

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**

**CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E RECURSOS NATURAIS**

**SÉRGIO LUIZ SONODA**

**TRANSPOSIÇÃO E FRAGMENTAÇÃO DO RIO PIUMHI (BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO, MG):  
VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS E MICROCRUSTÁCEOS ZOOPLANCTÔNICOS DA LAGOA DOS  
TROPEIROS**

**São Carlos - SP**

**2011**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**

**CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E RECURSOS NATURAIS**

**TRANSPOSIÇÃO E FRAGMENTAÇÃO DO RIO PIUMHI (BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO, MG):  
VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS E MICROCRUSTÁCEOS ZOOPLANCTÔNICOS DA LAGOA DOS  
TROPEIROS**

**SÉRGIO LUIZ SONODA**

Tese apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ecologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de São Carlos como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Doutor em Ciências, Área de concentração em Ecologia e Recursos Naturais.

**Orientadora:** Profa. Dra. Odete Rocha

São Carlos - SP

2011

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da  
Biblioteca Comunitária/UFSCar**

S699tf

Sonoda, Sérgio Luiz.

Transposição e fragmentação do Rio Piumhi (Bacia do Rio São Francisco, MG) : variáveis limnológicas e microcrustáceos zooplanctônicos da Lagoa dos Tropeiros / Sérgio Luiz Sonoda. -- São Carlos : UFSCar, 2011.  
94 f.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2011.

1. Ecologia. 2. Limnologia. 3. Zooplâncton. 4. Diversidade biológica. 5. Cladocera. 6. Copepode. I. Título.

CDD: 574.5 (20<sup>a</sup>)

Sergio Luiz Sonoda

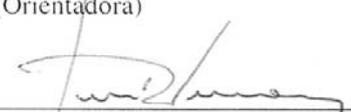
**TRANSPOSIÇÃO E FRAGMENTAÇÃO DO RIO PIUMHI (BACIA DO RIO  
SÃO FRANCISCO, MG): VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS E  
MICROCRUSTÁCEOS ZOOPLANCTÔNICOS DA LAGOA DOS TROPEIROS**

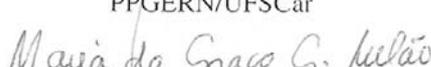
Tese apresentada à Universidade Federal de São Carlos, como parte dos  
requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciências.

Aprovada em 29 de junho de 2011

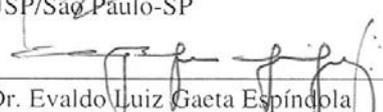
BANCA EXAMINADORA

Presidente   
Profa. Dra. Odete Rocha  
(Orientadora)

1º Examinador   
Prof. Dr. José Roberto Verani  
PPGERN/UFSCar

2º Examinador   
Profa. Dra. Maria da Graça Gama Melão  
PPGERN/UFSCar

3º Examinador   
Prof. Dr. Evandro Matheus Moretto  
USP/São Paulo-SP

4º Examinador   
Prof. Dr. Evaldo Luiz Gaeta Espíndola  
USP/São Carlos-SP

*Dedico este trabalho a minha mãe, Yuriko Kawahara  
Sonoda (in memoriam), que com sua dedicação à arte  
de ensinar e nos cuidados da família sempre me  
mostrou que há “um muito a fazer” e ao meu pai,  
Minoru Sonoda, que com suas pescarias me possibilitou  
um passado “pé no chão e sabiá”...*

*... E aos meus filhos, Marina e Rafael, e a minha  
companheira Na (todos filhos do mundo) por terem  
reacendido o fogo dos meus olhos.*

## AGRADECIMENTOS

O Agradecimento é a parte mais pessoal de uma tese ou de um trabalho acadêmico. Aqui posso me sentir mais a vontade, sem as formalidades e o peso nos ombros que um trabalho como este exige.

Gostaria de iniciar agradecendo a orientação da Profa. Dra. Odete Rocha, profissional exemplar e uma pessoa extremamente humana, sabendo me apoiar e incentivar quando eu mais precisei...

Nesse ponto, não posso de deixar de mencionar minhas primeiras orientadoras, a Profa. Mirna Januária Godinho (na minha graduação) e a Profa. Dra. Takako Matsumura-Tundisi (no meu mestrado) e ao Prof. Dr. José Galizia Tundisi, que estava sempre contribuindo quando sentávamos para conversar. Conhecimento a gente vai acumulando ao longo de nossa vida...

Aqui um pouco de formalidade, mas que sem esses apoios a pesquisa seria um pouco mais complicada:

- à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, campus de Jequié, pela liberação das minhas funções e pelo auxílio financeiro durante este período e ao departamento de Ciências de Ciências Biológicas e a Área de Ecologia que garantiram o meu afastamento;

- ao CNPq pelo financiamento do projeto: “TRANSIMPACT / O Impacto da Transposição de Rios na Biodiversidade, um Estudo de Caso: A Transposição do Rio Piumhi para o Rio São Francisco” (processo 471844/2004-7); e

- ao PPG Ecologia e Recursos Naturais/UFSCar pela chance de poder retomar o curso de Doutorado e concluí-lo.

Aos técnicos do laboratório do DEBE que participaram tanto das coletas quanto das análises laboratoriais do projeto: Airton, Alcídio e Zezinho.

Aos colegas de laboratório e que participaram na primeira parte do projeto: Roberta, Ana Lúcia, Patrícia e ao Toshi. As meninas que me ajudaram na identificação dos organismos e

na discussão dos resultados: Natalia, Renata e Lidiane. Aos colegas de convívio do laboratório deixo meu abraço... não vou fazer a lista porque sei que vou esquecer alguém.

Aos meus irmãos Luiz Carlos, Cláudio (Xinho) e Ciça por me apoiarem nessa minha carreira e por possibilitarem o convívio familiar com todos os seus prós e contras... inclusive as cunhadas, Mírian e Tati, e o cunhado, Danilo...

Aos coleguinhas de turma de meus filhos, Marina e Rafael, pois sem vocês não conheceria os seus pais e o círculo de amizade que se formou não seria possível.

E por fim..., mas que pra mim foram essenciais para o meu reinício... Na, Marina e Rafa... sem palavras!!!!

*...ô ô ô e á*

*O moleque acabou de chegar*

*ô ô ô e á*

*Nessa cama é que eu quero sonhar*

*ô ô ô e á*

*Amanhã bato a perna no mundo*

*ô ô ô e á*

*É que o mundo é que é meu lugar*

*(Com a perna no mundo – Gonzaguinha)*

## RESUMO

Este estudo teve como objetivo analisar as características físicas e químicas da Lagoa dos Tropeiros (Capitólio, MG), localizada na sub-bacia do rio Piumhi, rio transposto da bacia do Rio Grande para a Bacia do Rio São Francisco e analisar a composição taxonômica, abundância diversidade e estrutura em tamanho dos microcrustáceos planctônicos. As variáveis físicas e químicas foram medidas in situ por sonda multiparâmetros e foram realizadas coletas de água para análises físicas e químicas da água e coletas qualitativas e quantitativas do zooplâncton. As amostragens foram feitas nas regiões litorânea e pelágica da lagoa utilizando uma rede de plâncton de 69  $\mu\text{m}$  de abertura de malha, em março de 2007. Foram identificados 27 táxons de microcrustáceos, sendo 18 de Cladocera, 3 de Copepoda Calanoida e 6 de Copepoda Cyclopoida. A composição de espécies dos microcrustáceos da Lagoa dos Tropeiros é muito mais similar à composição de microcrustáceos da bacia do Rio Grande do que à da bacia do rio São Francisco. As espécies *Sarsilatona serricauda* Sars, 1901 e *Microcyclops alius* são novas ocorrências para o estado de Minas Gerais. As assembleias de microcrustáceos da região litorânea tiveram maior riqueza de espécies, maior diversidade alfa e espectro de tamanho mais amplo que as assembleias da região pelágica. A análise do espectro em tamanho normalizado dos microcrustáceos e análise da regressão linear indicaram que a Lagoa dos Tropeiros apresenta uma comunidade distante do estado estacionário. As curvas ABC e a estatística-W mostram resultados diferentes entre a região limnética, que foi caracterizada como um sistema não perturbado e a região litorânea, que apresentou características de um sistema perturbado. O parâmetro gama derivado das inclinações das curvas de rank-abundância evidencia uma assembleia característica de ambiente de baixo grau de trofia.

Palavras-chave: Transposição de rios, zooplâncton, biodiversidade, distúrbios, lagos rasos.

## ABSTRACT

The aim of this study was to analyse the physical and chemical characteristics of Tropeiros Lake (Capitólio, MG), located in Piumhi river sub-basin, a river diverted from the Rio Grande basin to the São Francisco River basin, and to analyze the taxonomic composition, abundance, diversity and the size structure of the planktonic microcrustaceans. Physical and chemical variables in the water were measured in situ by the multiparameter Horiba U10 probe and qualitative and quantitative zooplankton sampling was carried out in both, pelagic and littoral regions of this lake using the plankton net of 69  $\mu\text{m}$  mesh size, on March, 2007. Twenty seven taxa were identified, being 18 Cladocera, 3 Copepoda Calanoida and 6 Copepoda Cyclopoida. Microcrustaceans species composition in Lagoa dos Tropeiros was much more similar to the microcrustaceans composition of the water bodies from Rio Grande basin than to those from São Francisco basin. The species *Sarsilatona serricauda* Sars, 1901 and *Microcyclops alius* Kiefer, 1935 constitute new records for the state of Minas Gerais biota. The assemblages from the littoral region had higher richness of species, higher alpha diversity, and wider size spectra than the assemblages from the pelagic region. The analysis of the normalized size spectra and linear regression analysis indicated that Lagoa dos Tropeiros has a community away from the stationary state. The accumulated curves of numerical abundance and biomass (ABC curves) were different for the lake regions characterizing the pelagic region as a non-disturbed compartment and the littoral region as a disturbed system. The gamma parameter derived from rank-abundance diagram slopes characterized the microcrustacean assemblage of Lagoa dos Tropeiros as typical of a low trophic state environment.

