



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

DIOGO CASTANHO AMARAL

**Variabilidade ambiental e a distribuição de abundância de copépodes
(Crustacea: Copepoda) de planícies de inundação neotropicais**

Maringá
2014

DIOGO CASTANHO AMARAL

**Variabilidade ambiental e a distribuição de abundância de copépodes
(Crustacea: Copepoda) de planícies de inundação neotropicais**

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

Área de concentração: Ciências Ambientais

Orientador: Prof. Dr. Fábio Amodêo Lansac-Tôha

Maringá
2014

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

A485v

Amaral, Diogo Castanho, 1987-

Variabilidade ambiental e a distribuição de abundância de copépodes (Crustacea: Copepoda) de planícies de inundação neotropicais / Diogo Castanho Amaral. -- Maringá, 2014.

37 f. : il. (algumas color.).

Dissertação (mestrado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais)-- Universidade Estadual de Maringá, Dep. de Biologia, 2014.

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

1. Copépodes (Crustacea: Copepoda) - Comunidades, Ecologia de -- Planícies de inundação - Brasil. I. Universidade Estadual de Maringá. Departamento de Biologia. Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais.

CDD 23. ed. -595.3417820981
NBR/CIP - 12899 AACR/2

DIOGO CASTANHO AMARAL

**Variabilidade ambiental e a distribuição de abundância de copépodes
(Crustacea: Copepoda) de planícies de inundação neotropicais**

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

COMISSÃO JULGADORA

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

Prof. Dr. Ludgero Cardoso Galli Vieira
Universidade de Brasília (UnB)

Dr.^a Luzia Cleide Rodrigues
Nupélia/Universidade Estadual de Maringá

Aprovada em: 28 de fevereiro de 2014

Local de defesa: Anfiteatro Prof. “Keshiyu Nakatani”, Nupélia, Bloco G-90, *campus* da Universidade Estadual de Maringá

AGRADECIMENTOS

A principal força para chegar a esta redação final veio de Deus!!

Agradeço principalmente ao meu orientador professor Dr. Fábio, o qual se mostrou disposto desde os primeiros e-mails e me aceitou como aluno. Obrigado pela confiança e amizade construída durante este período, admiro professor toda a sua paciência e respeito que você tem com seus alunos. Sou muito grato!! Obrigado por tudo!!

Obrigado à Dr^a. Cláudia Costa Bonecker (começo de laboratório) ou Claudinha (alguns meses depois) por toda dedicação, amizade e incentivo que você me deu durante minha permanência no laboratório. Muito do que consegui fazer e ânimo para prosseguir veio das nossas conversas. Muito obrigado por tudo!!

Ao Dr. Luiz Felipe Machado Velho e Prof.^a Dr^a. Gesiele, obrigado por todo apoio, ajuda, realização das coletas, ensinamentos, amizade, companheirismo, paciência, desenvolvimento do projeto Sisbiota, por tudo!! Muito Obrigado!!

Professor Dr. Nádson e a Dr^a. Juliana, obrigado pela colaboração na elaboração do projeto.

Ao Laboratório de Zooplâncton do Nupélia, por toda a ajuda, companheirismo, amizade e acolhimento, é um local de trabalho ao qual tenho muito orgulho de fazer parte desta grande equipe!!

Meus caros colegas de turma, obrigado pela amizade e ajuda, desde o começo, nas disciplinas até o desenvolvimento deste trabalho! Grupo Hoplias na veia!

Os amigos da República Galo Cinza, obrigado pela família construída, por me aguentarem e fazerem parte dos momentos bons e ruins durante esses anos de convivência!!

Minha família, obrigado pelo apoio, por lutarem comigo na realização dos meus objetivos, muito do que tenho conquistado é mérito de vocês também!! Vocês me deram forças para continuar!!

A todos os amigos que deram muita força para eu enfrentar e concretizar esta etapa, muito obrigado!

Obrigado pelo apoio e esforço de todos os pesquisadores, técnicos e funcionários do Nupélia para o desenvolvimento do Projeto do Sistema Nacional de Pesquisa em Biodiversidade – Sisbiota Brasil/CNPq, o qual as coletas deste trabalho estão inseridas.

Ao Laboratório de Limnologia do Nupélia, obrigado pelas análises laboratoriais dos dados abióticos.

Ao Dr. Gilmar Neves, obrigado pelo apoio na identificação das espécies de copépodes.

Agradeço ao Nupélia e ao PEA pelo fornecimento da infra-estrutura e desenvolvimento da pesquisa.

Ao CNPq/CAPES pela bolsa de mestrado concedida e pelo financiamento do projeto de pesquisa.

MUITO OBRIGADO!

*“A verdadeira viagem
da descoberta consiste
não em buscar novas paisagens
mas em ter novos olhos.”*

(Marcel Proust)

Variabilidade ambiental e a distribuição de abundância de copépodes (Crustacea: Copepoda) de planícies de inundação neotropicais

RESUMO

As variáveis ambientais têm papel relevante no funcionamento e dinâmica de ambientes aquáticos continentais, uma vez que, mudanças nas condições físicas e químicas desses ambientes contribuem para alterações no padrão de funcionamento ecológico. Esta investigação foi realizada em quatro planícies de inundação neotropicais: Amazônica, Araguaia, Pantanal e Paraná. As coletas de organismos zooplancctônicos foram realizadas na subsuperfície da região limnética das lagoas de cada planície de inundação, nos anos de 2011 e 2012 (seca e cheia). Ao mesmo tempo foram medidas as variáveis ambientais e obtidas amostras de água para posterior análise em laboratório. O nosso objetivo foi investigar o efeito das variáveis ambientais na abundância dos copépodes, e foi testada a seguinte hipótese: HI) a abundância de copépodes possui um ótimo estabelecido com as variáveis ambientais, e em extremos de amplitude de variação ambiental, menor será a abundância desses organismos, efeito uninodal. Os fatores locais (condições físicas e químicas do ambiente) determinaram a abundância de copépodes, bem como a variação ambiental apresentou uma estreita relação na distribuição espacial e temporal das espécies, sendo possível observar maiores valores de abundância em níveis específicos das variáveis ambientais (direção ao ótimo). Estudos que focam nos limites de tolerância das espécies e suas relações com as condições ambientais tem ressurgido nos últimos anos, pois as alterações antropogênicas no clima e nos ambientes naturais tem causado expressivas mudanças na estrutura da comunidade, facilitação à invasão por espécies não nativas e perda da diversidade de espécies e a consequente alteração no funcionamento ecossistêmico. Contudo, a hipótese (HI) foi parcialmente corroborada, pois a abundância segue um padrão de ascensão em direção ao ótimo, porém não foi possível estabelecer claramente para muitas espécies um efeito unimodal na distribuição da abundância.

Palavras-chave: Limnologia. Abundância. Nicho. Distribuição espacial. Distribuição temporal.

Environmental variability and the distribution of abundance of copepod (Crustacea: Copepoda) in neotropical floodplain

ABSTRACT

The environmental variables are important in the functioning and dynamics of freshwater ecosystems, since changes in physical and chemical conditions of these environments contribute to alterations in the ecological functioning. This research was conducted in four neotropical flood plains: Amazônica, Araguaia, Pantanal e Paraná. The samples of zooplankton were performed in the subsurface region of limnetic lakes each floodplain, in the years 2011 and 2012 (dry and wet). At the same time the environmental variables were measured and obtained water samples for later laboratory analysis. Our goal was to investigate the effect of environmental variables in the abundance of copepods, and the following hypothesis was tested: HI) the abundance of copepods has a great set with environmental variables, and extremes range of environmental variation, the lower the abundance of these organisms, unimodal effect. Local factors (physical and chemical environmental conditions) determined the abundance of copepods, as well as the environmental gradient showed a close relationship in the spatial and temporal distribution of the species, being possible to observe higher abundance at specific levels of environmental variables (toward the great). Studies that focus on tolerance limits of the species and their relationships with environmental conditions has risen in recent years, as the anthropogenic changes in climate and natural environments has caused significant changes in community structure, facilitating the invasion by non-native species and loss species diversity and the consequent change in ecosystem functioning. However, the hypothesis (HI) was partially supported, as the abundance follows a pattern of rise towards the great, but it was not possible to clearly unimodal effect on abundance for many species.

Keywords: Limnology. Abundance. Niche. Spatial distribution. Temporal distribution.

Dissertação elaborada e formatada conforme as normas da publicação científica *Aquatic Sciences*. Disponível em: <<http://www.springer.com/life+sciences/ecology/journal/27>>

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1 INTRODUÇÃO | 10 |
| 2 MATERIAIS E MÉTODOS | 12 |
| 2.1 ÁREA DE ESTUDO | 12 |
| 2.2 DELINEAMENTO AMOSTRAL..... | 14 |
| 2.2.1 <i>Comunidade zooplanctônica</i> | 14 |
| 2.2.2 <i>Variáveis ambientais</i> | 14 |
| 2.2.3 <i>Análise de dados</i> | 15 |
| 3 RESULTADOS | 16 |
| 3.1 VARIÁVEIS AMBIENTAIS..... | 16 |
| 3.2 ESTRUTURA DA COMUNIDADE..... | 18 |
| 3.3 O EFEITO DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS NA ABUNDÂNCIA DOS COPÉPODES..... | 19 |
| 4 DISCUSSÃO | 23 |
| 5 CONCLUSÃO | 26 |
| REFERÊNCIAS | 26 |
| APÊNDICE A - Efeito das variáveis ambientais na abundância das espécies copépodes planctônicos | 31 |
| APÊNDICE B - Lista de espécies e a ocorrência espacial e temporal de copépodes planctônicos identificados nas diferentes planícies de inundações..... | 37 |

1 INTRODUÇÃO

As variáveis ambientais têm papel relevante no funcionamento e dinâmica de ambientes aquáticos continentais, uma vez que, mudanças nas condições físicas e químicas desses ambientes contribuem para alterações no padrão de funcionamento ecológico (Rietzler et al. 2002; Matsumura-Tundisi e Tundisi 2008). Os fatores abióticos influenciam na fisiologia dos organismos e no seu comportamento, e isto por sua vez, influencia no resultado das interações bióticas e na organização da comunidade (Dunson e Travis 1991). Portanto, a interação entre os fatores físicos, químicos e biológicos é uma ferramenta para identificar a variabilidade biótica em ambientes de água doce (Neiff 1996).

As variáveis ambientais, em sistemas de inundação, oscilam de acordo com o pulso de inundação. Em períodos de águas baixas, ocorre o aumento do isolamento dos ambientes, levando a características físicas e químicas específicas em cada ambiente; enquanto que em períodos de inundação estas variáveis tendem a ser mais similares (Thomaz et al. 2007). Ainda nesses sistemas, as lagoas apresentam grande padrão de mudanças sazonais nas características físicas e químicas da água, atribuídas, além do regime anual de inundação, à morfometria e exposição ao vento. Assim, o ambiente físico e/ou químico resulta em um dos fatores responsáveis pelas alterações causadas na estrutura da comunidade (Junk 1984; Junk et al. 1989; Thomaz et al. 2007).

Algumas pesquisas buscam compreender a influência das variáveis ambientais sobre a estruturação da comunidade zooplancônica, assim como a distribuição geográfica e temporal das espécies e os efeitos destas variáveis na diversidade de espécies (Rutherford et al. 1999; Kozlowsky-Suzuki e Bozelli 2001; Azevedo e Bonecker 2003; Hessen et al. 2006; Landa et al. 2007; Aranguren-Riaño et al. 2011; Simões et al. 2013a).

Estudos realizados na planície de inundação do alto rio Paraná (Lansac-Tôha et al. 2004, 2009) mostraram que a estrutura dessa comunidade apresenta alterações em decorrência de mudanças nas variáveis limnológicas, do tempo de inundação e das características peculiares do rio que ocasiona esta inundação. Essa comunidade tem uma grande importância na ciclagem de nutrientes, fazendo a ligação entre os produtores e o restante da cadeia, disponibilizando energia para outros níveis tróficos. Além disso, responde rapidamente a diferentes impactos, apresentando, dessa forma, alterações na abundância de organismos ou na composição e diversidade da comunidade (Esteves 2011).

