deitersi</i>	sp46	1,98	14,71
	Nauplius	sp47	6873,00	17786,00
	<i>Notodiaptomus amazonicus</i>	sp48	76,32	179,30
	<i>Notodiaptomus kieferi</i>	sp49	9,98	67,62
	<i>Notodiaptomus paraensis</i>	sp50	8,84	40,08
<b>Rotíferos</b>				
Asplanchnidae	<i>Asplanchna sieboldi</i>	sp51	365,70	1637,00
	<i>Harringia eupoda</i>	sp52	331,80	2088,00
Atrochidae	<i>Cupelopagis vorax</i>	sp53	4,55	33,71
Bdelloidea	Bdelloidea	sp54	208,60	1176,00
	<i>Brachionus bidentata</i>	sp55	7,88	58,43
	<i>Brachionus calyciflorus</i>	sp56	2872,00	7886,00
	<i>Brachionus caudatus</i>	sp57	2264,00	7189,00
	<i>Brachionus dolabratus</i>	sp58	1579,00	4887,00
	<i>Brachionus falcatus</i>	sp59	433,40	892,90
	<i>Brachionus havanaensis</i>	sp60	122,70	775,60
	<i>Brachionus mirus</i>	sp61	365,30	882,90
Brachionidae	<i>Brachionus quadridentatus</i>	sp62	2,73	17,13
	<i>Brachionus zahniseri</i>	sp63	5784,00	16809,00
	<i>Keratella americana</i>	sp64	5812,00	16417,00
	<i>Keratella cochlearis</i>	sp65	1,99	11,67
	<i>Keratella cruciformis</i>	sp66	9,09	67,42
	<i>Keratella lenzi</i>	sp67	23,98	74,35
	<i>Keratella tropica</i>	sp68	35,68	90,02
	<i>Platyonus patulus</i>	sp69	333,40	1451,00
	<i>Platyias quadricornis</i>	sp70	22,75	138,40
Collotheceidae	<i>Collotheca edentata</i>	sp71	8,71	56,66
	<i>Collotheca mutabilis</i>	sp72	9,09	67,42

<b>Família</b>	<b>Espécies</b>	<b>Sigla</b>	<b>Média</b>	<b>DP</b>
	<i>Collotheca pelagica</i>	sp73	36,36	269,70
	<i>Collotheca stephanochaeta</i>	sp74	11,36	60,25
	<i>Collotheca tubiformis</i>	sp75	9,09	67,42
	<i>Collotheca undulata</i>	sp76	29,09	215,70
Conochilidae	<i>Conochilus unicornis</i>	sp77	1477,00	5189,00
Dicranophoridae	<i>Dicranophorus</i> sp.	sp78	4,55	33,71
	<i>Epiphanes clavatula</i>	sp79	431,50	1820,00
	<i>Epiphanes macrourus</i>	sp80	126,10	590,50
Epiphanidae	<i>Epiphanes pelagica</i>	sp81	0,76	5,62
	<i>Liliferotrocha subtilis</i>	sp82	21,36	113,30
	<i>Microcodides robusta</i>	sp83	0,46	3,37
	<i>Proalides tentaculatus</i>	sp84	37,88	236,60
	<i>Filinia camasecla</i>	sp85	120,60	305,60
	<i>Filinia cornuta</i>	sp86	7,27	53,94
Filiniidae	<i>Filinia longiseta</i>	sp87	2249,00	4407,00
	<i>Filinia opoliensis</i>	sp88	57,27	209,60
	<i>Filinia terminalis</i>	sp89	434,90	1661,00
	<i>Filinia unicornis</i>	sp90	4,55	33,71
	<i>Ptygura cephaloceros</i>	sp91	4,55	33,71
Floscularidae	<i>Ptygura spongicola</i>	sp92	4,55	33,71
	<i>Lacinularia elliptica</i>	sp93	0,76	5,62
	<i>Ascomorpha agilis</i>	sp94	7,27	53,94
Gastropidae	<i>Ascomorpha eucadis</i>	sp95	100,60	395,60
	<i>Ascomorpha saltans</i>	sp96	12,12	89,89
Gastropodidae	<i>Gastropus hyptopus</i>	sp97	150,00	1079,00
	<i>Hexarthra intermedia</i>	sp98	99,09	594,00
Hexarthridae	<i>Hexarthra</i> cf. <i>fennica</i>	sp99	7,27	53,94
	<i>Hexarthra</i> cf. <i>mira</i>	sp100	43,64	217,50
	<i>Hexarthra</i> sp.	sp101	72,73	539,40
	<i>Lecane bulla</i>	sp102	0,02	0,14
	<i>Lecane clara</i>	sp103	5,30	39,33
	<i>Lecane elsa</i>	sp104	3,05	22,47
	<i>Lecane levystila</i>	sp105	27,27	202,30
	<i>Lecane luna</i>	sp106	38,67	140,90
Lecanidae	<i>Lecane lunaris</i>	sp107	23,81	80,83
	<i>Lecane proiecta</i>	sp108	1900,00	4724,00
	<i>Lecane scutata</i>	sp109	12,12	89,89
	<i>Lecane signifera</i>	sp110	0,06	0,23
	<i>Lecane submagna</i>	sp111	56,06	404,50
	<i>Lecane ungulata</i>	sp112	4,55	33,71