Key words: River diversion, zooplankton, biodiversity, disturbance, wetlands

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - A região onde se localiza a Lagoa dos Tropeiros: A) Situação antes da transposição do rio Piumhi (1 – Ribeirão da Água Limpa); B) A situação do rio Piumhi após a construção do Dique do Capitólio e dos canais para a sua transposição (1 - canal de transposição; 2 - canal para reversão das águas remanescentes do baixo rio Piumhi; 3 - lago artificial formado pelo represamento do rio Piumhi; 4 - Dique do Capitólio; 5 - lago formado pela Barragem da Hidrelétrica de Furnas; e 6 - Barragem de Furnas). 4
- Figura 2 - Localização do Estado de Minas Gerais no Brasil e do município de Capitólio, onde se localiza a Lagoa dos Tropeiros, na região de refluxo do rio Piumhi, MG (extraído de França, 2010) 13
- Figura 3 – Aspecto da Lagoa dos Tropeiros e de sua zona litorânea, com densos bancos de macrófitas aquáticas (fotos extraídas de França, 2010). 14
- Figura 4 - A) Localização da Lagoa dos Tropeiros na planície de inundação do antigo leito do Rio Piumhi, MG (extraído de França, 2010); B) localização dos pontos de amostragem na Lagoa dos Tropeiros. 15
- Figura 5 – Boxplot dos valores na coluna d'água da concentração de oxigênio dissolvido (A), da temperatura (B), do pH (C) e da condutividade elétrica da água (D) na lagoa dos Tropeiros (MG) em março de 2007. 24
- Figura 6 – Representação gráfica dos resultados obtidos na análise de agrupamento dos pontos amostrados para as variáveis físicas e químicas da Lagoa dos Tropeiros em março de 2007 (A) e da distribuição espacial destes grupos na lagoa (B) 29
- Figura 7 – Representação gráfica da ordenação dos pontos amostrados resultante da análise de componentes principais realizada com as variáveis físicas e químicas da Lagoa dos Tropeiros em março de 2007 (A) e sua relação com os três grupos resultantes da análise de agrupamento 30

Figura 8– Curva de acumulação de espécies da Lagoa dos Tropeiros (A) e as curvas de acumulação de espécies observada (S) e aquelas previstas por diferentes estimadores (Chao, Jackknife1, Jackknife2 e Bootstrap) (B) para as assembleias de microcrustáceos planctônicos da Lagoa dos Tropeiros, município de Piumhi, MG, no período de março de 2007. 46

Figura 9 - Curvas comparativas de acumulação de espécies para as assembleias de microcrustáceos planctônicos (Cladocera e Copepoda) nas regiões pelágica (pel) e litorânea (lit) da Lagoa dos Tropeiros, Piumhi, MG, em março de 2007. 47

Figura 10 – Representação gráfica dos resultados da análise de agrupamento para os microcrustáceos (A) e da distribuição dos grupos resultantes desta análise (B) na Lagoa dos Tropeiros (MG) 53

Figura 11 – Boxplot representando a mediana (a chanfradura representa o intervalo de confiança da mediana) e quartis do comprimento total do corpo (A) e da massa corporal (B) dos Cladocera e Copepoda em amostras de zooplâncton da Lagoa dos Tropeiros, Piumhi, MG, em março de 2007. 57

Figura 12 – Boxplot do comprimento total do corpo das espécies de Cladocera e Copepoda nas regiões litorânea (A) e pelágica (B) da Lagoa dos Tropeiros. Legenda: *Alona ossiani*: A.oss.; *Alona verucosa*: A.ver.; *Bosminopsis deitersi*: B.dei.; *Ceriodaphnia cornuta*: C.cor.; *Chydorus*: C.dent.; *Diaphanosoma*: Diaph.; *Euryalona orientalis*: E.orien.; *Graptoleberis*: Grapto.; *Ilyocryptus*: Ilyo.; *Macrothrix spinosa*: Macrot.; *Moina minuta*: Moina; *Simocephalus serrulatus*: Simo.; Calanoida Nauplii: Cal.nau; Calanoida Copepodito: Cal.cop; Calanoida macho: Cal.m; Cyclopoida Nauplii: Cyc.nau; Cyclopoida Copepodito: Cyc.cop; *Microcyclops anceps* fêmea: Cyc.a.f; *Microcyclops anceps* macho: Cyc.a.m; *Microcyclops alius* cf. fêmea: Cyc.ali; *Mesocyclops longisetus* fêmea: Cyc.m.f; *Mesocyclops longisetus* macho: Cyc.m.f; *Thermocyclops minutus* macho: Cyc.mi.m; *Thermocyclops minutus* fêmea: Cyc.mi.f 58

Figura 13 – Representação gráfica da variação dos valores de ensidade dos organismos em abundância ( $\text{org.m}^{-3}$ ) por classe de tamanho ( $\mu\text{m}$ ) (A – região litorânea e B – região

pelágica) e em biomassa ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) por classe de massa corporal ( $\mu\text{g}$ ) para a região litorânea (D) e região pelágica (E) da Lagoa dos Tropeiros (MG). 62

Figura 14 – Representação gráfica da variação dos números de morfo-espécies de microcrustáceos por classe de massa corporal para a região litorânea (A) e região pelágica (B) da Lagoa dos Tropeiros (MG) 63

Figura 15– Espectro de tamanho dos microcrustáceos da Lagoa dos Tropeiros representados segundo Sprules et al (1983) para a região litorânea (A) e para a região pelágica (B) e seus respectivos espectros normalizados (C e D) como proposto por Sprules & Munawar(1986). 68

Figura 16 – Curvas ABC da região litorânea (A) e da região pelágica (B) da Lagoa dos Tropeiros (março de 2007), com seus respectivos valores de W. 71

Figura 17 – Diagrama de rank-abundância comparando os diferentes pontos amostrados na Lagoa dos Tropeiros conforme proposto por (A) Whittaker (1965) e por (B) Frontier (1987). 74

Figura 18 - Diagrama de rank-abundância para cada ponto da Lagoa dos Tropeiros indicando as espécies que predominaram em março de 2007. 75

Figura 19 - Relação entre a inclinação (slope) e o índice de diversidade H (A) e entre a inclinação e a uniformidade J (B) para as assembleias de microcrustáceos nos diferentes pontos amostrados na lagoa dos Tropeiros em março de 2007. 81

Figura 20 – Relação entre o parâmetro  $1/\gamma$  e uniformidade (J) para as assembleias de microcrustáceos nos diferentes pontos amostrados na lagoa dos Tropeiros em março de 2007. 83

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Transposições de águas atualmente em funcionamento no Brasil (Magalhães, 2005).	2
Tabela 2 – Valores obtidos da profundidade dos pontos de coleta, transparência da água, pH, condutividade elétrica da água, concentração de oxigênio dissolvido, porcentagem de saturação do OD e temperatura da água na Lagoa dos Tropeiros em março de 2007.	23
Tabela 3 – Valores da concentração dos compostos de nitrogênio e de fósforo (total e dissolvidos) e de silicato por pontos amostrados na Lagoa dos Tropeiros (MG), em março de 2007.	26
Tabela 4 - Valores médios das variáveis limnológicas registradas em sistemas lênticos e sistemas lóticos regionais (Prof. – profundidade; Cond. – condutividade elétrica; Temp. – temperatura da água; N – Nitrogênio; P – Fósforo).	34
Tabela 5– Índice de Estado Trófico médio (IET) dos 11 pontos amostrados na Lagoa dos Tropeiros em março de 2007.	35
Tabela 6 - Composição taxonômica e frequência de ocorrência das espécies de microcrustáceos zooplancctônicos na Lagoa dos Tropeiros em março de 2007.	37
Tabela 7 - Comparação entre a composição taxonômica das assembleias de Cladocera na Lagoa dos Tropeiros (presente estudo) e nas bacias do Rio São Francisco e do Rio Grande (Fonte de dados: Santos-Wisniewski et al., 2011).	39
Tabela 8 – Índice de dissimilaridade de Jaccard comparando a Lagoa dos Tropeiros e as bacias do Rio Grande e do Rio São Francisco.	42
Tabela 9 - Valores de riqueza (S), índice de diversidade (H) e uniformidade (J) das assembleias de microcrustáceos (Cladocera e Copepoda) na Lagoa dos Tropeiros, Piumhi, MG.	44

Tabela 10 – Valores estimados da riqueza de espécies de microcrustáceos planctônicos da Lagoa dos Tropeiros, município de Piumhi, MG.	45
Tabela 11 - Valores de densidade (ind. m <sup>-3</sup> ) das assembleias de microcrustáceos planctônicos em diferentes pontos da Lagoa dos Tropeiros em março de 2007.	49
Tabela 12 - Densidade média dos principais grupos taxonômicos de microcrustáceos em diferentes pontos da Lagoa dos Tropeiros, município de Piumhi, MG, em março de 2007	51
Tabela 13- Densidade média dos principais grupos taxonômicos de microcrustáceos em diferentes pontos da Lagoa dos Tropeiros, município de Piumhi, MG, em março de 2007	51
Tabela 14 – Presença (+) e ausência (-) das espécies de Cladocera e Copepoda nos compartimentos pelágico e litorâneo da Lagoa dos Tropeiros, município de Piumhi, MG, amostrados nos períodos de março de 2007.	56
Tabela 15 – Densidade e composição dos organismos por classe de tamanho, na região pelágica da Lagoa dos Tropeiros, município de Piumhi, MG.	59
Tabela 16 – Classes de tamanho com base na massa corporal das morfoespécies e suas respectivas densidades e representantes encontrados na região litorânea e pelágica da Lagoa dos Tropeiros (MG).	61
Tabela 17- Concentração de clorofila nos 11 pontos amostrado na Lagoa dos Tropeiros em março de 2007.	65
Tabela 18 – Coeficientes de determinação (R <sup>2</sup> ), inclinação (b) e intercepto (a) dos espectros normalizados da Lagoa dos Tropeiros (MG) comparados com outros estudos.	69
Tabela 19- Valores do intercepto, da inclinação e do coeficiente de determinação (R <sup>2</sup> ) das curvas de rank-abundância das populações de microcrustáceos calculados para cada ponto da Lagoa dos Tropeiros.	80

Tabela 20 – Valores de  $R^2$  obtidos da comparação entre o intercepto e os índices de H, J e S e entre a inclinação e os índices de H, J e S. 80

## Sumário

1. INTRODUÇÃO .....	1
<b>1.1. Histórico da transposição do Rio Piumhi.....</b>	<b>3</b>
<b>1.2. Planícies de inundação e lagoas marginais.....</b>	<b>4</b>
<b>1.3. Comunidade zooplanctônica e distribuição espacial.....</b>	<b>6</b>
<b>1.4. Estrutura em tamanho de comunidades.....</b>	<b>7</b>
2. OBJETIVOS E HIPÓTESES.....	11
3. MATERIAIS E MÉTODOS .....	12
<b>3.1. Área de Estudo .....</b>	<b>12</b>
<b>3.2. Amostragem.....</b>	<b>14</b>
<b>3.3. Análises da composição, da densidade, da diversidade e uniformidade dos microcrustáceos.....</b>	<b>17</b>
<b>3.4. Análise da estrutura em tamanho, do espectro de tamanho da comunidade planctônica e da curva de comparação entre abundância e biomassa.....</b>	<b>19</b>
<b>3.5. Diagramas de rank-abundância .....</b>	<b>21</b>
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	22
<b>4.1. Características Físicas e Químicas da Lagoa dos Tropeiros .....</b>	<b>22</b>
<b>4.2. Composição dos microcrustáceos (Cladocera e Copepoda) da Lagoa dos Tropeiros .....</b>	<b>36</b>

<b>4.3. Diversidade, Riqueza e Uniformidade de Espécies das Assembleias de Microcrustáceos .....</b>	<b>44</b>
<b>4.4. Variação espacial da densidade das populações de microcrustáceos planctônicos na Lagoa dos Tropeiros.....</b>	<b>48</b>
<b>4.5. Estrutura em tamanho das assembleias de microcrustáceos planctônicos..</b>	<b>55</b>
<b>4.6. Espectro de tamanho e a curva de comparação da abundância e da biomassa (curva ABC) dos microcrustáceos da Lagoa dos Tropeiros (MG).....</b>	<b>66</b>
<b>4.7. Diagramas de rank-abundância .....</b>	<b>72</b>
<b>5. CONCLUSÕES.....</b>	<b>85</b>
<b>6. BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>87</b>

## 1. INTRODUÇÃO

As bacias hidrográficas desempenham um papel crítico no funcionamento natural da Biofera e ecologicamente constituem um elo entre os ecossistemas terrestres e o mar. As modificações físicas constituem um conjunto de impactos sobre as bacias hidrográficas naturais entre os quais se destacam os barramentos e as transposições do fluxo da água (Revenga et al., 1998).