Pesquisas realizadas com copépodes mostraram a relação desses microcrustáceos com o grau de trofia dos ambientes, indicando a preferência de grupos de espécies de copépodes por um conjunto de características limnológicas (Sendacz 2001), podendo ocorrer a substituição de uma espécie por outra, caso haja alterações temporais nas condições ambientais (Rietzler et al. 2002). As espécies de copépodes apresentam grande sensibilidade a mudanças nos fatores ambientais, o que pode explicar o endemismo e a distribuição de abundância desses organismos (Matsumura-Tundisi e Tundisi 2003).

Considerando que o efeito das variáveis ambientais sobre as espécies de copépodes permite avaliar a estrutura da comunidade como também designar a sua distribuição espacial em certas regiões geográficas, este estudo tem como objetivo determinar o efeito dessas variáveis na abundância das espécies de copépodes do plâncton de distintas planícies de inundação neotropicais. Nesta investigação foi testada a seguinte hipótese: HI) a abundância de copépodes possui um ótimo estabelecido com as variáveis ambientais, e em extremos de amplitude de variação ambiental, menor será a abundância desses organismos, efeito unimodal.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

Este estudo foi realizado em quatro grandes sistemas de planície de inundação da América do Sul, em território brasileiro: do rio Amazonas, do rio Araguaia, do Pantanal Mato-Grossense e do alto rio Paraná (Figura 1).

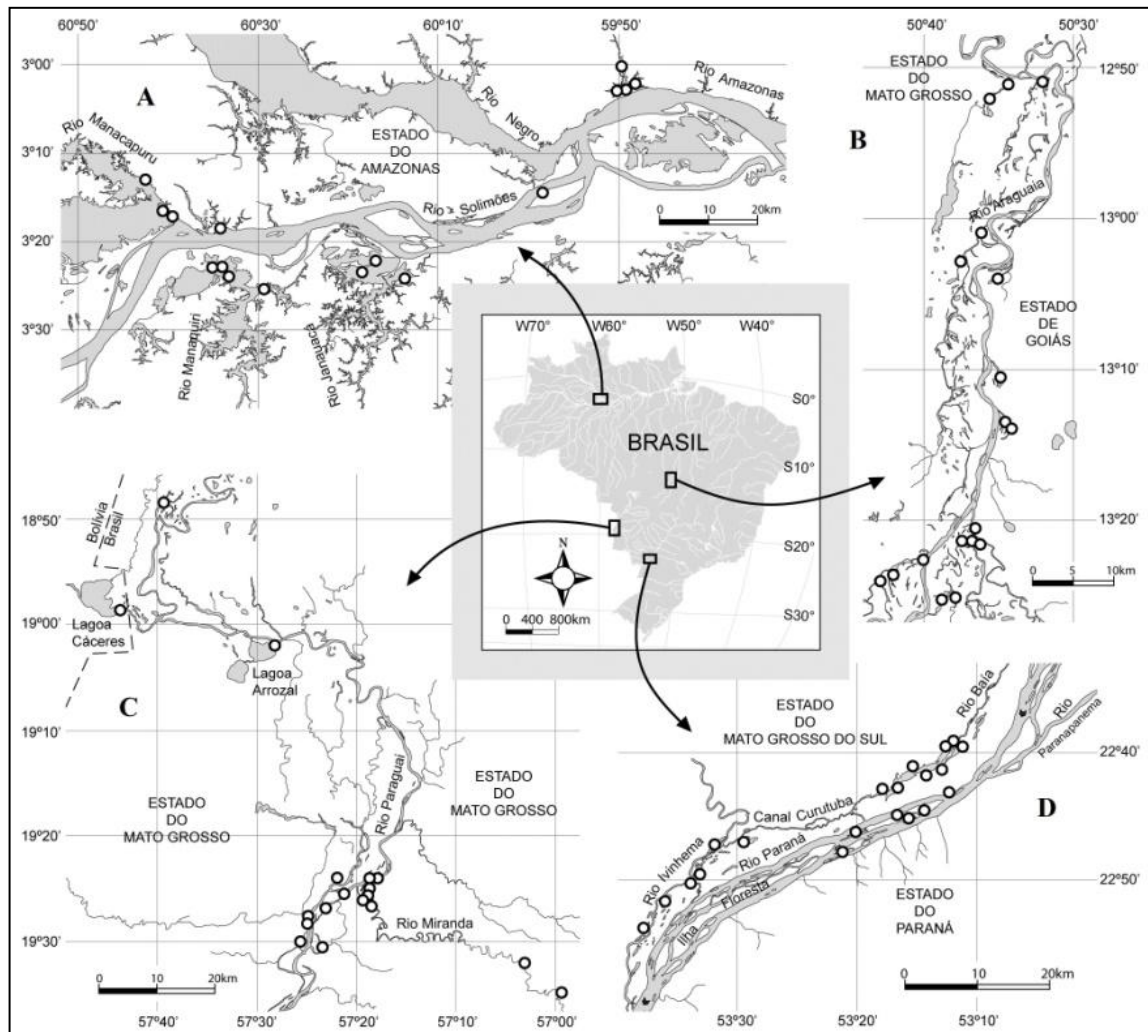


Figura 1. Mapa da área de estudo com a localização dos pontos amostrados em cada planície de inundação: A) Amazônica; B) Araguaia; C) Pantanal e D) Alto rio Paraná, no Brasil.

Na Amazônia as áreas inundáveis dos grandes rios de água branca, como o Amazonas/Solimões e seus tributários Purus, Juruá e Madeira, atingem cerca de 400.000 km² e são denominadas regionalmente como várzeas. Por outro lado, os rios de água preta, como o rio Negro e seus tributários, atingem cerca de 118.000 km², são de baixa fertilidade e são

denominados igapós (Junk 1993; Melack e Hess 2010; Junk et al. 2011). Estas áreas são muito produtivas e ao serem inundadas aumentam a diversidade de habitats que são colonizados por uma rica biodiversidade. A flutuação média anual do nível da água varia em torno de 10 metros. Normalmente, o período de cheia do rio começa em novembro e atinge a cota máxima em julho e a vazante inicia-se em agosto quando a água flui do lago para o rio, sendo outubro o mês mais seco (Yamamoto et al. 2004).

A bacia do rio Araguaia pode ser dividida em três sub-regiões: baixo, médio e alto Araguaia, com uma área total de aproximadamente 377.000 km², uma vazão média de 6.420 m³/s e precipitação variando entre 1.300 mm/ano na alta bacia (Alto Araguaia) e mais de 2.000 mm/ano próximo à confluência com o rio Tocantins. A região de amostragem está localizada na sub-região do médio Araguaia entre os municípios de Britânia e São Miguel do Araguaia/GO. O rio Araguaia faz parte da bacia hidrográfica do Araguaia-Tocantins que é considerada como um dos sistemas fluviais de grande importância da América do Sul, uma vez que sua área de drenagem inclui duas das mais espetaculares regiões fitogeográficas que concentram importante biodiversidade: a floresta Amazônica ao norte e o cerrado ao sul. Nesta planície, o período de cheia ocorre entre novembro e abril, enquanto o período de seca se estende de maio até outubro (Latrubesse e Stevaux 2002, 2006).

O Pantanal é uma das maiores áreas úmidas contínuas do planeta, ocupando na região brasileira, nos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, uma área de 138.183 km² e divide-se em onze sub-regiões muito distintas (Silva e Abdon 1998). As características desta planície contribuem para que a inundação ocorra de forma diferenciada nestas onze sub-regiões devido à altura do nível da água e o tempo (meses) em que a planície permanece alagada, sendo que a precipitação média anual varia em torno de 1.000 a 1.500 mm (Leandro e Souza 2012). A área de estudo compreende as sub-regiões dos rios Paraguai e Miranda, sendo o período de cheia, na região do alto rio Paraguai, entre os meses de janeiro a abril e o período de seca de junho a setembro, com uma vazão máxima de 2.000 m³/s (Assine e Silva 2009).

A planície de inundação do alto rio Paraná apresenta grande acúmulo de sedimento em seu leito, originando barras arenosas e ilhas de diversos tamanhos (desde algumas centenas de metros a quilômetros de comprimento). A planície abrange uma área de cerca de 802.150 km² em território brasileiro, e nela se anastomosam numerosos canais secundários, lagoas e tributários (incluindo os rios Ivinheima e Baía). A precipitação média anual é de 1.500 mm. Em período de cheia, de novembro a março, o canal principal do rio Paraná apresenta uma

vazão em torno de 9.900 m³/s, já o período de seca, geralmente, é registrado de maio a outubro (Souza-Filho e Stevaux 2004; Roberto et al. 2009; Souza-Filho 2009).

2.2 DELINEAMENTO AMOSTRAL

2.2.1 *Comunidade zooplanctônica*

As coletas foram realizadas em 72 lagoas com conexão ao rio principal ou tributário, nas quatro planícies de inundação: Amazonas (16 lagoas), Araguaia (18 lagoas), Pantanal (18 lagoas) e Paraná (20 lagoas). Com o intuito de prover maior variabilidade desta comunidade foram obtidas amostras em dois períodos hidrológicos distintos, entre os anos de 2011 e 2012, totalizando 144 amostras. O zooplâncton foi amostrado à sub-superfície da região limnética de cada lagoa. Um volume de 500 litros de água foi filtrado, para cada amostra, em rede de plâncton de 68 µm de abertura de malha, com o auxílio de moto-bomba. As amostras foram acondicionadas em potes de polietileno e fixadas com solução de formaldeído 4%, tamponada com carbonato de cálcio.

Em laboratório, a identificação das espécies de copépodes foi realizada com auxílio de bibliografia especializada (Brandorff 1978; Sendacz e Kubo 1982; Dussart 1984; Reid 1985; Santos-Silva 2000; Lansac-Tôha et al. 2002; Silva 2003; Perbiche-Neves 2011). A abundância da comunidade zooplanctônica foi avaliada a partir da contagem dos organismos, em câmaras de Sedgewick-Rafter, a partir de três subamostragens subsequentes obtidas com pipeta do tipo Hensen-Stempel (2,5mL). No total destas três subamostras foram contados no mínimo 50 indivíduos adultos. Caso esse número mínimo não fosse atingido, mais subamostragens foram realizadas. Por outro lado, as amostras com reduzido número de organismos foram contadas integralmente. A densidade final foi expressa em ind m⁻³.

2.2.2. *Variáveis ambientais*

As variáveis ambientais foram medidas e amostras de água foram obtidas, para posterior análise em laboratório, concomitante aquelas para os organismos zooplanctônicos. A temperatura da água (°C) e o oxigênio dissolvido (mg L⁻¹) foram obtidos com o auxílio de um oxímetro digital portátil YSI, com termômetro acoplado. O pH e a condutividade elétrica (µS cm⁻¹) foram medidos a partir de potenciômetros digital portátil (Digimed). A turbidez (NTU) foi obtida através de turbidímetro portátil. As concentrações de nitrogênio total (µg L⁻¹) e fosfato (µg L⁻¹) foram determinadas segundo Mackereth et al. (1978), e as de nitrato (µg L⁻¹),

amônia ($\mu\text{g L}^{-1}$) e fósforo total ($\mu\text{g L}^{-1}$), de acordo com Giné et al. (1980), Koroleff (1976) e Golterman et al. (1978), respectivamente. Para determinar a concentração de clorofila-*a* ($\mu\text{g L}^{-1}$) foram filtradas alíquotas de água em filtros de fibra de vidro (Whatman GF/F), e os pigmentos foram extraídos com acetona 90%, a leitura foi realizada em espectrofotômetro (663 nm) sendo feita a correção para outros compostos dissolvidos e turbidez (Golterman et al. 1978).

2.2.3. Análise dos dados

As variáveis ambientais foram sumarizadas com uma análise de componentes principais (*Principal Components Analysis* – PCA), revelando as variações nas características ambientais (gradientes ambientais) entre os ambientes das planícies coletadas e nos hidroperíodos (seca e cheia). Os dois primeiros eixos foram significativos e retidos para análise, seguindo o critério de Broken-Stick (Jackson 1993). Para todas as análises as variáveis ambientais foram transformadas em $\log_{10} x+1$, exceto o pH.