<b>Família</b>	<b>Espécies</b>	<b>Sigla</b>	<b>Média</b>	<b>DP</b>
	<i>Colurella hindenburgi</i>	sp113	6,06	44,95
	<i>Colurella obtusa</i>	sp114	828,50	3332,00
	<i>Colurella</i> sp.	sp115	6,06	44,95
Lepadellidae	<i>Heterolepadella</i> cf. <i>hetedactyla</i>	sp116	18,18	134,80
	<i>Lepadella patella</i>	sp117	1688,00	4309,00
	<i>Squatinella</i> cf. <i>mutica</i>	sp118	36,36	212,00
	<i>Xenolepadella borealis</i>	sp119	0,91	6,74
	<i>Xenolepadella monodactyla</i>	sp120	50,00	338,20
Mytilinidae	<i>Mytilina</i> cf. <i>acanthophora</i>	sp121	18,18	134,80
	<i>Cephalodella</i> cf. <i>remanei</i>	sp122	9,09	67,42
Notommatidae	<i>Cephalodella</i> sp.	sp123	12,12	89,89
	<i>Cephalodella tenuiseta</i>	sp124	1,52	11,24
	<i>Drilophaga delagei</i>	sp125	96,59	452,40
Synchaetidae	<i>Polyarthra remata</i>	sp126	4,55	33,71
	<i>Polyarthra vulgaris</i>	sp127	612,80	2312,00
Testudinellidae	<i>Testudinella patina</i>	sp128	163,10	474,60
	<i>Trichocerca bicristata</i>	sp129	6,08	35,33
Trichocercidae	<i>Trichocerca cylindrica</i>	sp130	76,06	196,90
	<i>Trichocerca iernis</i>	sp131	1331,00	1992,00
	<i>Trichocerca bidens</i>	sp132	4,55	33,71
Trichotridae	<i>Trichotria cornuta</i>	sp133	83,64	606,70
<b>Protozoários testáceos</b>				
	<i>Arcella costata</i>	sp134	13,64	101,10
	<i>Arcella gibbosa</i>	sp135	25,45	96,16
Arcellidae	<i>Arcella hemisphaerica</i>	sp136	15,91	102,20
	<i>Arcella megastoma</i>	sp137	5,49	34,25
	<i>Arcella vulgaris</i>	sp138	43,43	125,70
	<i>Centropyxis aculeata</i>	sp139	9,09	47,23
Centropyxidae	<i>Centropyxis discoides</i>	sp140	6,06	35,34
	<i>Centropyxis gibba</i>	sp141	85,88	340,60
Diffugiidae	<i>Curcurbitella mespiliformis</i>	sp142	266,10	719,00
	<i>Curcurbitella</i> sp.	sp143	4,55	33,71
	<i>Diffugia capreolata</i>	sp144	2,27	16,85
	<i>Diffugia difficilis</i>	sp145	437,70	1176,00
	<i>Diffugia elegans</i>	sp146	5,30	34,07
	<i>Diffugia lobostoma</i>	sp147	632,60	2045,00
	<i>Diffugia</i> sp.	sp148	32,58	152,50
	<i>Diffugia tuberculata</i>	sp149	240,90	947,10
	<i>Diffugia urceolata</i>	sp150	27,27	149,60
	<i>Diffugiela</i> sp.	sp151	1,14	8,43

<b>Família</b>	<b>Espécies</b>	<b>Sigla</b>	<b>Média</b>	<b>DP</b>
	<i>Euglypha denticulata</i>	sp152	4,55	33,71
	<i>Sphenoderia lenta</i>	sp153	24,24	179,80
Euglyphidae	<i>Trinema enchelys</i>	sp154	1,52	11,24
	<i>Trinema lineare</i>	sp155	2931,00	10092,00
	<i>Trinema</i> sp.	sp156	9,09	67,42
	<i>Hyalosphenia elegans</i>	sp157	4,55	33,71
Hyalospheniidae	<i>Nebela collaris</i>	sp158	10,61	68,14
	<i>Nebela tubulata</i>	sp159	56,97	212,30
	<i>Lesquereusia globulosa</i>	sp160	829,10	2086,00
	<i>Lesquereusia</i> sp.	sp161	4,55	33,71
	<i>Lesquereusia spiralis</i>	sp162	506,70	896,10
Lesquereusiidae	<i>Netzelia labeosa</i>	sp163	18,18	134,80
	<i>Netzelia oviformis</i>	sp164	41,85	175,80
	<i>Netzelia rubosa</i>	sp165	0,04	0,27
	<i>Netzelia</i> sp.	sp166	36,36	269,70