A humanidade tem alterado os sistemas aquáticos por meio de barramentos e transposições de águas entre bacias hidrográficas para satisfazer as suas necessidades de água, energia e transporte e em consequência destas atividades mais da metade dos grandes bacias hidrográficas do mundo (172 de 292) estão alteradas (Nilsson et al., 2005). Segundo estes autores, essas modificações provocam vários tipo de impactos ambientais entre eles: a inundação destrói ecossistemas terrestres e elimina o regime de águas turbulentas, desfavorecendo a biota de ambientes lóticos além de que esta pode causar anoxia, emissão de gases de efeito estufa, sedimentação, e um aumento da liberação de nutrientes em novos reservatórios; reassentamentos associado às inundações podem resultar em efeitos adversos à saúde humana e mudanças substanciais nos padrões de uso da terra; as manipulações de fluxo pode impedir o desenvolvimento de canais, drenagem das zonas húmidas de várzea, reduzir a produtividade de várzea, diminuir o dinamismo de deltas, e pode causar uma ampla modificação das comunidades aquáticas; barragens impedem a dispersão e migração de organismos, e os efeitos desses e de outros foram diretamente ligada à perda de populações e espécies inteiras de água doce.

Recentemente, no Brasil, houve intensa discussão sobre a transposição das águas do Rio São Francisco para a região semi-árida do nordeste brasileiro. Apesar do tema ainda ser bastante discutido, a transferência de águas de uma região para outra é um processo que a humanidade realiza desde os primeiros agrupamentos urbanos (pode-se citar, como exemplo, os canais subterrâneos da Mesopotâmia e os aquedutos romanos da Antiguidade) devido à necessidade de assegurar um suprimento de água para o abastecimento público ou para garantir uma produção agrícola (Magalhães, 2005).

No Brasil, a maioria dos projetos desta categoria está associada ao complemento do abastecimento público em regiões metropolitanas (RM) com escassez de água, como Rio de Janeiro, São Paulo, Salvador e Recife, sendo que as principais transposições de águas do Brasil ocorrem nas regiões metropolitanas das cidades citadas (Tabela 1) (Magalhães, op cit.). Apesar destes casos, o que ficou evidente com a discussão sobre a transposição do Rio São Francisco é que o conhecimento sobre o impacto ambiental deste tipo de obra no Brasil é pequeno.

Tabela 1 – Transposições de águas atualmente em funcionamento no Brasil (Magalhães, 2005).

<b>Bacias</b>				
<b>Estados</b>	<b>Doadora</b>	<b>Receptora</b>	<b>Vazão (m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>)</b>	<b>Finalidade</b>
<b>RJ</b>	Paraíba do Sul	RM do Rio de Janeiro-Guandu	180	Hidrenergia, abastecimento industrial e da RM do Rio de Janeiro
<b>SP</b>	Piracicaba	RM de São Paulo	33	Abastecimento da RM de São Paulo

No sudeste brasileiro, a transposição de águas entre bacias hidrográficas distintas, de um rio da Bacia do Alto Paraná para a Bacia do Alto Rio São Francisco, ocorrida na década de 60 devido à construção da Barragem de Furnas no Rio Grande, oferece uma oportunidade ímpar para um estudo sobre o impacto da transposição de rios sobre os diferentes sistemas aquáticos e a biodiversidade da região, sendo este o objetivo principal do projeto “TRANSIMPACT / O Impacto da Transposição de Rios na Biodiversidade, um Estudo de Caso: A Transposição do Rio Piumhi para o Rio São Francisco” (Rocha, 2004).

### **1.1. Histórico da transposição do Rio Piumhi**

O Rio Piumhi sofreu um processo de transposição em 1963, em decorrência da construção da Hidroelétrica de Furnas, no Rio Grande. Durante a construção desta represa, verificou-se que a cidade de Capitólio (MG) poderia ser inundada nos períodos de cheia. Antigo tributário da margem direita do Rio Grande, o Rio Piumhi teve seu curso alterado no seu trecho médio por meio de um canal artificial de 18 km construído em direção ao córrego da Água Limpa (um tributário da margem esquerda do Ribeirão Sujo e que deságua na margem direita do Rio São Francisco) e pela construção de um dique no seu trecho inferior, com a finalidade de impedir que as águas da represa do Rio Grande inundassem Capitólio.

Entre a região do canal e do dique construído, o rio Piumhi apresentava uma planície de inundação, conhecida como Pantanal do Piumhi, que foi em grande parte dragado, e o leito do rio foi retificado e teve seu fluxo alterado, restando algumas

lagoas marginais (sendo a dos Tropeiros, objeto deste estudo, uma delas). A Figura 1 apresenta a situação do rio Piumhi antes e depois dessa transposição (Moreira Filho & Buckup, 2005).

Com a alteração do fluxo do Rio Piumhi, essa região não sofre mais os pulsos de inundações desse rio, o que alterou a dinâmica dessas lagoas marginais.

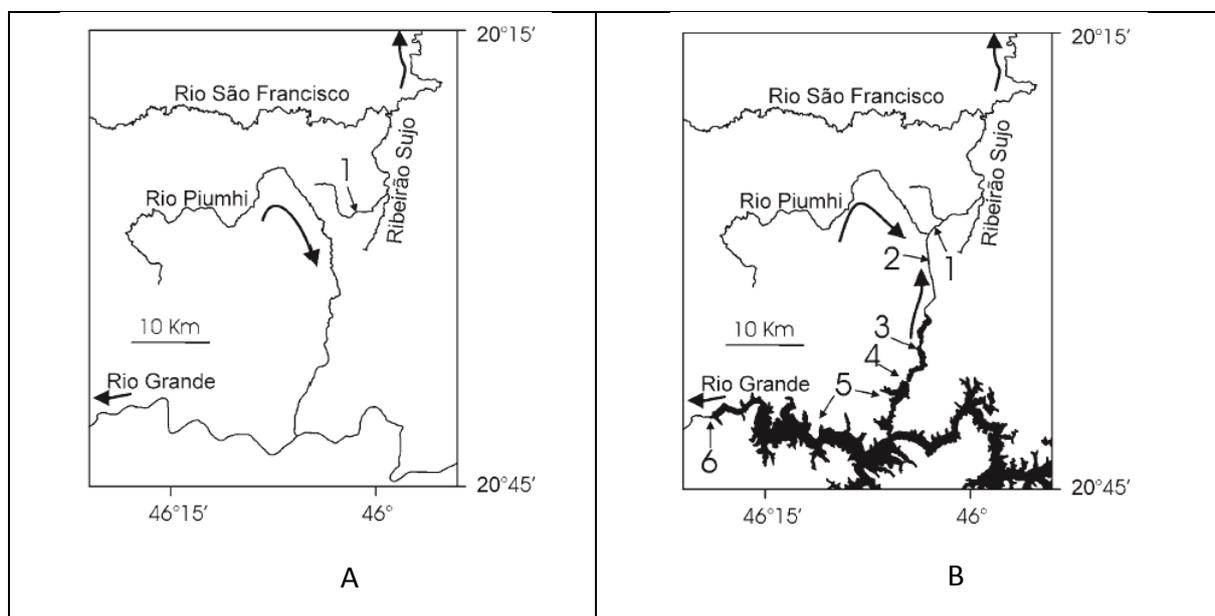


Figura 1 - A região onde se localiza a Lagoa dos Tropeiros: A) Situação antes da transposição do rio Piumhi (1 – Ribeirão da Água Limpa); B) A situação do rio Piumhi após a construção do Dique do Capitólio e dos canais para a sua transposição (1 - canal de transposição; 2 - canal para reversão das águas remanescentes do baixo rio Piumhi; 3 - lago artificial formado pelo represamento do rio Piumhi; 4 - Dique do Capitólio; 5 - lago formado pela Barragem da Hidrelétrica de Furnas; e 6 - Barragem de Furnas).

## 1.2. Planícies de inundação e lagoas marginais

Planícies de inundação e seu lagos e lagoas marginais como a do antigo leito do rio Piumhi ocupam grandes áreas no Brasil, sendo as mais conhecidas as planícies

amazônicas e do Pantanal matogrossense. Este tipo de ambiente desperta um grande interesse para a Limnologia e vários estudos são desenvolvidos nas diferentes planícies de inundação do Brasil: planície amazônica (Junk, 1984), do alto Rio Paraná no estado do Paraná (Vazzoler et al., 1997) e do Rio Mogi-Guaçu em São Paulo (Camargo & Esteves, 1995; Taniguchi et al., 2004). Recentemente, Carvalho et al. (2001) realizaram um estudo comparativo entre planícies de inundação da América do Sul.

A dinâmica natural da várzea dos rios depende do regime da vazão e dos sedimentos. Durante a inundação sazonal, o pulso de inundação que atravessa a planície, aumenta a produtividade e conectividade. A amplitude espaço-temporal da conectividade entre os diferentes biótopos, atuando em conjunto com os níveis variáveis de perturbação natural, determinam os padrões de sucessão e heterogeneidade de habitats, que são responsáveis pela manutenção da integridade ecológica dos sistemas de várzea do rio (Ward & Stanford, 1995).