Para identificar as variáveis ambientais mais importantes relacionadas às diferenças da abundância das espécies de copépodes foi realizada uma análise de correspondência canônica (*Canonical Correspondence Analysis* – CCA; Legendre e Legendre 2012). Os resultados foram baseados na porcentagem de explicação da inércia, seguindo a seleção de modelo forward segundo o critério de Akaike (AIC) e a significância da associação entre as matrizes e dos eixos retidos ($P < 0,05$) foram testadas através do teste de permutação por 999 permutações (Legendre et al. 2011). Para ajustar a amplitude da abundância das espécies esta foi transformada em raiz quadrada. Para excluir o efeito do hidrovolume na abundância das espécies esta análise foi realizada separadamente por hidroperíodo (seca e cheia). Os efeitos de multicolinearidade entre as variáveis ambientais foram exploradas computando os valores de inflação de variância (*Variance Inflation Factors* – VIF). As variáveis ambientais com valor de VIF maior que 5 foram removidas da análise.

A PCA e a CCA foram realizadas com o software R versão 2.15.2 (R Core Team 2011) usando o pacote VEGAN (Oksanen et al. 2012) para análises multivariadas.

Posteriormente, para testar o efeito unimodal na abundância dos copépodes foi aplicada uma análise de regressão quadrática /polinomial (HI) pelas variáveis ambientais que apresentaram efeito significativo (CCA), ou seja, para verificar o efeito de maior abundância em valores intermediários das variáveis ambientais e extremos com menor valor de abundância, buscando um modelo que melhor explique estas relações. Foram listadas (Tabela

2) somente as relações de efeito significativo ($P < 0,05$) na abundância de organismos. Esta análise foi realizada com o software Statistica 7.0 (Statsoft Inc., 2005). Todos os resultados desta análise foram representados graficamente e listados no APÊNDICE A.

3 RESULTADOS

3.1 VARIÁVEIS AMBIENTAIS

Os resultados das variáveis ambientais mostram que houve uma marcante diferença temporal entre os valores mensurados destas variáveis para cada planície entre os períodos hidrológicos estudados (seca e cheia), típicos de sistemas de planícies de inundações (Tabela 1).

Tabela 1. Intervalo de variação das variáveis ambientais e a clorofila- *a* de cada planície de inundação, para cada período hidrológico amostrado (Prof.= profundidade; Turb.= turbidez; Temp.= temperatura; OD= oxigênio dissolvido; Cond.= condutividade elétrica; Clorof.= clorofila-*a*; NT= nitrogênio total; PT= fósforo total).

| | Amazônica | | Araguaia | |
|-------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | seca | cheia | seca | cheia |
| Prof. (m) | 0,3 - 3,0 | 9 - 15,7 | 0,8 - 3,8 | 3,7 - 6,8 |
| Turb. (NTU) | 8,8 - 251,6 | 1,5 - 16,4 | 6,1 - 70,6 | 2,0 - 29,3 |
| Temp. (°C) | 26,5 - 36,3 | 31,4 - 33,3 | 28,5 - 30,9 | 27,6 - 30,5 |
| pH | 5,0 - 8,9 | 6,4 - 9,5 | 6,3 - 7,3 | 6,0 - 6,8 |
| OD (mg L ⁻¹) | 2,1 - 11,9 | 0,3 - 4,3 | 1,3 - 8,2 | 0,8 - 5,4 |
| Cond. (µS cm ⁻¹) | 5,3 - 223,2 | 41,5 - 69,7 | 21,9 - 53,4 | 28,5 - 46,5 |
| Clorof. (µg L ⁻¹) | 1,3 - 139,2 | 0,4 - 10,9 | 4,7 - 50,0 | 0,3 - 11,7 |
| NT (µg L ⁻¹) | 642,2 - 6740,8 | 633,8 - 762,4 | 989,7 - 2025,5 | 470,9 - 3390,9 |
| Nitrato (µg L ⁻¹) | 0,0 - 259,9 | 0,0 - 51,8 | 0,0 - 250,8 | 0,0 - 57,0 |
| Amônia (µg L ⁻¹) | 5,5 - 262,8 | 2,8 - 52,9 | 3,1 - 119,3 | 2,0 - 30,3 |
| PT (µg L ⁻¹) | 6,6 - 309,8 | 5,4 - 33,4 | 41,9 - 168,3 | 10,5 - 42,1 |
| Fosfato (µg L ⁻¹) | 6,2 - 32,9 | 2,3 - 13,8 | 6,6 - 23,1 | 2,6 - 30,0 |
| | Pantanal | | Paraná | |
| | seca | cheia | seca | cheia |
| Prof. (m) | 0,4 - 7,2 | 0,8 - 5,5 | 0,9 - 4,4 | 1,7 - 3,7 |
| Turb. (NTU) | 4,8 - 57,4 | 1,9 - 22,9 | 0,7 - 107,6 | 2,1 - 80,0 |
| Temp. (°C) | 24,7 - 33,2 | 18,1 - 24,9 | 22,5 - 24,5 | 26,7 - 29,5 |
| pH | 6,0 - 7,4 | 6,9 - 8,5 | 6,2 - 8,9 | 5,4 - 7,2 |
| OD (mg L ⁻¹) | 0,7 - 6,8 | 0,1 - 6,1 | 5,6 - 10,0 | 3,8 - 7,3 |
| Cond. (µS cm ⁻¹) | 48,5 - 165,8 | 52,1 - 162,5 | 15,8 - 60,7 | 18,3 - 60,5 |
| Clorof. (µg L ⁻¹) | 1,3 - 16,3 | 0,1 - 30,0 | 1,1 - 39,8 | 2,1 - 74,2 |
| NT (µg L ⁻¹) | 972,7 - 1208,7 | 642,4 - 3651,9 | 633,5 - 2814,9 | 478,0 - 2368,9 |
| Nitrato (µg L ⁻¹) | 0,0 - 143,5 | 0,0 - 134,4 | 0,0 - 422,9 | 0,0 - 250,6 |
| Amônia (µg L ⁻¹) | 8,7 - 288,9 | 0,0 - 251,6 | 3,0 - 85,9 | 4,4 - 42,4 |

| | | | | |
|----------------------------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| PT ($\mu\text{g L}^{-1}$) | 31,2 - 90,1 | 29,7 - 290,7 | 12,0 - 127,5 | 12,6 - 165,7 |
| Fosfato ($\mu\text{g L}^{-1}$) | 5,4 - 50,0 | 9,5 - 72,2 | 5,7 - 29,3 | 5,6 - 31,0 |

As diferenças espaciais das variáveis ambientais são notáveis nos ambientes das planícies, com amplitudes de variação maiores no período de seca, caracterizando os ambientes mais heterogêneos limnologicamente neste período.

Os dois primeiros eixos da análise de componentes principais explicaram juntos 52% da variabilidade das variáveis ambientais. O eixo 1 da PCA representa a variação das condições limnológicas temporalmente, sendo que as diferenças marcadas foram os maiores valores de profundidade no período de cheia, e os maiores valores de turbidez, clorofila-*a*, fósforo total e nitrogênio total no período de seca, destacando-se a planície Amazônica com os maiores valores destas variáveis (Tabela 1). Já o eixo 2 da PCA representa as diferenças nas variáveis ambientais espacialmente, nos ambientes amostrados das planícies, sendo possível observar ambientes com maiores valores de temperatura, principalmente para as planícies Amazônica e Araguaia, e outros com maiores valores de pH, condutividade elétrica e fosfato, deixando em destaque alguns ambientes do Pantanal que apresentaram os maiores valores de fosfato na cheia (Figura 2, Tabela 1).

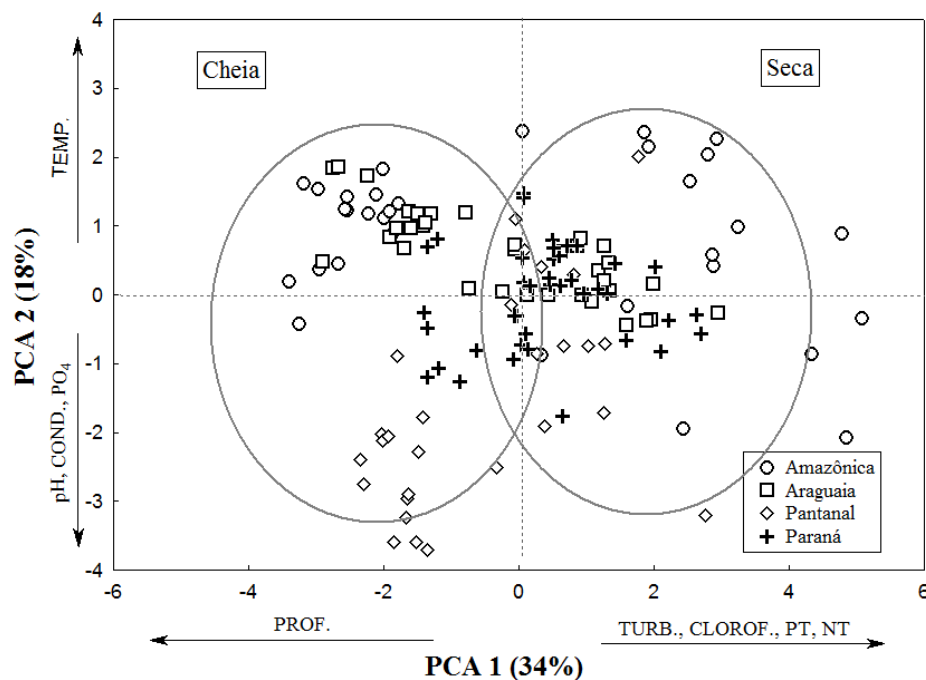


Figura 2. Ordenação dos ambientes das planícies amostradas, representando as diferenças temporais e espaciais nas variáveis ambientais e a clorofila-*a*, sumarizadas pela PCA (PROF.= profundidade; TURB.= turbidez; CLOROF.= clorofila-*a*; PT= fósforo total; NT= nitrogênio total; COND.= condutividade elétrica; TEMP.= temperatura da água).

3.2 ESTRUTURA DA COMUNIDADE

A comunidade de copépodes foi representada por 31 espécies durante o período de estudo, sendo que destas, 17 espécies ocorreram na planície Amazônica, 14 espécies na planície do Pantanal, 13 espécies na planície do alto rio Paraná e 10 espécies no rio Araguaia (APÊNDICE B).

Em relação aos períodos hidrológicos, os copépodes foram representados por 14 espécies na seca e 13 espécies na cheia na planície Amazônica, por 12 espécies na seca e 10 espécies na cheia no Pantanal, por 8 espécies na seca e 10 espécies na cheia no rio Paraná, e por 8 espécies tanto na seca quanto na cheia para a planície do Araguaia.

Os maiores valores de abundância dos copépodes nos ambientes coletados foram obtidos na planície Amazônica no período da seca, os quais variaram entre 45 e 133.334 ind. m⁻³. As espécies mais abundantes no período de seca foram *Thermocyclops decipiens*, *Oithona amazonica*, *Notodiaptomus similimus*, *N. amazonicus*, *Diaptomus ohlei*, *Thermocyclops minutus* e *Mesocyclops meridianus*. Na planície do Araguaia a abundância dos copépodes no período da seca variou entre 02 e 27.841 ind. m⁻³. As espécies mais abundantes para este período nessa planície foram *Thermocyclops minutus*, *T. decipiens*, *Notodiaptomus spinuliferus* e *N. henseni*. Para a planície do Paraná a abundância dos copépodes no período da seca variou entre 05 e 8.777 ind. m⁻³. As espécies mais abundantes para este período nessa planície foram *Thermocyclops minutus*, *Notodiaptomus henseni*, *T. decipiens*, *Mesocyclops meridianus* e *N. isabelae*. Já para a planície do Pantanal os valores de abundância na seca variaram entre 06 e 102 ind.m⁻³, sendo que os maiores valores de abundância para esta planície foram obtidos na cheia. As espécies mais abundantes no período da seca foram *Microcyclops anceps*, *Thermocyclops decipiens*, *Notodiaptomus spinuliferus*, *T. minutus*, *N. coniferoides*, *N. henseni*, *Metacyclops laticornis*, *Mesocyclops longisetus* e *M. meridianus* (Figura 3).