As lagoas marginais desempenham importantes papéis ecológicos nestes sistemas, atuando no balanço da água e ciclos biogeoquímicos, contribuindo para a diversidade local e regional, atuando como berçário e refúgio para peixes e para outras espécies aquáticas (; Sippel et al., 1992; Agostinho & Zalewski, 1995; Thomaz et al., 2007)

Um dos processos mais importantes no funcionamento das lagoas nas planícies de inundação é a conectividade destes ao sistema fluvial, o qual promove anualmente trocas de materiais e organismos por meio dos pulsos de inundação. Devido a interferência humana, principalmente através do barramento e da diversificação de

rios, vários destas áreas alagadas têm sofrido alterações em seus pulsos de inundação (Ward & Stanford, 1995).

### **1.3. Comunidade zooplanctônica e distribuição espacial**

A comunidade zooplanctônica desempenha um importante papel nos ecossistemas aquáticos, pois esta ocupa uma posição central na teia alimentar destes ambientes e é controlada tanto pelo efeito da base da cadeia alimentar para o topo (“bottom-up”) quanto do topo para a base (“top-down”) (Lampert, 1997). Devido a esta posição, o zooplâncton é considerado um sistema ideal para o estudo dos efeitos do uso da terra sobre a estrutura das comunidades aquáticas e vários estudos demonstram a sua relação com o estado trófico de sistemas aquáticos.

No Brasil, os estudos da composição e estrutura das comunidades zooplanctônicas concentram-se principalmente a região pelágica dos lagos e reservatórios, sendo que Rocha e colaboradores em 1995 alertavam que mais estudos comparativos entre a região limnética e litorânea dos ambientes aquáticos brasileiros deveriam ser feitos para se conhecer melhor a diversidade e abundância do zooplâncton (Rocha et al., 1995). Embora alguns trabalhos recentes abordem a comparação entre a região pelágica e a litorânea, estes se concentram principalmente na riqueza de espécies e densidade das populações zooplanctônicas (Castilho-Noll et al., 2010; Maia-Barbosa et al., 2008).

#### 1.4. Estrutura em tamanho de comunidades

A comunidade zooplanctônica é também objeto de estudos sobre importantes interações bióticas, como a competição e a predação. Um dos trabalhos que mais influenciou a pesquisa em ecologia aquática no final da década de 60 e no início da década de 70 foi o elaborado por Brooks & Dodson em 1965 (Hall et al., 1976). Brooks & Dodson (1965) formularam a hipótese da eficiência do tamanho (em inglês, size-efficiency hypothesis - SEH) na qual propõem uma explicação para a relação inversa entre a abundância de pequenos e grandes organismos zooplanctônicos. A hipótese da eficiência do tamanho foi assim descrita pelos autores:

“1) Todos os herbívoros planctônicos competem pela matéria fina particulada (de 1 a 15  $\mu\text{m}$ ) das águas abertas;

2) Organismos zooplanctônicos maiores são mais eficientes e podem também capturar partículas maiores;

3) Quando a predação é de baixa intensidade os herbívoros planctônicos pequenos podem, portanto, ser eliminados pelas formas grandes (domínio de grandes Cladocera e copépodes calanoides) por meio da competição;

4) Mas quando a predação é intensa, a predação dependente do tamanho pode contudo eliminar as formas grandes, permitindo que organismos zooplanctônicos pequenos (Rotifera, Cladocera pequenos), que escapam dessa predação se tornem dominantes.

5) Quando a predação é de intensidade moderada, esta pode manter a população desses herbívoros mais eficientes suficientemente baixa a ponto dos competidores menores não serem eliminados” (Brooks & Dodson, 1965).

Essas mudanças na estrutura da comunidade podem refletir em outros processos do ecossistema aquático, não só nas classes de tamanho. O tamanho do corpo é um dos mais importantes atributos de um organismo do ponto de vista ecológico e evolutivo, pois esta característica tem influência predominante sobre os requisitos energéticos de um animal, o seu potencial para a exploração de um recurso e sua suscetibilidade frente a inimigos naturais (Werner & Gilliam, 1984). Peters (1983) ressalta que vários processos fisiológicos estão relacionados com o tamanho do corpo como, por exemplo, a excreção, ingestão, crescimento e reprodução e que esses processos ganham um novo significado quando multiplicados pelo número de indivíduos na população ou na comunidade. Assim, a excreção torna-se regeneração de nutrientes, a ingestão pode representar a mortalidade de presas e o crescimento e reprodução passam a ser produção. Como essas taxas estão relacionadas com o tamanho do corpo, a estrutura em tamanho da comunidade é uma das características fundamentais de um ecossistema. Além desta abordagem fisiológica, Dickie et al. (1987) destacam a importância do tamanho do corpo em outros processos que regulam os ecossistemas, como a distribuição de predadores e suas presas.

A agregação das populações em assembleias de diferentes espécies de tamanho do corpo similar é uma forma de análise de comunidade e vários estudos

foram desenvolvidos tanto em ambientes aquáticos marinhos (Sheldon et al., 1972) como de água doce (Gaedke, 1992; Gaedke, 1993; Sprules & Munawar, 1986).

### **1.5. Diagrama de rank-abundância (“rank-abundance diagram” - RAD)**

A diversidade biológica de uma comunidade apresenta dois principais componentes: a riqueza de espécies e a distribuição da abundância dos indivíduos entre as espécies. Existem diferentes formas de visualizar a distribuição da abundância entre as espécies e a mais conhecida e mais informativa é a curva de rank/abundância ou dominância/diversidade (Magurran, 2004). Nesta curva, as espécies são organizadas em sequência, desde a mais abundante para a menos abundante, no eixo x e suas respectivas abundâncias são mostradas em uma escala logarítmica no eixo y. Para facilitar a comparação entre diferentes séries de dados ou comunidades, utiliza-se a abundância relativa ou em porcentagem. Whittaker (1965) em seu trabalho clássico sobre dominância e diversidade de plantas terrestres apresentou este tipo de curva e Krebs (1999) nomeia este tipo de gráfico de “Whittaker’s plot” e recomenda que este tipo de curva ou diagrama seja o primeiro passo explanatório quando se tem dados de abundância de espécies.

Apesar disso, Magurran (2007) comenta que o estudo sobre a distribuição da abundância entre as espécies de uma comunidade e, principalmente as idéias de Preston (1948) foi relativamente negligenciado, mas que um aumento na apreciação de aspectos da dinâmica de comunidades biológicas combinadas com a necessidade de

políticas efetivas de conservação reacendeu o interesse no assunto, sendo que a aplicação deste tipo de estudo e sua importância foi objeto de vários trabalhos nesta década (Wilson et al., 1998; Hubbell, 2001; Volkov et al., 2003; Dornelas et al., 2009; Gray et al., 2006). Este tipo de análise também tem sido utilizado em limnologia e aplicada para testar o modelo neutro de Hubbell (2001) em comunidades de lagos (Walker & Cyr, 2007), em diferentes compartimentos bióticos (Aoki, 1995), para verificar o efeito da eutrofização sobre o fitoplâncton (Juhos & Vörös, 1998) e da sucessão sazonal desta comunidade (Aleya & Devaux, 1992) e na análise da sazonalidade da comunidade zooplanctônica em estuários (Hwang et al., 2009) e no impacto de barramentos de rio em rotíferos (Bonecker et al. (2009).

## 2. OBJETIVOS E HIPÓTESES

Dentro das perspectivas apresentadas, o objetivo geral deste trabalho foi caracterizar limnologicamente a Lagoa dos Tropeiros um corpo d'água situado junto ao antigo leito do Rio Piumhi, oriundo da fragmentação deste rio e que teve sua dinâmica de pulso alterada pela sua transposição para a bacia do rio São Francisco, bem como analisar a estrutura e a diversidade das assembleias de microcrustáceos da comunidade zooplanctônica.

### Hipóteses

- 1- Não há similaridade na composição de espécies entre as assembleias de microcrustáceos da região limnética e da região litorânea na Lagoa dos Tropeiros;
- 2- A diversidade alfa das assembleias de microcrustáceos na região litorânea da Lagoa dos Tropeiros é muito mais elevada que a diversidade na região limnética.
- 3- A região litorânea de uma lagoa com bancos de macrófitas apresenta uma estrutura em tamanho com amplitude maior que a região pelágica do lago.
- 4- As características densidade e biomassa das assembleias de microcrustáceos na região litorânea são indicadoras de maior perturbação neste compartimento do que no compartimento pelágico.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1. Área de Estudo

A Lagoa dos Tropeiros (20°33'57,34" S e 46°03'17,77" W) faz parte do conjunto de lagos e pântanos formados na região do antigo leito do rio Piumhi e está localizada no município de Capitólio, MG (Figura 2). Apresenta profundidade máxima de cerca de 3 metros, área de 3,8 km<sup>2</sup> e perímetro de 2,6 km, de acordo com estimativas feitas por Castelo Branco (2008) e Tavares (2007). É um ambiente sem vegetação florestal na área de entorno e localiza-se dentro de uma propriedade particular, cuja principal atividade é a pecuária extensiva.

Na Lagoa dos Tropeiros, a região litorânea apresenta extensos bancos de macrófitas aquáticas (Figura 3) e Tavares (2007), em um estudo comparativo entre lagoas tropicais do sudeste brasileiro, encontrou uma maior diversidade de macrófitas nesta lagoa e a elevada biomassa, a qual variou de 26,32 g. m<sup>-2</sup> a 97,10 g. m<sup>-2</sup> no período estudado.

Esta lagoa, bem como outros corpos de água próximos, vem sendo objeto de vários estudos por estar localizada na região da transposição do Rio Piumhi (antigo tributário do Rio Grande e que foi transposto para o Rio São Francisco) ocorrida em 1963 em decorrência da construção da Hidroelétrica de Furnas, no Rio Grande (; Tavares, 2007; Kantek et al., 2009; França, 2010, Stefani, 2010; Suriani Affonso, 2010). Mais detalhes desta transposição podem ser encontrados em Moreira Filho & Backup (2005).