A planície do rio Paraná foi a que apresentou maiores valores de abundância de copépodes na cheia, sendo que os valores variaram entre 10 e 3.300 ind.m⁻³. As espécies com os maiores valores de abundância neste período nessa planície foram *Thermocyclops minutus*, *T. decipiens*, *N. henseni* e *N. deitersi*. Na planície Amazônica a abundância de copépodes no período de cheia variou entre 10 e 2.601 ind.m⁻³. Neste período, *Oithona amazonica*, *Thermocyclops minutus*, *Rhacodiaptomus retroflexus* e *Mesocyclops meridianus* foram as

espécies mais abundantes. A abundância dos copépodes no período de cheia na planície do Pantanal variou entre 02 e 1.281 ind. m⁻³. As espécies com os maiores valores de abundância neste período nessa planície foram *Thermocyclops minutus* e *Mesocyclops meridianus*. Já na planície do Araguaia, a abundância dos copépodes no período de cheia variou entre 04 e 66 ind. m⁻³, sendo que, *Thermocyclops minutus*, *T. decipiens*, *Microcyclops finitimus*, *M. anceps*, *Mesocyclops meridianus* e *Paracyclops chiltoni* foram as espécies com os maiores valores de abundância (Figura 3).

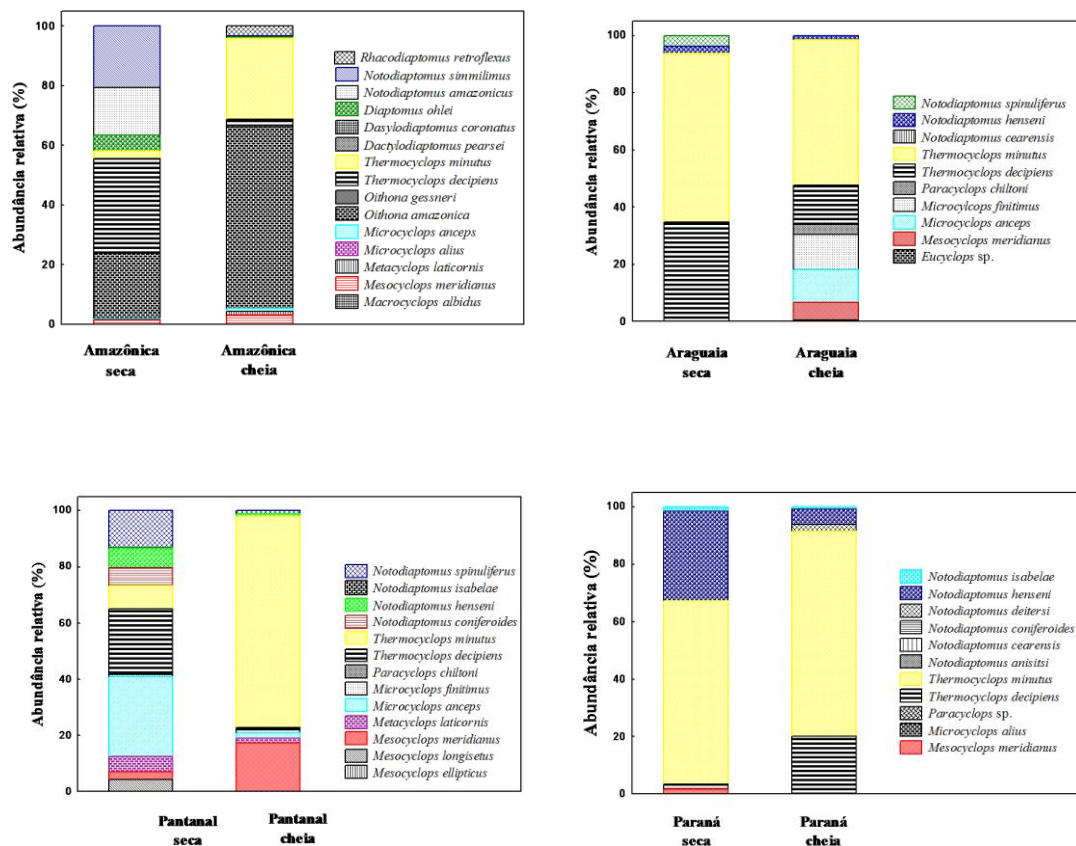


Figura 3. Abundância relativa das espécies de copépodes em cada período hidrológico nas planícies de inundação amostradas.

3.3 O EFEITO DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS NA ABUNDÂNCIA DOS COPÉPODES

A abundância dos copépodes apresentou variação significativa com as variáveis ambientais mensuradas ($p < 0,01$). A CCA mostrou que no período de seca 22% da variação da abundância dos copépodes foram ajustados pelas variáveis ambientais e no período de cheia 19% da variação da abundância esteve diretamente ajustado pelas condições ambientais (Figura 4). As espécies que apresentaram maior relação com as variáveis ambientais foram

representadas com elevados valores de abundância no hidropérido. O efeito das variáveis ambientais na abundância das espécies está sumarizado na Figura 5.

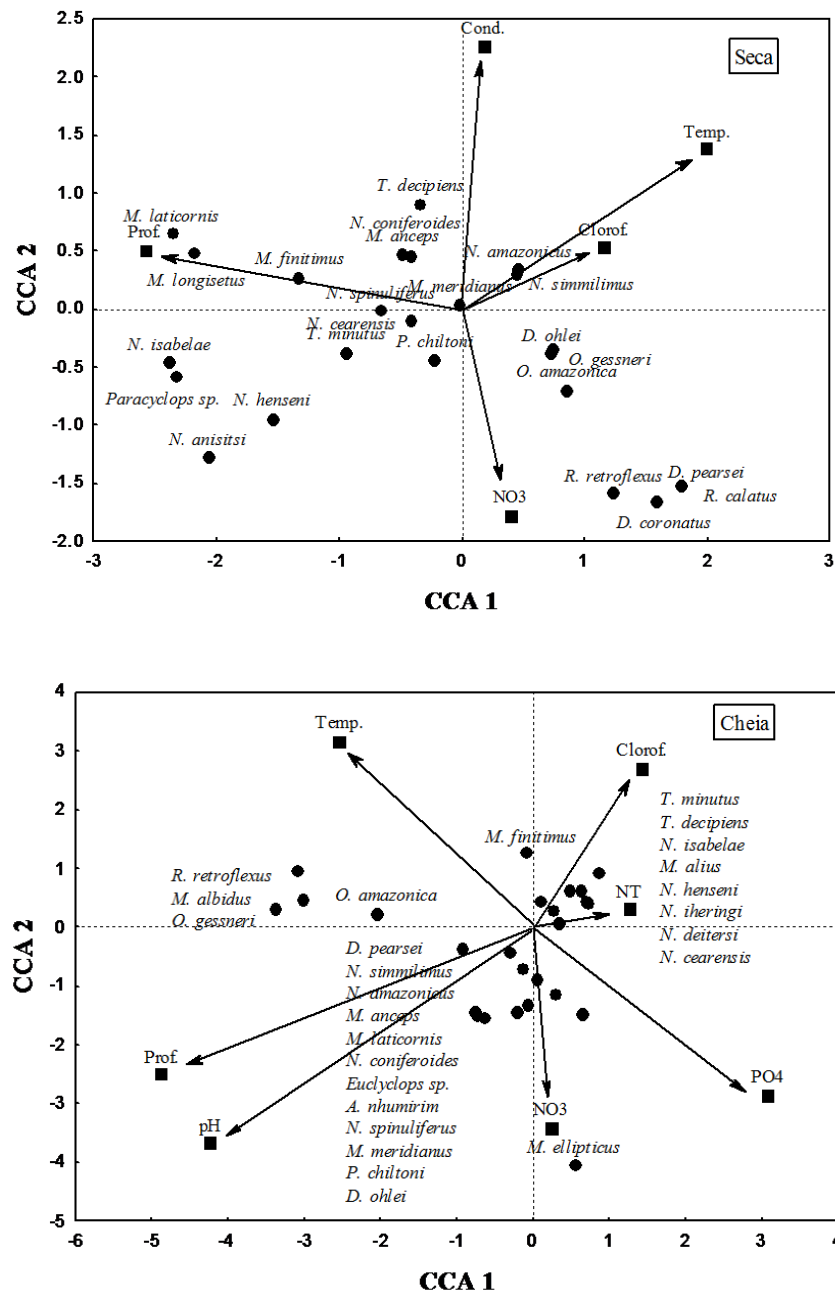


Figura 4. Representação bidimensional da CCA entre a abundância dos copépodes e as variáveis ambientais das planícies de inundações para cada período hidrológico (seca, dois eixos significativos; cheia três eixos significativos). Cond.= condutividade elétrica; NT= nitrogênio total; Prof.= profundidade; PO4= fosfato; NO3= nitrato; Temp.= temperatura; Clorof.= clorofila a.

A regressão quadrática (Tabela 2) mostrou que as espécies de copépodes mais abundantes apresentaram uma tendência de distribuição unimodal da abundância em relação às condições ambientais. O efeito mostra uma tendência de maior abundância em valores intermediários de amplitude das variáveis, obtendo um ótimo estabelecido, como a relação

entre a espécie *Oithona amazonica* e o NT, e as espécies da planície Araguaia que apresentaram relação de ótimo com o NT (Figura 5). Algumas espécies não apresentaram um ótimo bem definido, mas com tendência de maiores valores de abundância que acompanham a variação ambiental em direção ao ótimo, como possível observar nas espécies *M. meridianus*, *N. amazonicus* e *N. simmilimus* com relação estabelecida com o NT da planície Amazônica (Figura 5).

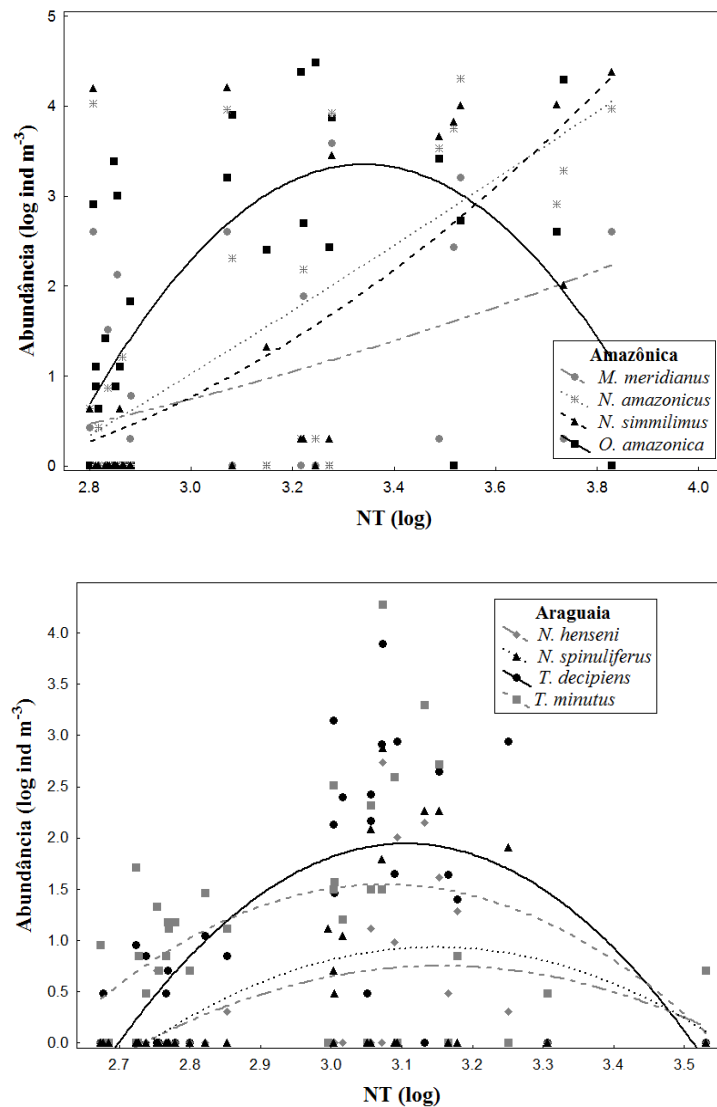


Figura 5. Margem ambiental constituído pela concentração de nitrogênio total (NT) e o efeito na abundância das espécies com significativa relação como modelo de extremos de amplitude e relação de ótimo (HI).

Tabela 2. Resultado da regressão quadrática usando as variáveis ambientais como preditoras da influência na abundância dos copépodes (NT= nitrogênio total; PT= fósforo total). Foram listadas somente as regressões significativas ($P < 0.05$).

| Amazônica | R2 ajust | Função |
|------------------------|-----------------|--------------------------------|
| NT | | |
| <i>M. meridianus</i> | 0.14 | $y=0.11-1.03x+0.41x^2$ |
| <i>N. amazonicus</i> | 0.43 | $y= -7.55+2.23x+0.20x^2$ |
| <i>N. simmilimus</i> | 0.44 | $y=8.18-7.77x+1.76x^2$ |
| <i>O. amazonica</i> | 0.34 | $y=-98.53+60.99x-9.12x^2$ |
| PT | | |
| <i>M. meridianus</i> | 0.28 | $y= 0.89-1.68x+0.96x^2$ |
| <i>N. amazonicus</i> | 0.60 | $y=2.46-4.71x+2.29x^2$ |
| <i>N. simmilimus</i> | 0.66 | $y=2.69-5.43x+2.57x^2$ |
| Turbidez | | |
| <i>N. amazonicus</i> | 0.52 | $y=-0.81+1.20x+0.34x^2$ |
| <i>N. simmilimus</i> | 0.48 | $y= -0.29-0.02x+0.80x^2$ |
| <i>O. amazonica</i> | 0.14 | $y=1.22-0.40x+0.60x^2$ |
| Profundidade | | |
| <i>N. amazonicus</i> | 0.34 | $y= 2.45-0.96x-0.81x^2$ |
| <i>N. simmilimus</i> | 0.44 | $y= 2.24-0.96x-0.84x^2$ |
| <i>O. amazonica</i> | 0.26 | $y= 2.97+0.94x-2.48x^2$ |
| Araguaia | R2 ajust | Função |
| Profundidade | | |
| <i>T. decipiens</i> | 0.43 | $y= 2.09+1.37x-4.39x^2$ |
| <i>T. minutus</i> | 0.12 | $y= -3+17.12x-15.62x^2$ |
| <i>N. henseni</i> | 0.19 | $y= 0.6+1.31x-2.51x^2$ |
| <i>N. spinuliferus</i> | 0.24 | $y= 2.61-4.74x+1.86x^2$ |
| Turbidez | | |
| <i>M. finitimus</i> | 0.15 | $y= 1.25-1.72x+0.58x^2$ |
| <i>T. decipiens</i> | 0.27 | $y= 1.73-2.98x+1.95x^2$ |
| <i>T. minutus</i> | 0.21 | $y= 2.05-3.12x+1.84x^2$ |
| <i>N. henseni</i> | 0.29 | $y= 1.01-2.33x+1.41x^2$ |
| <i>N. spinuliferus</i> | 0.47 | $y= 1.38-3.37x+2.04x^2$ |
| Temperatura | | |
| <i>M. meridianus</i> | 0.14 | $y= 370.02-491.36x+163.10x^2$ |
| <i>M. anceps</i> | 0.13 | $y= 752.37-1005.11x+335.72x^2$ |
| NT | | |
| <i>T. decipiens</i> | 0.43 | $y= -111.44+73.01x-11.75x^2$ |
| <i>T. minutus</i> | 0.12 | $y= -64.23+42.79x-6.96x^2$ |
| <i>N. henseni</i> | 0.19 | $y= -41.34+26.68x-4.22x^2$ |
| <i>N. spinuliferus</i> | 0.24 | $y= -54.68+35.33x-5.61x^2$ |
| NH4 | | |
| <i>T. minutus</i> | 0.15 | $y= 0.82-0.50x+0.64x^2$ |
| <i>N. spinuliferus</i> | 0.31 | $y= -1.02+1.54x-0.12x^2$ |
| PT | | |

| | | |
|------------------------|-----------------|-------------------------------------|
| <i>M. finitimus</i> | 0.37 | $y = 5.34 - 6.21x + 1.78x^2$ |
| <i>T. decipiens</i> | 0.39 | $y = -1.85 + 1.14x + 0.41x^2$ |
| <i>T. minutus</i> | 0.15 | $y = -10.43 + 13.77x - 3.95x^2$ |
| <i>N. henseni</i> | 0.14 | $y = -0.81 + 0.42x + 0.18x^2$ |
| <i>N. spinuliferus</i> | 0.30 | $y = 1.94 - 3.58x + 1.58x^2$ |
| pH | | |
| <i>M. meridianus</i> | 0.18 | $y = 21.29 - 6.13x + 0.44x^2$ |
| <i>M. finitimus</i> | 0.12 | $y = 10.73 - 2.83x + 0.18x^2$ |
| <i>T. decipiens</i> | 0.14 | $y = 45.13 - 14.72x + 1.21x^2$ |
| <i>N. henseni</i> | 0.16 | $y = 43.44 - 13.89x + 1.11x^2$ |
| Pantanal | R2 ajust | Função |
| Temperatura | | |
| <i>T. minutus</i> | 0.19 | $y = -235.44 + 339.42x - 121.54x^2$ |
| <i>N. coniferoides</i> | 0.30 | $y = 79.79 - 115.12x + 41.50x^2$ |
| NH4 | | |
| <i>T. decipiens</i> | 0.16 | $y = 0.02 + 0.95x - 0.35x^2$ |
| pH | | |
| <i>M. meridianus</i> | 0.35 | $y = 22.29 - 6.69x + 0.50x^2$ |
| <i>M. laticornis</i> | 0.27 | $y = 18.93 - 5.57x + 0.41x^2$ |
| Paraná | R2 ajust | Função |
| Turbidez | | |
| <i>T. minutus</i> | 0.50 | $y = -1.09 + 2.11x + 0.20x^2$ |
| <i>N. isabelae</i> | 0.24 | $y = 0.59 - 1.68x + 1.06x^2$ |
| Condutividade | | |
| <i>M. meridianus</i> | 0.60 | $y = 19.37 - 23.52x + 7.15x^2$ |
| <i>T. minutus</i> | 0.51 | $y = -18.07 + 30.28x - 11.16x^2$ |
| <i>N. henseni</i> | 0.54 | $y = 38.71 - 48.05x + 15.09x^2$ |

4 DISCUSSÃO

As variáveis ambientais possuem forças reguladoras sobre a abundância de espécies de copépodes, assim como uma saliente importância na ocorrência espacial e temporal das mesmas.

O regime hidrológico é atribuído como fator chave da variabilidade ambiental temporal detectado pelo primeiro eixo da PCA, pois em planícies de inundação as lagoas apresentam grande padrão de mudanças sazonais nas características físicas e químicas da água (Junk 1984; Junk et al. 1989). Em período de cheia o nível hidrológico aumenta (valores de profundidade), ocasionando drásticas alterações no ambiente, aumentando a conectividade de todo o sistema, e isto também torna os ambientes mais similares em relação às características

físicas e químicas, acarretando no efeito de homogeneização do ambiente (Thomaz et al. 2007). Para a maioria das variáveis ambientais mensuradas neste trabalho os maiores valores de variação ocorreram no período de seca.

As relações positivas com as variáveis indicadoras de recursos alimentares como a concentração de nutrientes (nitrogênio e fósforo) é um indicativo de regulação do tipo “botton-up”, favorecendo a cascata trófica desde a produtividade primária até os níveis mais altos (Carpenter et al. 1985). Nos ambientes com elevados valores destas variáveis nas planícies amostradas, tanto na cheia quanto na seca, foi um fator positivo para promover os maiores valores de abundância da maioria das espécies como observado pelos resultados.

A variabilidade ambiental formada pela característica de cada planície de inundação e as diferenças dirigidas pelo hidrovolume podem regular diretamente a estrutura da comunidade agindo através dos limites de tolerância dos organismos, assim como, indiretamente através de restrições de interações bióticas, como a competição intra e interespecífica e a predação (Dunson e Travis 1991).

As inundações periódicas ou “distúrbios” periódicos naturais em sistemas de planícies de inundação são responsáveis por aumentar a variabilidade temporal da estrutura da comunidade zooplanctônica (Simões et al. 2013 a, b), desta forma, os copépodes foram influenciados com substituições em espécies abundantes como resposta às variações ambientais temporal. Os distúrbios causados pelo ambiente são considerados como um dos mecanismos na teoria de “nicho vago” (Hutchinson 1957). Por exemplo, as drásticas mudanças causadas em ambientes sujeitos à variações no nível de água elimina totalmente ou parcialmente as populações de algumas espécies sendo substituídas por outras que colonizam o “nicho vago”, conduzindo um restabelecimento relativamente rápido nas novas condições ambientais. Nos ambientes das planícies estuda há uma nítida configuração de abundância temporal, como observado pela abundância relativa (Figura 3).

A proposta de um ótimo estabelecido com as variáveis ambientais, ou seja, relação a níveis que favoreça com maiores valores de abundância é suportado pela teoria de nicho (Hutchinson 1957) e muito bem visualizado com as populações de copépodes, as quais apresentam uma desigual distribuição de abundância como resposta a variabilidade ambiental em escala espacial e temporal. A curva representada pela regressão quadrática como observada entre *O. amazônica* e o NT mostra claramente esta relação, onde há um pico de

abundância em valores intermediários de NT. Para muitas espécies, pode-se dizer que há uma tendência de estabelecimento de ótimo e um aumento gradativo de abundância como representado pelas espécies da planície Araguaia e a turbidez (material suplementar A). A distribuição de abundância ao longo de um gradiente está ligado ao quão bem uma característica da população está relacionada ao valor ideal, se o gradiente é muito íngreme as populações são direcionadas ao centro do gradiente, permanecendo estáveis (Kirkpatrick e Barton 1997).

Ainda conforme a teoria de nicho, às margens da tolerância ambiental ou em extremos de amplitude de variação, os efeitos das variações ambientais exibem uma relação negativa no crescimento populacional, na sobrevivência, um decréscimo na abundância e um limite de distribuição espacial da espécie (Sexton et al. 2009). O efeito ambiental preditor da regulação de abundância em *M. meridianus*, *N. amazonicus* e *N. simmilimus* (como representado pela Figura 5) representaram níveis ambientais com abundância em ascensão em direção ao ótimo, não sendo possível observar claramente os extremos da curva unimodal da regressão.

Algumas espécies de copépodes possuem elevados valores de abundância em regiões litorâneas (fauna associada à macrófitas), contribuindo para recorrência em amostras de plâncton, sugerindo um gradiente de abundância transversal da região planctônica para a litorânea (Lansac-Tôha et al. 2002). Amostras de região litorânea não foram incluídas em nosso estudo, porém, é um fator especulativo para a baixa abundância de muitas espécies, as quais não apresentaram relação significativa com as variáveis ambientais da região planctônica, podendo ter um ótimo estabelecido em outros tipos de habitats.

Estudos em grandes escalas espaciais têm mostrado a ocorrência restrita das espécies de copépodes em ecoregiões, altamente endêmicas e muito bem adaptadas (Suárez-Morales et al. 2004, 2005; Silva 2008; Perbiche-Neves 2011; Previattelli et al. 2013). O resultado da CCA infere a estreita relação das variáveis ambientais e as espécies de acordo com o gradiente ambiental. A alta variação ambiental espacial, como visualizado pela PCA, suporta disparidade na distribuição espacial das espécies nas planícies de inundação, restringindo, portanto, as espécies de copépodes em algumas regiões ou período de tempo.

Muitas teorias estão envolvidas para explicar quais seriam os fatores limitantes na distribuição e a abundância das espécies e organismos (Sexton et al. 2009). Estudos que

focam nos limites de tolerância das espécies e suas relações com as condições ambientais têm ressurgido nos últimos anos, pois as alterações antropogênicas no clima e nos ambientes naturais têm causado expressivas mudanças na estrutura da comunidade, facilitação à invasão por espécies não nativas e perda da diversidade de espécies e a consequente alteração no funcionamento ecossistêmico. De modo geral, os ecossistemas aquáticos neotropicais são muito vulneráveis à transformação pelo homem, perdendo suas características naturais por drásticas alterações artificiais, deixando-os mais suscetíveis à impactos ambientais.