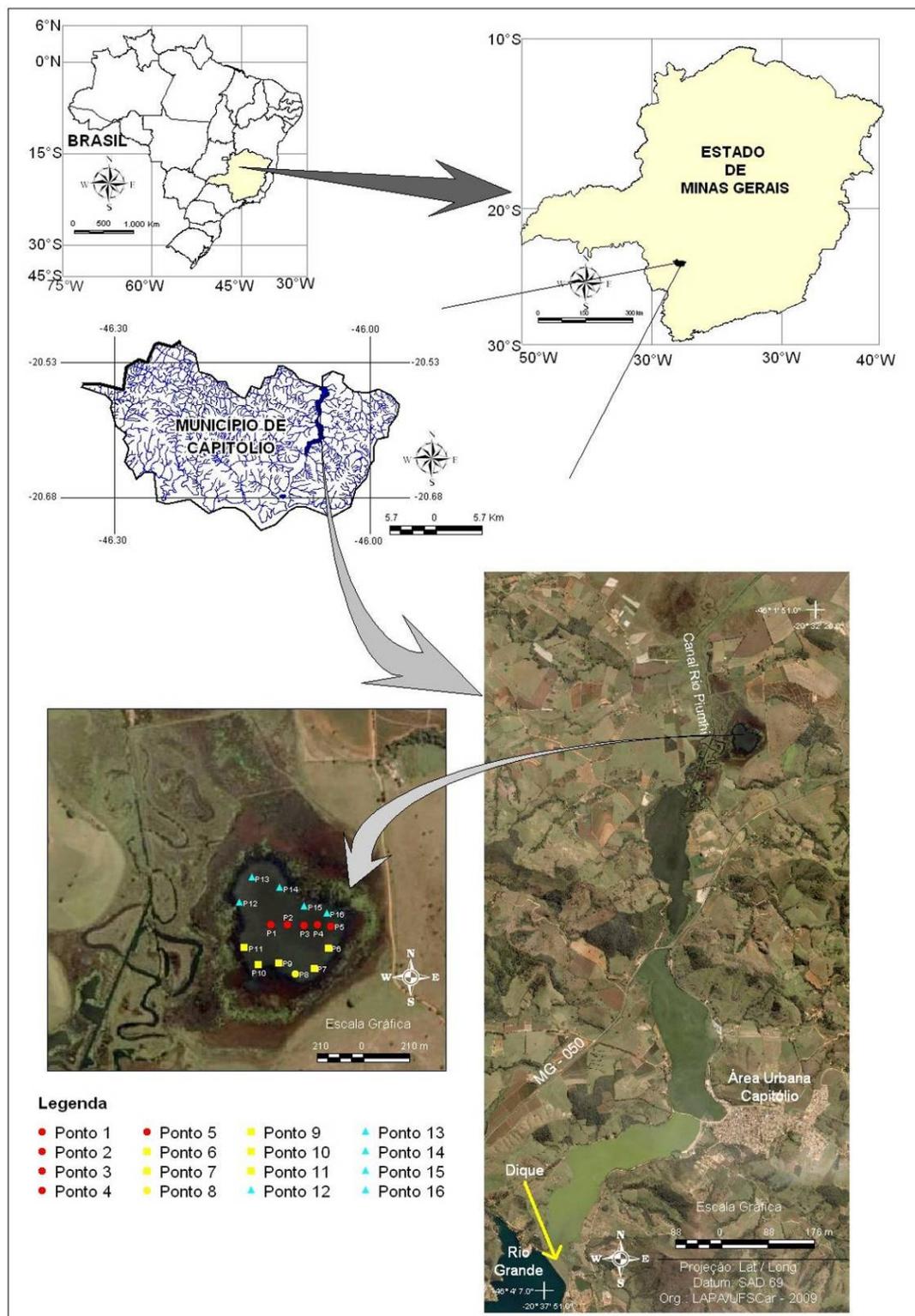


Figura 2 - Localização do Estado de Minas Gerais no Brasil e do município de Capitólio, onde se localiza a Lagoa dos Tropeiros, na região de refluxo do rio Piumhi, MG (extraído de França, 2010)



Figura 3 – Aspecto da Lagoa dos Tropeiros e de sua zona litorânea, com densos bancos de macrófitas aquáticas (fotos extraídas de França, 2010).

### 3.2. Amostragem

Para a avaliação das características físicas e químicas da lagoa e da comunidade zooplanctônica foi realizada uma ampla amostragem espacial em 12 de março de 2007. A amostragem da lagoa ocorreu em 16 pontos de coletas, distribuídos espacialmente como mostrado na Figura 4, sendo os pontos 1, 2 e 3 localizados na região central da lagoa.

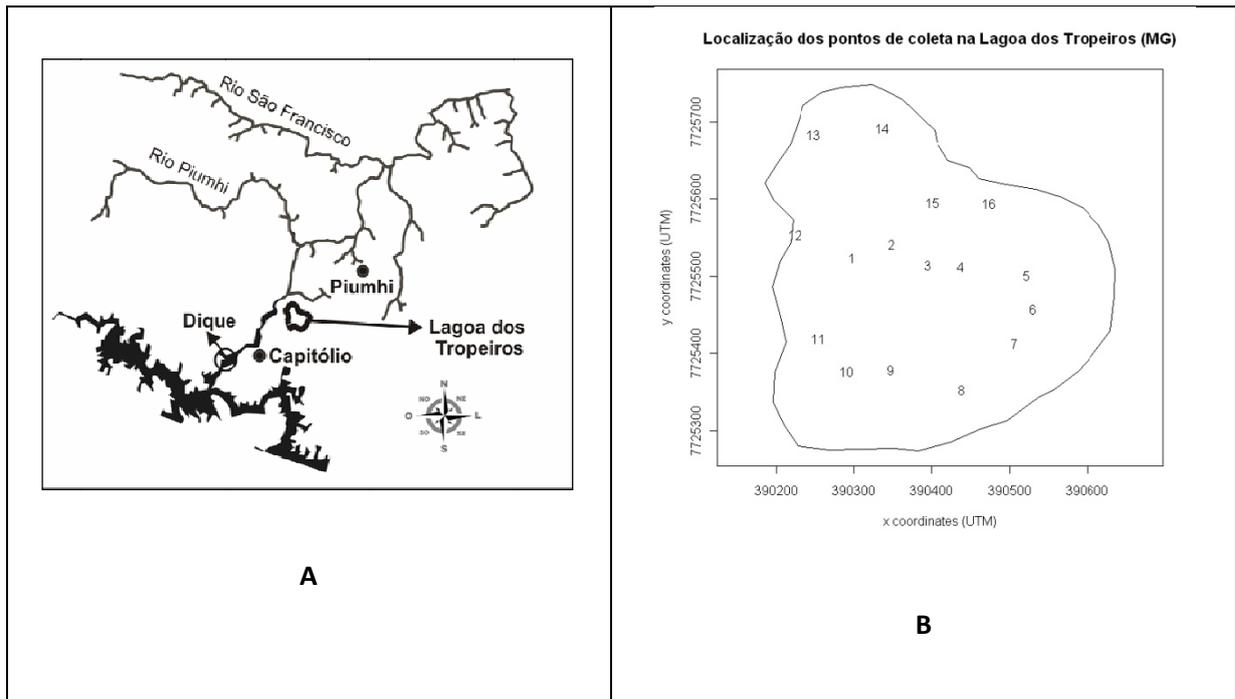


Figura 4 - A) Localização da Lagoa dos Tropeiros na planície de inundação do antigo leito do Rio Piumhi, MG (extraído de França, 2010); B) localização dos pontos de amostragem na Lagoa dos Tropeiros.

As medidas de pH, condutividade elétrica, concentração de oxigênio dissolvido e temperatura da água foram realizadas “in situ”, na coluna da água da superfície para o fundo a cada 0,5 metro, por meio de um multisensor da marca HORIBA, modelo U-10. As amostras de água para as análises dos compostos de fósforo e de nitrogênio (totais e dissolvidos) foram coletadas utilizando-se uma garrafa vertical do tipo van Dorn de cinco litros e foram determinadas posteriormente por meio de métodos espectrofotométricos, segundo os procedimentos descritos por Golterman et al. (1978) e Mackereth et al. (1978).

Utilizou-se o modelo de (Toledo Jr. et al. 1983) para a determinação do Índice de Estado Trófico (IET) nos diferentes pontos amostrados na Lagoa dos Tropeiros. Este modelo baseia-se na ponderação dos seguintes IET:

$$IET (S) = 10 \times \{6 - [(0,64 + \ln S)/\ln 2]\}$$

$$IET (P) = 10 \times \{6 - [\ln(80,32/P)/\ln 2]\}$$

$$IET (PO_4) = 10 \times \{6 - [\ln(21,67/PO_4)/\ln 2]\}$$

$$IET (CL) = 10 \times \{6 - [(2,04 + \ln S)/\ln 2]\}$$

Onde:

S = transparência da água medida pelo disco de Secchi (m)

P = concentração de fósforo total ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )

PO<sub>4</sub> = concentração de fosfato dissolvido inorgânico ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )

CL = concentração de clorofila ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ).

Para o cálculo do IET médio, utiliza-se seguinte fórmula:

$$IET \text{ médio} = \frac{\{IET (S) + [2 \times (IET (P) + IET (PO_4) + IET (CL))]\}}{7}$$

Os valores para a classificação do estado trófico são:

- Oligotrófico:  $IET \leq 44$ ;
- Mesotrófico:  $44 < IET < 54$ ;
- Eutrófico:  $\geq 54$

Para a análise da estrutura da comunidade zooplanctônica da Lagoa dos Tropeiros foi realizada uma amostragem espacial em março de 2007 sendo

amostrados 11 pontos de coletas, distribuídos espacialmente como ilustrado Figura 4B, sendo os pontos 1, 2 e 3 localizados na região central da lagoa.

Para a análise qualitativa dos microcrustáceos das ordens Cladocera e Copepoda foram feitos arrastos horizontais e verticais na água com o auxílio de uma rede cônica de abertura de malha de 69 µm e para a amostragem quantitativa foram filtrados 100 litros de água coletadas com o auxílio de um balde. As amostras foram fixadas com solução de formol em concentração final de 4%.

Os organismos foram analisados e contados com o auxílio de um microscópio estereoscópico da Marca Zeiss Stemi 2000-C e em um microscópio Zeiss Axioskop 2 Plus. A identificação dos organismos foi realizada com o auxílio de literatura especializada (Edmondson, 1959; Smirnov, 1974; Smirnov & Timms, 1983; Reid, 1985; Elmoor-Loureiro, 1997; Silva, 2003; Silva & Matsumura-Tundisi, 2005).

### **3.3. Análises da composição, da densidade, da diversidade e uniformidade dos microcrustáceos**

As densidades numérica e relativa para cada ponto amostrado foram calculadas e a partir destes dados foram calculados os seguintes índices:

- Índice de Diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ):

$$H' = - \sum \left( \frac{n_i}{N} \right) \times \ln \left( \frac{n_i}{N} \right)$$

- Índice de Uniformidade de Pielou ( $J'$ ):

$$J' = \frac{H'}{H_{m\acute{a}x}}$$

onde:  $H'$  = índice de diversidade de Shannon;  $H_{m\acute{a}x} = \ln S$ ; e  $S$  = número total de espécies.