5 CONCLUSÃO

As variáveis ambientais foram caracterizadas quanto ao aspecto espacial através de expressivas diferenças na temperatura, fosfato, pH e a condutividade elétrica. A variação temporal foi caracterizada por maiores diferenças nos valores de profundidade, turbidez, clorofila- *a*, nitrogênio total e fósforo total.

Os fatores locais (condições físicas e químicas do ambiente) determinaram os efeitos de distribuição de abundância de copépodes, bem como, apresentaram uma estreita relação na distribuição espaço-temporal das espécies, sendo possível observar maiores valores de abundância em níveis específicos das condições ambientais, o que corrobora parcialmente a hipótese HI): a abundância de copépodes possui um ótimo estabelecido com as variáveis ambientais, e em extremos de amplitude de variação ambiental, menor será a abundância desses organismos, pois a ascensão da abundância em um nível específico ambiental é observado para as espécies, porém não ficou totalmente estabelecido um gradiente ambiental propriamente dito, apenas variações ambientais, o que para muitas espécies o efeito unimodal na distribuição da abundância não foi observado.

Sendo assim, os resultados obtidos contribuíram para o melhor entendimento da complexidade do padrão de distribuição da abundância dos copépodes em macroescala em planícies de inundação.

REFERÊNCIAS

- Aranguren-Riaño N, Guisande C, Ospina R (2011) Factors controlling crustacean zooplankton species richness in Neotropical lakes. *J Plankton Res* 33:1295-1303
- Assine ML, Silva A (2009) Contrasting fluvial styles of the Paraguay River in the northwestern border of the Pantanal wetland, Brazil. *Geomorphology* 113:189-199

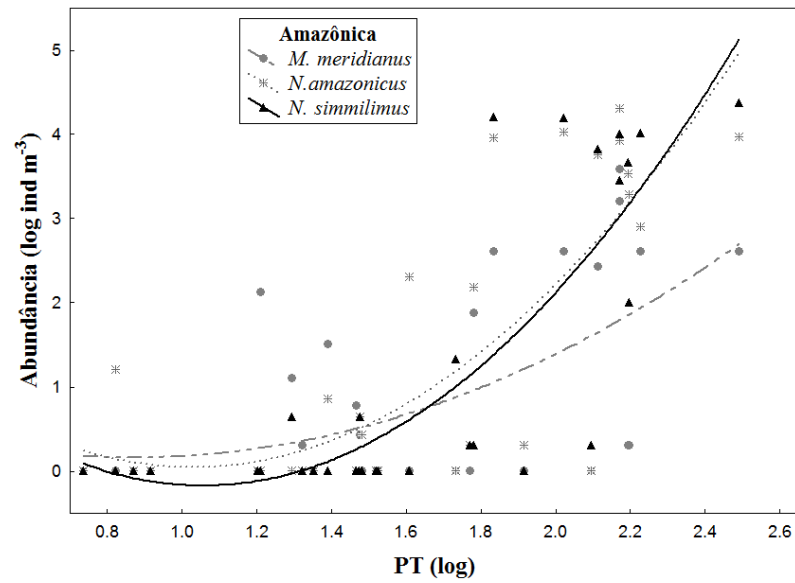
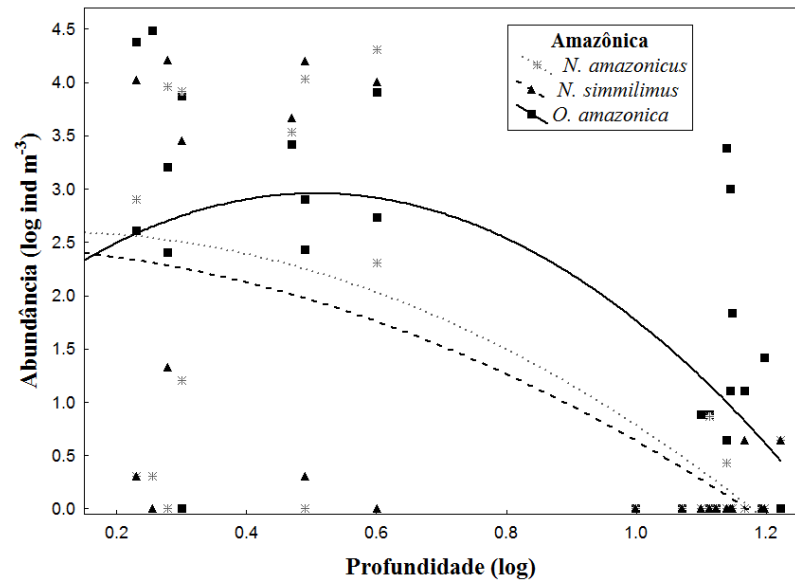
- Azevedo F, Bonecker CC (2003) Community size structure of zooplanktonic assemblages in the three lakes on the upper River Paraná floodplain, PR-MS, Brasil. *Hydrobiologia* 505: 147-158
- Brandorff GO (1978). Ein neuer Diaptomid (Crustacea, Copepoda) "*Diaptomus*" *ohlei* aus den brasilianischen Amazonasgebiet. *Arch Hydrobiol* 82:295-299
- Carpenter SR, Kitchell JF, Hodgson JR (1985) Cascading trophic interactions and lake Productivity. *BioScience* 35:634-639
- Dunson WA, Travis J (1991) The role of abiotic factors in community organization. *Am Nat* 138: 1067-1091
- Dussart BH (1984) Some Crustacea Copepoda from Venezuela. *Hydrobiologia* 113: 25-67
- Esteves FA (2011) Fundamentos de limnologia. Interciência/Finep, Rio de Janeiro
- Giné MF, Bergamin F, Zagatto EAG, Reis BF (1980) Simultaneous determination of nitrate and nitrite by flow injection analysis. *Anal Chim Acta* 114: 191-197
- Golterman HL, Clymo RS, Ohmstad MAM (1978) Methods for physical and chemical analyses of fresh waters. Blackwell Scientific Publication, Oxford
- Hessen D, Faafeng B, Smith V, Bakkestuen V, Walseng B (2006) Extrinsic and intrinsic controls of zooplankton diversity in lakes. *Ecology* 87: 433-443
- Hutchinson GE (1957) Concluding remarks. Population studies. *Anim Ecol Demogr* 22:415-427
- Jackson, DA (1993) Stopping rules in principal component analysis a comparison of heuristic and statistical approaches. *Ecology* 74: 2204-2214
- Junk WJ (1984) Ecology of the várzea, floodplain of Amazonian white water rivers. In: Sioli H (ed) *The Amazon: limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin*. Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht pp. 215-242
- Junk WJ (1993) Wetlands of Tropical South America. In: Whigham, D, Hejny, S, Dykyjova, D (Ed.) *Wetlands of the world*. Dr. W. Junk Publishers, Boston pp. 679-739
- Junk W, Bayley PB, Sparks RE (1989) The flood pulse concept in river floodplain systems. *Can Fish Aquat Sci* 106:110-127
- Junk WJ, Piedade MTF, Schöngart J et al. (2011). A classification of major naturally-occurring Amazonian lowland wetlands. *Wetlands* 31:623-640
- Kirkpatrick M, Barton NH (1997) Evolution of a species' range. *Am Nat* 150:1-23
- Koroleff, KJH (1976) Determination of ammonia. In: Grasshoff E, Kremling E (ed) *Methods of seawater analysis*. Verlag Chemie Wheinhein, New York pp. 117-181
- Kozlowsky-Suzuki B, Bozelli RL (2001) Resilience of a zooplankton community subjected to marine intrusion in a tropical coastal lagoon. *Hydrobiologia* 522:165-177

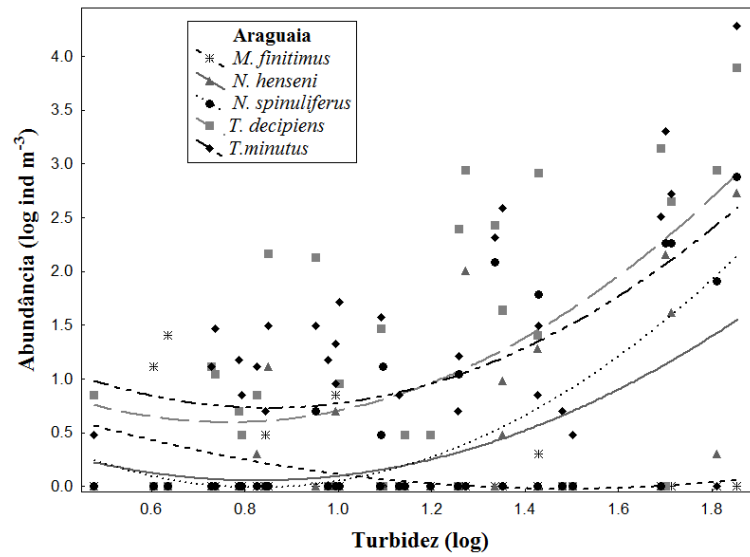
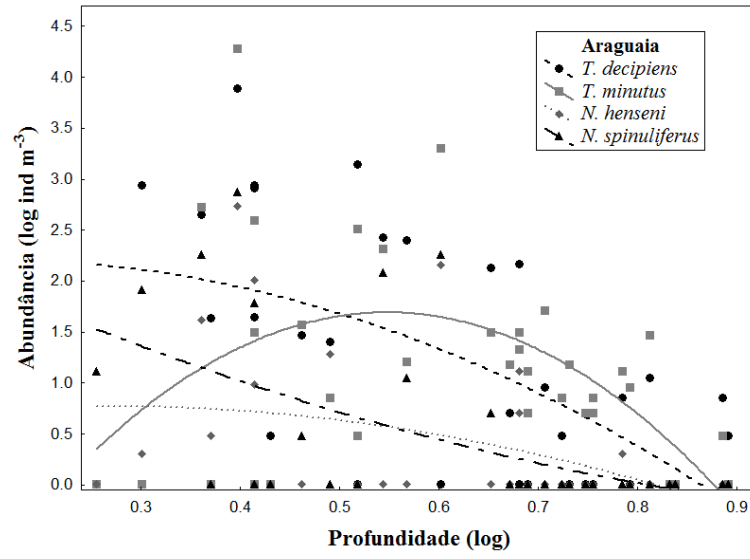
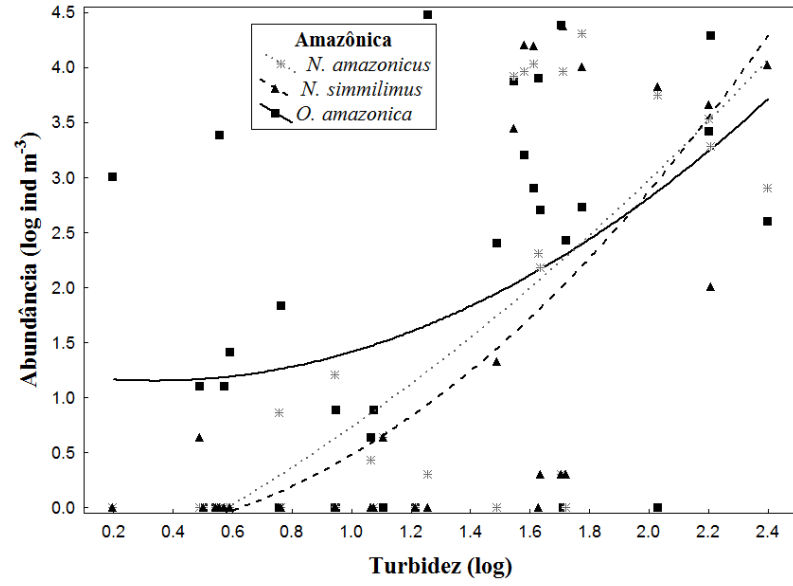
- Landa GG, Barbosa FAR, Rietzeler AC, Maia-Barbosa PM (2007) *Thermocyclops decipiens* (Kienifer, 1929)(Copepoda, cyclopoida) as indicator of water quality in the state of Minas Gerais, Brasil. *Bras Arch Biol Technol* 50:695-705
- Lansac-Tôha FA, Velho LFM, Higuti J, Takahashi EM (2002) Cyclopidae (Crustacea, Copepoda) from the upper Paraná river floodplain, Brazil. *Braz J Biol* 62:125-133
- Lansac-Tôha FA, Bonecker CC, Velho LFM (2004) Composition, species richness and abundance of the zooplankton community. In: Thomaz SM, Agostinho AA, Hahn NS (ed). *The Upper Paraná River and its floodplain: physical aspects, ecology and conservation*. Backhuys Publishers, Leiden pp 145-190
- Lansac-Tôha FA, Bonecker CC, Velho LFM et al. (2009) Biodiversity of zooplankton communities in the Upper Paraná River floodplain: interannual variation from long-term studies. *Braz J Biol* 69:539-549
- Latrubesse EM, Stevaux JC (2002) Geomorphology and Environmental Aspects of Araguaia Fluvial Basin, Brazil. *Z Geomorphol* 129:09-127
- Latrubesse EM, Stevaux JC (2006) Características físico-bióticas e problemas ambientais associados à planície aluvial do rio Araguaia, Brasil central. *Revista UnG – Geociências* 5:65-73
- Leandro GRS, Souza CA (2012) Pantanal de Cáceres: composição granulométrica dos sedimentos de fundo no rio Paraguai entre a foz do rio Cabaçal e a cidade de Cáceres, Mato Grosso, Brasil. *Revista Ambiente e Água* 7:263-276
- Legendre P, Gallagher ED (2001) Ecologically meaningful transformations for ordination of species data. *Oecologia* 129: 271-280
- Legendre P, Legendre L (2012) *Numerical ecology*. 3rd English, Elsevier Science Ltd, Amsterdam
- Legendre P, Oksanen J, Ter Braak CJF (2011) Testing the significance of canonical axes in redundancy analysis. *Methods Ecol Evol* 2:269-277
- Mackereth FJH, Heron J, Talling JF (1978) *Water analysis: some revised methods for limnologists*. Freshwater Biological Association Science Publication, Kendal
- Matsumura-Tundisi T, Tundisi JG (2003) Calanoida (copepoda) species composition changes in the reservoir of São Paulo State (Brazil) in the last twenty years. *Hydrobiologia* 504:215-222
- Melack JM, Hess LL (2010) Remote sensing of the distribution and extent of wetlands in the Amazon basin. In: Junk WJ, Piedade, MTF, Wittmann, F, Schöngart, J, Parolin, P (ed). *Amazon floodplain forests: Ecophysiology, biodiversity and sustainable management*. Ecological Studies, Springer, Dordrecht pp. 43-59
- Neiff JJ (1996) Large rivers of South America: toward the new approach. *Verh Int Ver Limnol* 26:167-180
- Oksanen J, Blanchet FG, Kindt R et al. (2012) *Vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.0-6. URL <http://vegan.r-forge.r-project.org/>.