Estimativas da riqueza de espécies foram feitas utilizando a curva de acumulação de espécies onde número acumulativo de espécies registradas ( $S$ ) é uma função do esforço amostral (Colwell & Coddington, 1994). Como a ordem na qual as amostras são incluídas em uma curva deste tipo influencia na sua forma, as amostras são adicionadas de forma aleatória. Este processo é repetido várias vezes e o valor médio da riqueza de espécies e seu desvio padrão podem ser calculados (Magurran, 2004). Para a construção deste tipo de curva foi utilizado o pacote computacional **vegan** e o **BiodiversityR** e o número de repetições aleatórias utilizado foi 100 (o mesmo utilizado por (Colwell & Coddington 1994).

Visando à ordenação das estações de amostragem, as variáveis abióticas analisadas foram log-transformadas e foram aplicadas a análise de agrupamento (UPGMA - "Unweighted Pair-Group Method") e a Análise de Componentes Principais.

### **3.4. Análise da estrutura em tamanho, do espectro de tamanho da comunidade planctônica e da curva de comparação entre abundância e biomassa**

Para a análise da estrutura em tamanho dos organismos, estes foram triados durante a contagem e foram examinados em um microscópio Zeiss Axioskop 2 Plus com uma câmera fotográfica AxioCam HRC acoplada. Para a obtenção das medidas dos organismos, foram feitas imagens digitais dos mesmos, sendo que estas foram utilizadas para a realização das medidas dos organismos com o auxílio do software Axiovision 3.06.38 SP4.

Para o cálculo da massa corporal (expressa em  $\mu\text{g}$ ) de cada espécie e estágio de desenvolvimento foram utilizados os modelos matemáticos para Cladocera e Copepoda propostos por Bottrell et al. (1976) e a biomassa populacional ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) foi obtida multiplicando-se os valores de massa corporal pela densidade de cada espécie nos diferentes estágios de desenvolvimento.

A elaboração do espectro de tamanho foi baseada conforme proposto por Sprules et al. (1983) no qual os organismos são agrupados por tamanho no eixo x (comprimento em  $\mu\text{m}$  e em escala logarítmica) e os seus respectivos valores de biomassa no eixo y (valores em  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ).

Também foi elaborado o espectro de biomassa normalizado conforme proposto por Sprules & Munawar (1986) no qual o eixo x apresenta o tamanho dos organismos expressos em massa corporal ( $\mu\text{g}$ ) em uma escala logarítmica e o eixo y apresenta a biomassa total de um organismo dividido pela amplitude de variação da sua massa corporal, também em uma escala logarítmica. A reta ajustada foi calculada por meio

de regressão linear utilizando o método dos mínimos quadrados. Quando o ambiente está em conformidade com o estado estacionário teórico, o espectro normalizado será linear com uma inclinação próxima a -1. A inclinação de tal espectro e o padrão de variação dos resíduos ao redor da linha pode servir para caracterizar tanto a estrutura em tamanho da comunidade quanto o grau de afastamento do estado estacionário teórico. A interceptação no eixo Y dessa linha (quando X=0) é uma medida geral da abundância na comunidade.

A curva de comparação entre abundância e biomassa (curva ABC - *Abundance/Biomass Comparison curve*) foi elaborada conforme proposto por Warwick (1986). A estatística W foi calculada conforme Clarke (1990), na qual se obtém o valor de W utilizando-se a seguinte fórmula:

$$W = \frac{\sum(B_i - A_i)}{|50(S - 1)|}$$

Onde:

$B_i$  = valor de biomassa da espécie i na curva ABC

$A_i$  = valor de densidade da espécie i na curva ABC

S = número de espécies

Quando W este é positivo, indica assembleias não perturbadas; se negativo, sugere uma comunidade perturbada; e se o índice for próximo a zero, implica em um distúrbio moderado.

### 3.5. Diagramas de rank-abundância

Utilizando os dados da densidade relativa do zooplâncton por ponto amostrado, foi feita uma classificação decrescente a partir da espécie mais abundante. Os dados classificados foram organizados e duas formas de diagramas foram feitas: diagrama de rank-abundância clássico de Whittaker (1965), na qual as espécies aparecem em ordem decrescente no eixo x e suas respectivas abundâncias relativas no eixo y (em escala logarítmica) e a curva conforme proposto por Frontier (1987) na qual os dois eixos são apresentados em escala logarítmica.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Características Físicas e Químicas da Lagoa dos Tropeiros

A Tabela 2 apresenta os dados relativos às profundidades dos pontos de coleta na Lagoa dos Tropeiros, bem como os respectivos valores de disco de Secchi e os valores médios por ponto do pH, condutividade elétrica e da temperatura da água e a quantidade de oxigênio dissolvido na água. A profundidade nos pontos amostrados variou de 0,5 m (pontos 5 e 13) a 2,8 m (ponto 8). A profundidade de desaparecimento visual do disco de Secchi coincidiu com o fundo nos pontos 5, 13 (0,5 m de profundidade em ambos) e no ponto 16 (1m de profundidade). Nos outros pontos variou de 0,9 m, no ponto 14, a 1,5 m no ponto 1. Em todos os pontos, a zona eufótica compreendeu toda a coluna de água, revelando se tratar de um corpo de água de elevada transparência.

Na Figura 5A são apresentadas as variações na concentração de oxigênio dissolvido na água da Lagoa dos Tropeiros em março de 2007. Pode se observar que as concentrações variaram de 0,69 a 7,38 mg.L<sup>-1</sup> (pontos 14 e 5, respectivamente), com valor médio para a coluna d'água de 3,21mg.L<sup>-1</sup> ( $\pm 1,81$ ). A temperatura da água (Fig. 5B) variou de 26,23 a 29,5 °C, nos pontos 14 e 5 (respectivamente) e a média foi de 27,67 °C ( $\pm 0,94$ ). O pH apresentou em média de 5,66 ( $\pm 0,23$ ), variando de 5,19 no ponto 1 a 5,92 no ponto 9 (Figura 5C). A condutividade elétrica da água (Figura 5D) variou de 32,50 (ponto 5) a 36,50  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  (ponto 13) com valor médio de 34,37  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  ( $\pm 1,00$ ).

Tabela 2 – Valores obtidos da profundidade dos pontos de coleta, transparência da água, pH, condutividade elétrica da água, concentração de oxigênio dissolvido, porcentagem de saturação do OD e temperatura da água na Lagoa dos Tropeiros em março de 2007.

Ponto de coleta	Profundidade local (m)	Transparência da água (m)	pH	Condutividade elétrica ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ )	Oxigênio Dissolvido ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	Saturação do OD (%)	Temperatura da água ( $^{\circ}\text{C}$ )
1	2,4	1,5	5,19	34,33	3,85	49,4	27,78
2	2,2	1,1	5,39	34,40	4,19	53,7	27,90
3	2,4	1,2	5,60	34,67	3,52	45,1	27,75
4	1,6	1	5,64	34,00	4,60	58,9	28,30
5	0,5	0,5	5,78	32,50	7,38	96,2	29,25
6	1,6	1,2	5,71	34,25	3,11	39,8	28,15
7	2,1	1,1	5,78	34,00	3,76	48,2	28,50
8	2,8	1,2	5,90	34,80	4,42	56,6	28,44
9	1,3	1,1	5,92	33,75	3,68	47,1	28,38
10	2,2	1,1	5,95	34,60	4,34	55,6	28,12
11	3,2	1,3	5,53	35,29	0,00	0,0	26,04
12	1,6	1,1	6,08	34,50	3,99	51,1	28,28
13	0,5	0,5	5,52	36,50	1,29	15,9	26,50
14	1,6	0,9	5,48	36,00	0,69	8,5	26,23
15	1,1	1,1	5,54	33,67	1,33	16,5	26,50
16	1,1	1,1	5,53	32,67	1,30	16,4	26,67
Média ( $\pm\text{DP}$ )			5,66 ( $\pm 0,23$ )	34,37 ( $\pm 1,00$ )	3,21 ( $\pm 1,81$ )	43,4 ( $\pm 0,14$ )	27,67 ( $\pm 0,94$ )

Os baixos valores de pH bem como os baixos valores da concentração de oxigênio dissolvido (valores abaixo de 100% de saturação em todas os pontos de coletas, com variação de 8,5 a 96,2% e média de 43,4% de saturação de OD) indicam que a Lagoa dos Tropeiros comportou-se como a maioria das lagoas de planícies de inundação dos rios tropicais. Carvalho et al. (2001), em um estudo comparativo de lagos e lagoas de planícies de inundação da América do Sul, observaram valores abaixo da neutralidade para quase todas os ambientes analisados (com exceção da Bacia do Araguaia) e mencionam que este fato é esperado em lagoas de planícies de inundação porque estes sistemas geralmente têm um baixo potencial redox, evidenciado pelo valores de oxigênio dissolvido abaixo da saturação, o que indica a condição heterotrófica destes ambientes ( $P/R < 1$ ). Os referidos autores associam estas características com a entrada contínua e decomposição de detritos produzidos na zona de transição aquática/terrestre, ocorrendo assim diminuição das concentrações de oxigênio dissolvido.

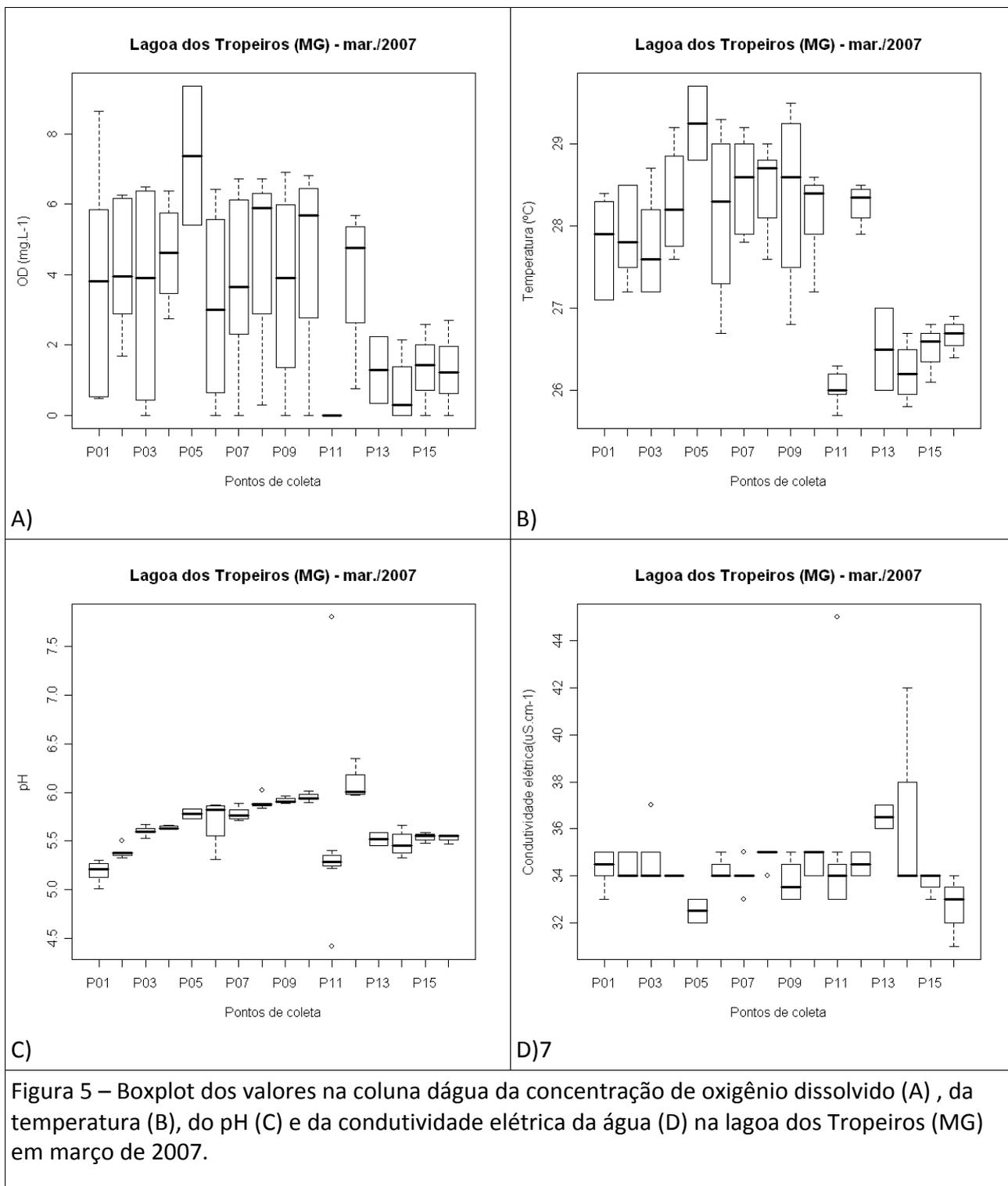


Figura 5 – Boxplot dos valores na coluna água da concentração de oxigênio dissolvido (A), da temperatura (B), do pH (C) e da condutividade elétrica da água (D) na lagoa dos Tropeiros (MG) em março de 2007.

Na Lagoa dos Tropeiros, a região litorânea apresenta bancos de macrófitas aquáticas. Tavares (2007), em um estudo comparativo entre lagoas tropicais do sudeste brasileiro, encontrou uma maior diversidade de macrófitas na Lagoa dos Tropeiros, sendo que a biomassa desta comunidade variou de  $26,32\text{g.m}^{-2}$  a  $97,10\text{g.m}^{-2}$ . A produção de matéria orgânica pelas macrófitas e, conseqüentemente, de detritos, é provavelmente a principal fonte de matéria orgânica para o processo de decomposição, que contribui para os valores de oxigênio abaixo da saturação e pH abaixo da neutralidade.

A condutividade elétrica da água da Lagoa dos Tropeiros foi relativamente baixa e próxima aos menores valores registrados por Carvalho et al. (2001) nas bacias do Alto Paraná, Mogi-Guaçu, São Francisco e Araguaia, cujos valores foram menores ou iguais a  $25\ \mu\text{S.cm}^{-1}$ . Na Lagoa dos Tropeiros, os valores de condutividade elétrica (valor médio de  $35\ \mu\text{S.cm}^{-1}$ ) estiveram próximos e dentro da faixa de variação registrada nos ambientes estudados. Estes autores consideram esta variável conservativa e propõem que esta pode ser utilizada para traçar a origem das águas.

Os valores médios das concentrações dos compostos de fósforo e de nitrogênio (totais e dissolvidos) e de silicato na água da Lagoa dos Tropeiros estão apresentados na Tabela 3. Com relação ao nitrogênio total, a menor concentração ( $104,5\ \mu\text{g.L}^{-1}$ ) foi registrada no ponto 8 enquanto a maior concentração ( $340,83\ \mu\text{g.L}^{-1}$ ) ocorreu no ponto 9, sendo o valor médio de  $190,31\ \mu\text{g.L}^{-1}$  ( $\pm 62,45\ \mu\text{g.L}^{-1}$ ). O nitrito variou de  $0,30\ \mu\text{g.L}^{-1}$  (ponto 9) a  $6,66\ \mu\text{g.L}^{-1}$  (ponto 2), com média de  $2,43 \pm 2,19\ \mu\text{g.L}^{-1}$ . Os pontos 2 e 7 apresentaram a menor concentração de nitrato ( $2,29\ \mu\text{g.L}^{-1}$ ) enquanto o ponto 10 apresentou a maior concentração ( $10,32\ \mu\text{g.L}^{-1}$ ) e a média deste composto foi  $4,39$

$\pm 2,54 \mu\text{g.L}^{-1}$ . A concentração de amônio variou de  $18,20 \mu\text{g.L}^{-1}$  (pontos 14 e 16) a  $54,74 \mu\text{g.L}^{-1}$  (ponto 9) e a média foi  $32,78 \pm 12,45 \mu\text{g.L}^{-1}$ .

Para a concentração de fósforo total foi obtido o valor médio de  $22,03 \pm 6,95 \mu\text{g.L}^{-1}$ , com faixa de variação entre  $19,01 \mu\text{g.L}^{-1}$  (ponto 6) e  $40,54 \mu\text{g.L}^{-1}$  (ponto 7). O fosfato total variou de  $6,37 \mu\text{g.L}^{-1}$  (ponto 14) a  $17,68 \mu\text{g.L}^{-1}$  (ponto 1) resultando em uma concentração média de  $8,32 \pm 2,57 \mu\text{g.L}^{-1}$ . O ponto 1 apresentou também as maiores concentrações de fosfato inorgânico e orgânico ( $7,97 \mu\text{g.L}^{-1}$  e  $9,70 \mu\text{g.L}^{-1}$  respectivamente), enquanto as menores concentrações de fosfato inorgânico ocorreram nos pontos 7 e 14  $\pm 1,52 \mu\text{g.L}^{-1}$  e de fosfato orgânico no ponto 13 ( $3,99 \mu\text{g.L}^{-1}$ ). A média do fosfato inorgânico foi  $2,73 \pm 1,45 \mu\text{g.L}^{-1}$  e do fosfato orgânico foi  $5,59 \pm 1,29 \mu\text{g.L}^{-1}$ . O silicato apresentou média de  $3,69 \pm 0,73 \mu\text{g.L}^{-1}$ , sendo que a menor concentração ocorreu no ponto 8  $\pm 2,56 \mu\text{g.L}^{-1}$  e a maior no ponto 16  $\pm 5,05 \mu\text{g.L}^{-1}$ .

Tabela 3 – Valores da concentração dos compostos de nitrogênio e de fósforo (total e dissolvidos) e de silicato por pontos amostrados na Lagoa dos Tropeiros (MG), em março de 2007.

Ponto de Coleta	Nitrito ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )	Nitrato ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )	Amônio ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )	Nitrogênio Total ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )	Fosfato Total ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )	Fosfato Inorgânico ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )	Fosfato Orgânico ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )	Fósforo Total ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )	Silicato ( $\text{mg.L}^{-1}$ )
1	0,64	4,18	39,19	176,45	17,68	7,97	9,70	24,55	3,31
2	6,66	2,29	27,53	154,27	8,51	2,70	5,81	20,97	2,80
3	6,37	4,18	26,75	174,49	8,51	2,11	6,40	22,92	2,98
4	6,20	2,29	22,87	143,84	6,68	1,82	4,86	3,67	3,31
5	5,35	4,65	28,31	194,06	7,90	2,11	5,79	28,14	3,30
6	1,61	4,18	47,74	308,22	8,20	3,28	4,92	40,54	3,46
7	1,55	2,29	24,42	178,41	6,68	1,52	5,15	19,01	3,28
8	0,64	5,13	32,97	104,05	7,29	2,40	4,89	22,60	2,56
9	0,30	2,77	54,74	340,83	7,90	2,70	5,20	19,99	3,21
10	1,15	0,40	33,75	99,48	7,59	2,99	4,60	20,97	3,54
11	1,38	4,65	61,74	228,63	7,59	2,40	5,19	21,29	4,39
12	1,32	9,85	31,42	229,29	8,82	2,70	6,12	20,64	4,03
13	1,49	10,32	37,64	207,11	6,98	2,99	3,99	19,33	4,65
14	1,78	2,77	18,20	184,28	6,37	1,52	4,85	24,23	4,41
15	1,44	4,18	18,98	137,97	6,68	1,82	4,86	18,68	4,76
16	0,98	6,07	18,20	183,63	9,73	2,70	7,04	24,88	5,05
Média ( $\pm$ DV)	2,43 ( $\pm 2,19$ )	4,39 ( $\pm 2,54$ )	32,78 ( $\pm 12,45$ )	190,31 ( $\pm 62,45$ )	8,32 ( $\pm 2,57$ )	2,73 ( $\pm 1,45$ )	5,59 ( $\pm 1,29$ )	22,03 ( $\pm 6,95$ )	3,69 ( $\pm 0,73$ )