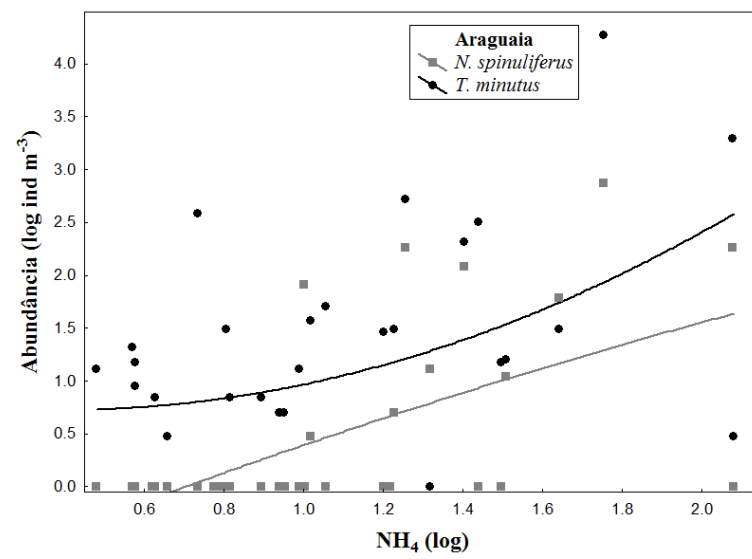
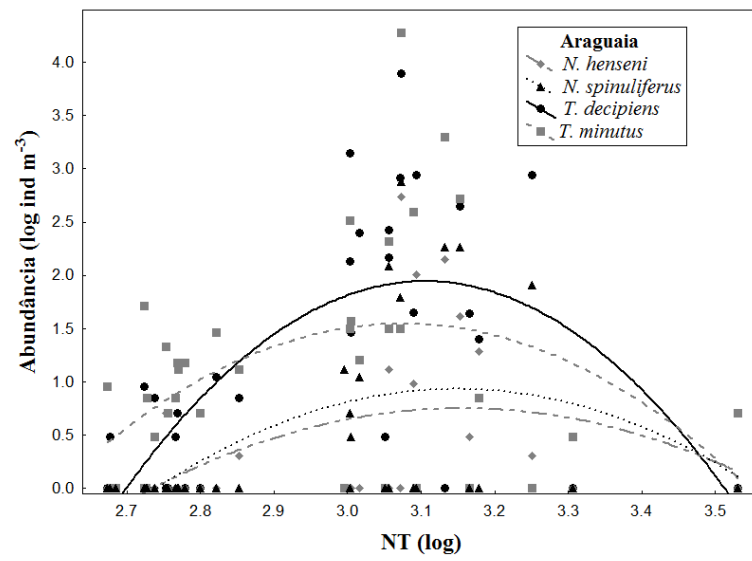
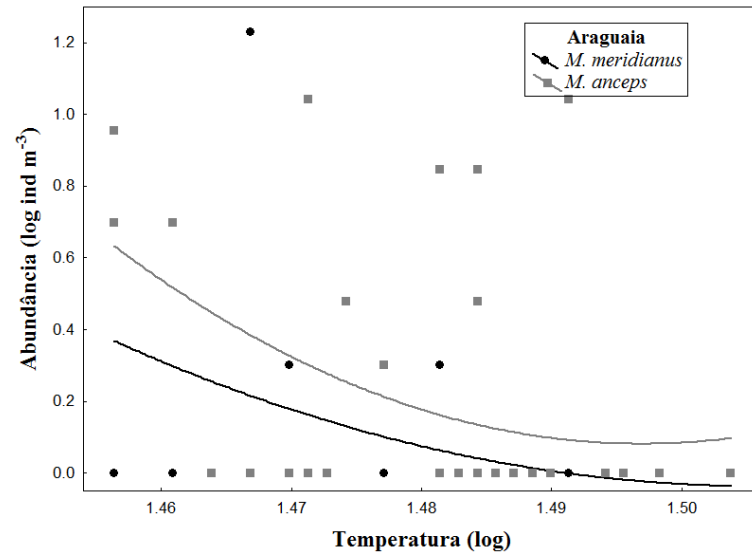
- Perbiche-Neves G (2011) Copépodes planctônicos (Crustacea, Calanoida e Cyclopoida) em reservatórios e trechos lóticos da bacia do rio da Prata (Brasil, Paraguai, Argentina e Uruguai): taxonomia, distribuição geográfica e alguns atributos ecológicos. Tese de doutorado, Universidade Estadual Paulista
- Previattelli D, Perbiche-Neves, G Santos-Silva, EM (2013) New Diaptomidae records (Crustacea: Copepoda: Calanoida: Diaptomidae) in the Neotropical region. *Check List* 9:700-713
- R Core Team (2011) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>
- 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 (Brazil-SP). *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
- Rutherford S, D'Hondt S, Prell W (1999) Environmental controls on the geographic distribution of zooplankton diversity. *Nature* 400:749-753
- Santos-Silva EM (2000) Revisão das espécies do “complexo nordestinus” (Wright, 1935) de *Notodiaptomus* Kiefer, 1936 (Copepoda: Calanoida: Diaptomidae). Tese de doutorado, Universidade de São Paulo
- Sendacz S (2001) Planktonic copepoda of the Upper Paraná River Floodplain lakes (São Paulo and Mato Grosso do Sul, Brazil). *Hydrobiologia* 453/454:367-374
- Sendacz S, Kubo E (1982) Copepoda (Calanoida e Cyclopoida) de reservatórios do Estado de São Paulo. *Bol Inst Pesca* 9:51-89
- Sexton JP, McIntyre PJ, Angert AL, Rice KJ (2009) Evolution and ecology of species range limits. *Annu Rev Ecol Evol Syst* 40:415–36
- Silva JSV, Abdon MM (1998) Delimitação do Pantanal brasileiro e suas sub-regiões. *Revista Pesqui Agropecu Bras* 33:1703-1711
- Silva WM, (2003). Diversidade dos Cyclopoida (Copepoda, Crustacea) de água doce do estado de São Paulo: taxonomia, ecologia e genética. Tese de doutorado, Universidade Federal de São Carlos
- Silva WM, (2008) Diversity and distribution of the free-living freshwater Cyclopoida (Copepoda: Crustacea) in the Neotropics. *Braz J Biol* 68:1099-1106
- Simões NR, Dias JD, Leal CM, Braghin LSM, Lansac-Tôha FA, Bonecker CC (2013a). Floods control the influence of environmental gradients on the diversity of zooplankton communities in a neotropical floodplain. *Aquat Sci* 75:607-617

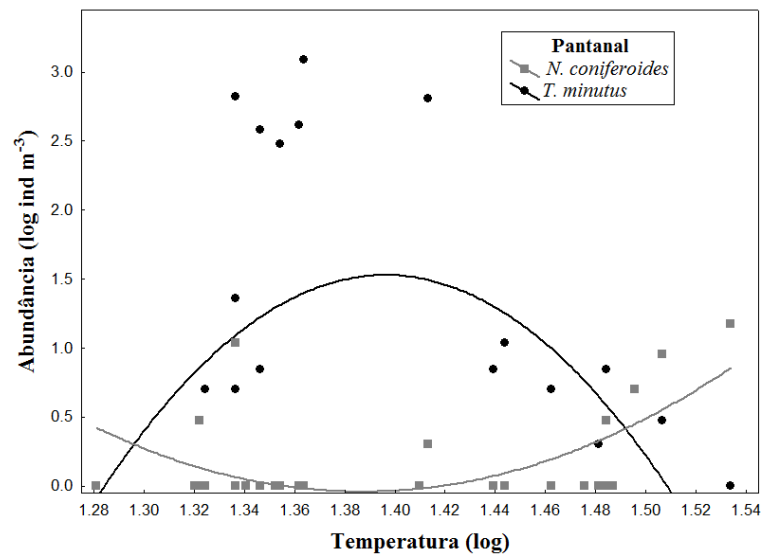
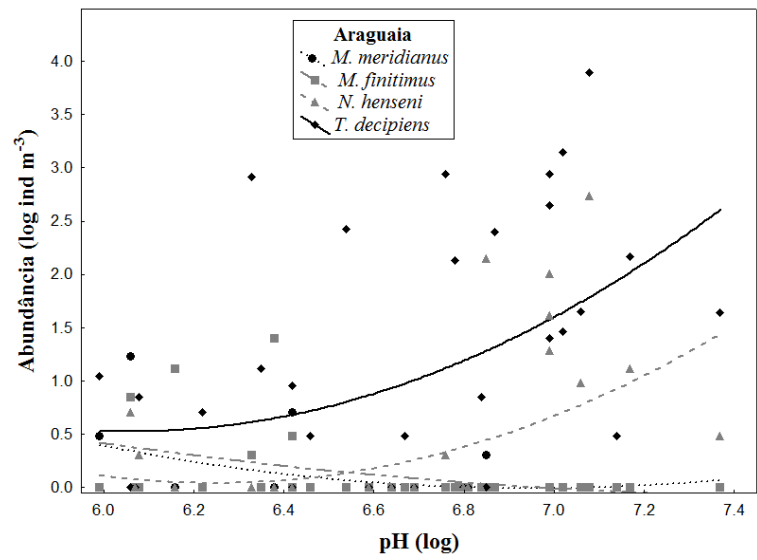
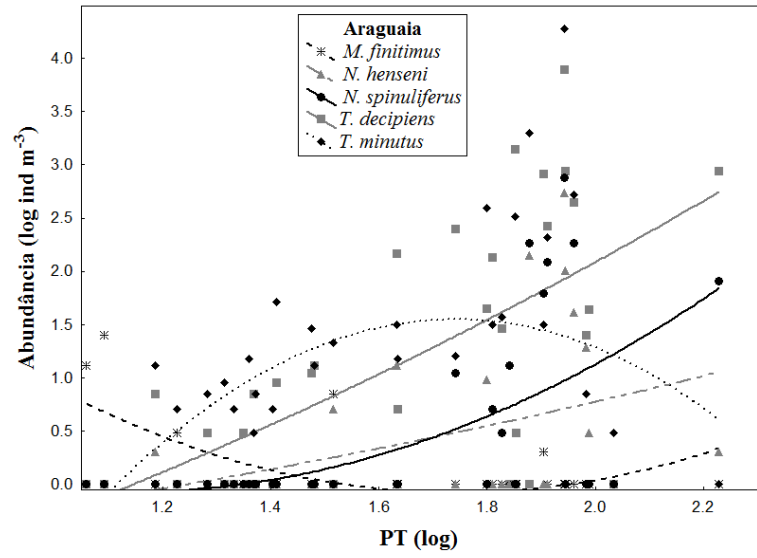
- Simões NR, Lansac-Tôha FA, Bonecker CC (2013b) Drought disturbances increase temporal variability of zooplankton community structure in floodplains. *Int Rev Hydrobiol* 98:24-33
- Souza Filho EE, Stevaux JC (2004) Geology and geomorphology of the Baia-Curutuba-Ivinheima complex. In: Thomaz SM, Agostinho AA, Hahn NS (ed.). *The Upper Paraná River and its floodplain: physical aspects, ecology and conservation*. Backhuys Publishers, Leiden pp 1-30
- Souza-Filho EE (2009) Evaluation of the Upper Paraná River discharge controlled by reservoirs. *Braz J Biol* 69:707-716
- StatSoft Inc. (2005) Statistica (data analysis software system), version 7.1. www.statsoft.com
- Suárez-Morales E, Reid JW, Fiers F, Iliffe TM (2004) Historical biogeography and distribution of the freshwater cyclopine copepods (Copepoda, Cyclopoida, Cyclopinae) of the Yucatan Peninsula, Mexico. *J Biogeog* 31:1051-1063
- Suárez-Morales E, Reid JW, Elías-Gutiérrez M (2005) Diversity and distributional patterns of Neotropical freshwater Copepods (Calanoida: Diaptomidae). *Int Rev Hydrobiol* 90:71-83
- Thomaz SM, Bini LM, Bozelli RL (2007) Floods increase similarity among aquatic habitats in river-floodplain systems. *Hydrobiologia* 579:1-13
- Tundisi JG, Matsumura-Tundisi T (2008) *Limnologia*. Oficina de Textos, São Paulo
- Yamamoto KC, Soares MGM, Freitas CEC (2004) Alimentação de *Triportheus angulatus* (Spix & Agassiz, 1829) no lago Camaleão, Manaus, AM, Brasil. *Acta Amazônica* 34:653-659

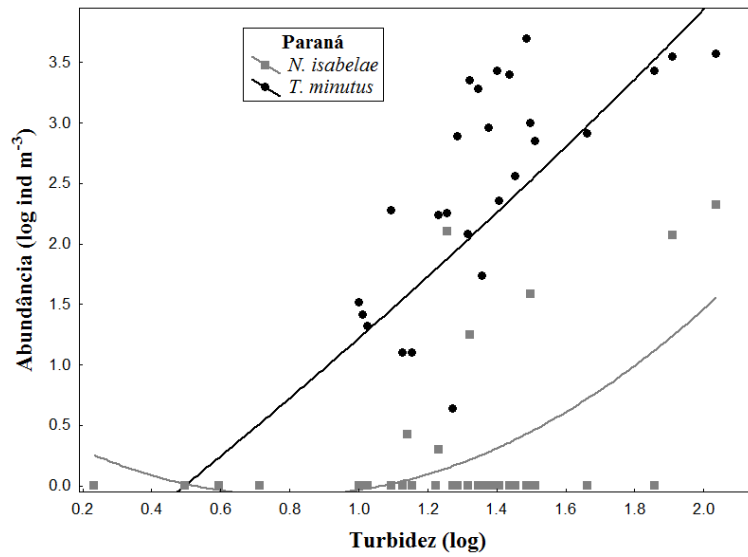
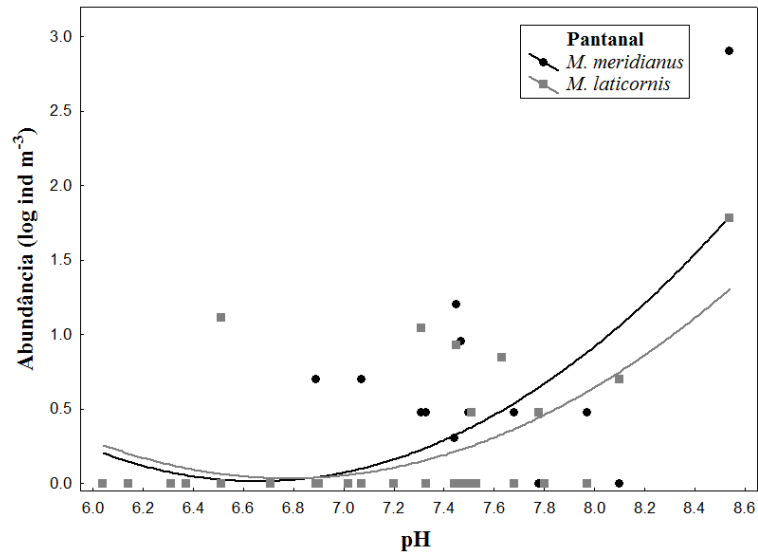
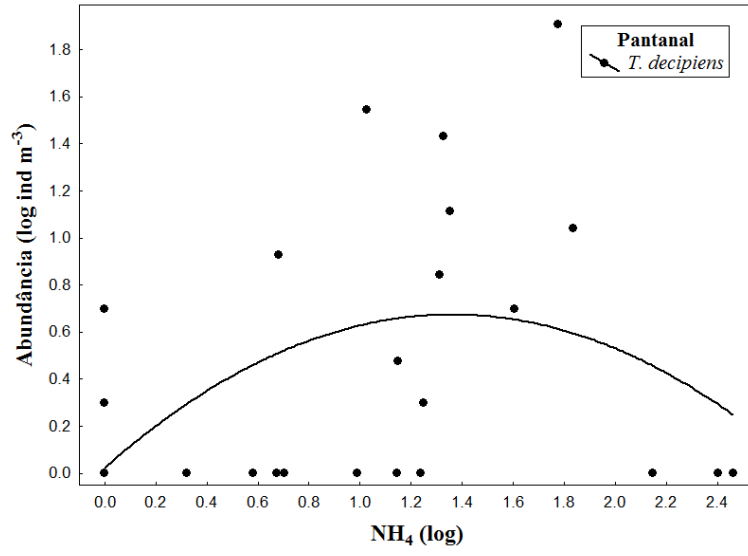
APÊNDICE A - Efeito das variáveis ambientais na abundância das espécies copépodes planctônicos (NT= nitrogênio total; PT= fósforo total). As linhas foram ajustadas de acordo com a regressão quadrática.

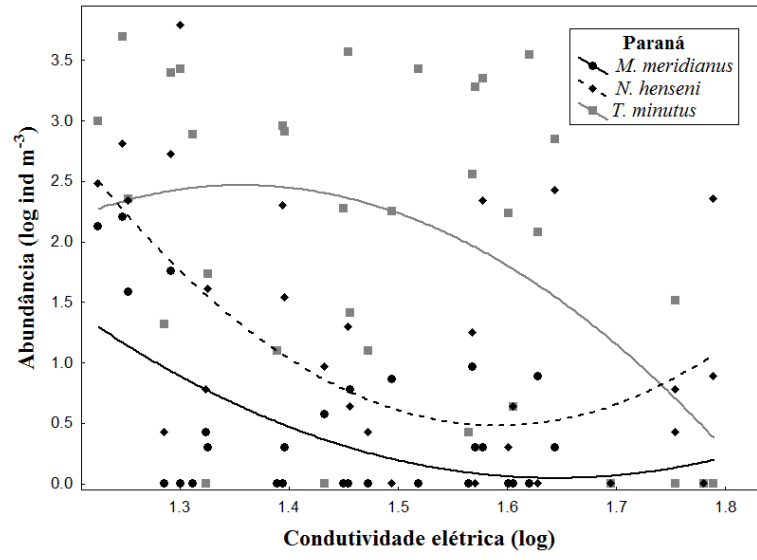












APÊNDICE B - Lista de espécies e a ocorrência espacial e temporal de copépodos planctônicos identificados nas diferentes planícies de inundações.

| | Amazônica | | Araguaia | | Pantanal | | Paraná | |
|--|-----------|-------|----------|-------|----------|-------|--------|-------|
| | seca | cheia | seca | cheia | seca | cheia | seca | cheia |
| Cyclopidae | | | | | | | | |
| <i>Eucyclops</i> sp. | | | | + | | | | |
| <i>Macrocyclops albidus</i> (Jurine, 1820) | | + | | | | | | |
| <i>Mesocyclops ellipticus</i> Kiefer, 1936 | | | | | | + | | |
| <i>Mesocyclops longisetus</i> (Trhiébaud, 1914) | + | | | | + | | | |
| <i>Mesocyclops meridianus</i> (Kiefer, 1926) | + | + | + | + | + | + | + | + |
| <i>Metacyclops laticornis</i> (Lowndes, 1934) | | + | | | + | + | | |
| <i>Microcyclops alius</i> (Kiefer, 1935) | | + | | | | | | + |
| <i>Microcyclops anceps</i> (Richard, 1887) | + | + | + | + | + | + | + | |
| <i>Microcyclops finitimus</i> Dussart, 1984 | | | + | + | + | | | |
| <i>Paracyclops chiltoni</i> (Thomson, 1882) | | | | + | + | | | |
| <i>Paracyclops</i> sp. | | | | | | | | + |
| <i>Thermocyclops decipiens</i> (Kiefer, 1929) | + | + | + | + | + | + | + | + |
| <i>Thermocyclops minutus</i> (Lowndes, 1934) | + | + | + | + | + | + | + | + |
| Diaptomidae | | | | | | | | |
| <i>Argyrodiaptomus nhumirim</i> Reid, 1997 | | | | | | + | | |
| <i>Dactyloidiaptomus pearsei</i> (Wright, 1927) | + | + | | | | | | |
| <i>Dasyloidiaptomus coronatus</i> (Sars, 1901) | + | | | | | | | |
| <i>Diaptomus ohlei</i> Brandorff, 1978 | + | + | | | | | | |
| <i>Notodiaptomus amazonicus</i> (Wright, 1935) | + | + | | | | | | |
| <i>Notodiaptomus anisitsi</i> (Daday, 1905) | | | | | | | | + |
| <i>Notodiaptomus cearensis</i> (Wright, 1936) | | | | + | | | | + |
| <i>Notodiaptomus coniferoides</i> (Wright, 1927) | | | | | | + | + | + |
| <i>Notodiaptomus deitersi</i> (Poppe, 1891) | | | | | | | | + |
| <i>Notodiaptomus henseni</i> (Dahl, 1894) | | | | + | + | + | + | + |
| <i>Notodiaptomus iheringi</i> (Wright, 1935) | | | | | | | | + |
| <i>Notodiaptomus isabelae</i> (Wright, 1936) | | | | | | + | | + |
| <i>Notodiaptomus simillimus</i> Cicchino et al., 2001 | + | + | | | | | | |
| <i>Notodiaptomus</i> cf. <i>spinuliferus</i> (Dussart, 1985) | | | | + | | + | + | |
| <i>Rhacodiaptomus calatus</i> Brandorff, 1973 | + | | | | | | | |
| <i>Rhacodiaptomus retroflexus</i> Brandorff, 1973 | + | + | | | | | | |
| Oithonidae | | | | | | | | |
| <i>Oithona amazonica</i> Burekhardt, 1913 | + | + | | | | | | |
| <i>Oithona gessneri</i> Kiefer, 1954 | + | + | | | | | | |