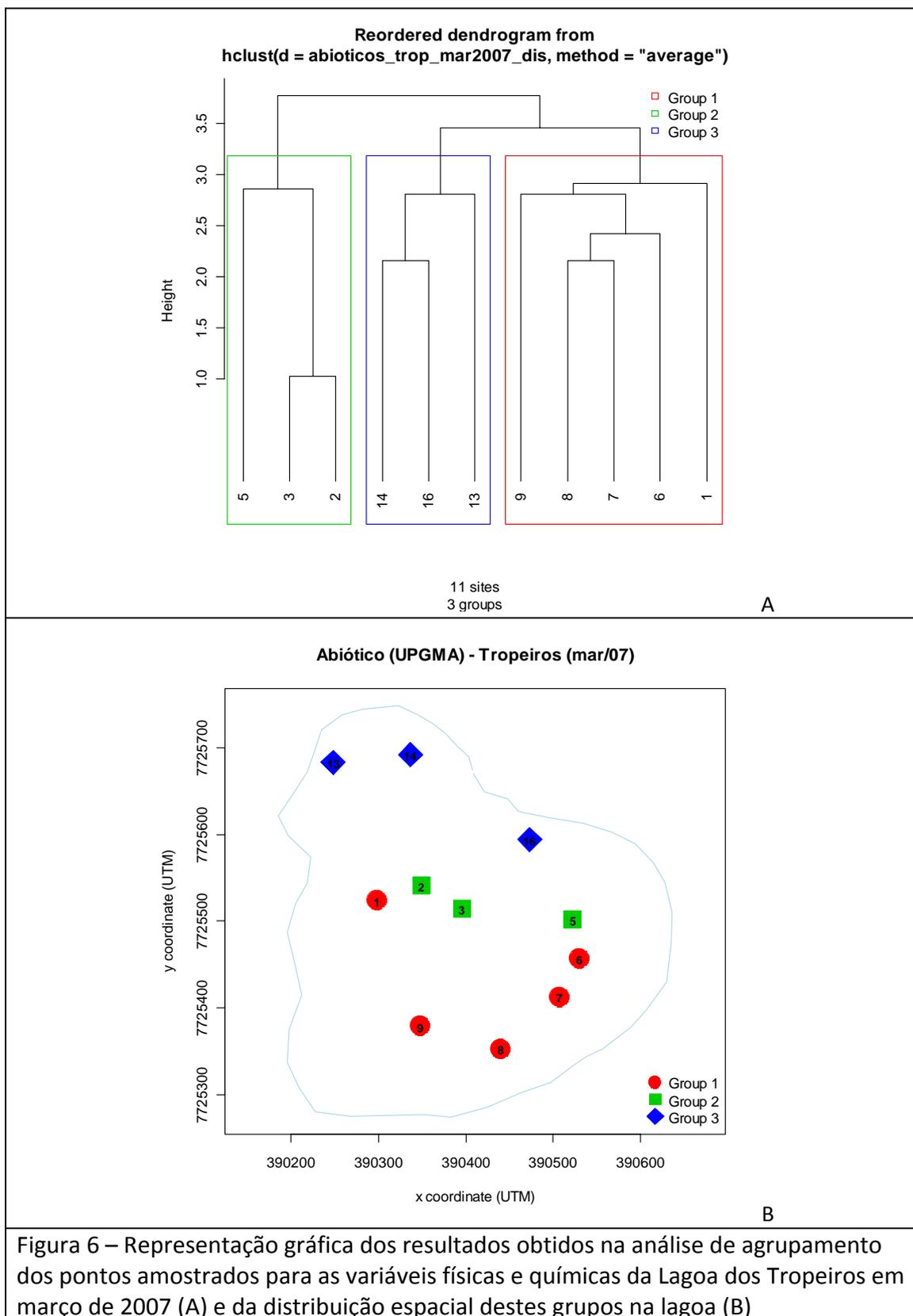
A análise de agrupamento resultou em três grupos, conforme mostrado na Figura 6A: grupo 1 (pontos 1, 6, 7, 8, e 9), grupo 2 (pontos 2, 3 e 5) e grupo 3 (pontos 13, 14 e 16). A Figura 6B apresenta estes grupos e a localização destes na Lagoa dos Tropeiros.

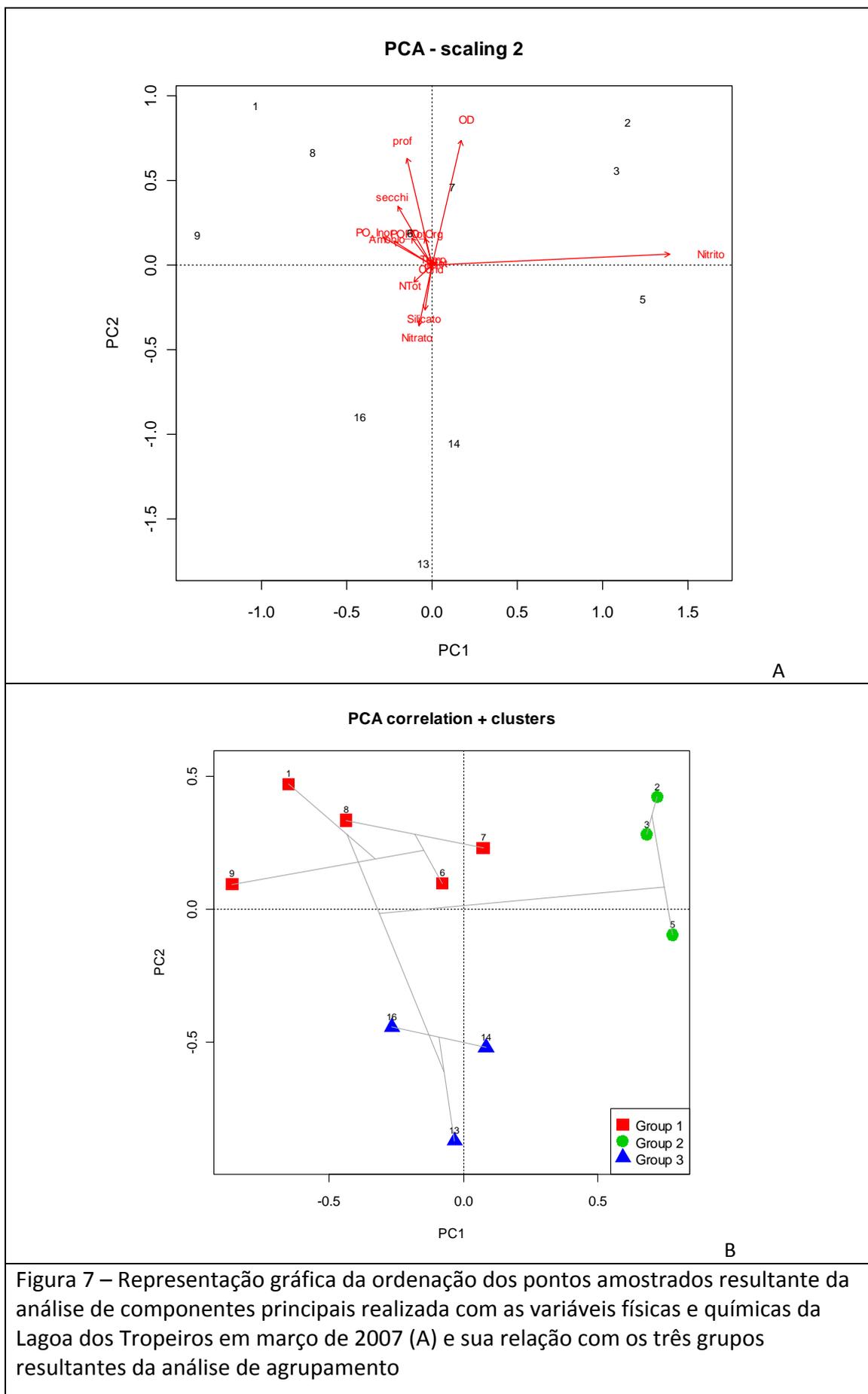
Na análise de componentes principais (Figura 7A), os dois primeiros eixos contribuíram com 0,641 ou 64,1% da variância. Esta análise (Figura 7B) indica que o grupo 2 está situado à direita com uma associação positiva com nitrito e o Grupo 3 (13, 14, 16) está localizado na parte inferior, que apresenta associação negativa com profundidade e concentração de oxigênio dissolvido e positiva com silicato e nitrato. No eixo 2, na parte superior encontram-se os pontos com maior profundidade e concentração de oxigênio dissolvido. O grupo 3 (pontos 13, 14 e 16) localizou-se na parte inferior tendo uma correlação negativa com a profundidade e com a concentração de oxigênio dissolvido e correlação positiva com as concentrações de silicato e nitrato. O Grupo 1 localizado na parte superior no quadrante à esquerda evidencia uma associação positiva com a profundidade, a concentração de oxigênio dissolvido, e com a transparência da água (avaliada pelo desaparecimento visual do Disco de Secchi) e os pontos mais ao norte da lagoa (grupo 3). Apesar dos pontos 1, 2 e 3 serem centrais estes foram separados pela análise.

Não houve relação perceptível dos agrupamentos formados com a profundidade local, pois se observa que em um dado grupo encontram-se agrupados pontos com maior e com menor profundidade. Como as macrófitas encontram-se bem distribuídas na lagoa não foi também possível associar as características abióticas com a presença destes vegetais, embora as plantas reconhecidamente possam interferir em

diversas variáveis abióticas da coluna d'água como a concentração de oxigênio dissolvido, o pH, a condutividade elétrica da água e a concentração de diferentes nutrientes inorgânicos em decorrência de ambos processos, fotossíntese e decomposição da matéria orgânica (Payne, 1986; Tundisi & Matsumura-Tundisi, 2008).

Taniguchi et al. (2004) em uma lagoa marginal do Rio Mogi-Guaçu, a Lagoa do Diogo, encontraram diferenças na qualidade da água em diferentes compartimentos da lagoa: dentro do banco de macrófitas, na interface litoral/pelágica e na região pelágica, e verificaram que o gradiente litoral-limnético ao longo de bancos de macrófitas podia contribuir para a variabilidade dos fatores abióticos. No presente estudo não foi identificado na Lagoa dos Tropeiros nenhum gradiente entre os compartimentos litoral e pelágico embora haja grande heterogeneidade entre os pontos amostrados. A baixa profundidade da lagoa, a localização em área de planície e a inexistência de proteção das margens por vegetação arbórea sugerem que a ação do vento provavelmente seja intensa, o que deveria resultar em menor variabilidade entre localidades próximas. Por outro lado a existência de diferentes espécies de macrófitas em grande parte da lagoa poderia por si só prevenir a homogeneização pelo vento e justificar a heterogeneidade observada. Henry & Costa (2003) evidenciaram o papel das macrófitas como determinantes de heterogeneidade ambiental em lagoas da planície de inundação do rio Paranapanema.





Com base no estudo realizado por Tavares (2007) nos pontos estudados são registradas as seguintes assembleias de macrófitas: No ponto 5 há um estande misto de *Eichhornia azurea*, *Cabomba furcata*, *Nymphaea elegans*, *Utricularia hidrocarpa* e *Utricularia foliosa*. No ponto P6 há um estande misto de *Eichhornia azurea*, *Nymphaea elegans* e *Cyperus giganteus*. No ponto P7 ocorrem *Utricularia hidrocarpa*, *Utricularia foliosae* e *Eichhornia azurea*. No ponto P8 existe um banco misto de *Eichhornia azurea* (grande extensão), *Nymphaea elegans* (em grande quantidade), *Utricularia hidrocarpae*, *Cyperus giganteus*. No ponto P9 ocorrem *Eichhornia azurea* e *Utricularia hidrocarpa*. No ponto P13 ocorrem *Cabomba furcata* (banco extenso), *Nymphaea elegans*, *Eichhornia azurea*, *Habenaria repens* e uma gramínea (não identificada). No ponto P14 há um estande extenso de *Eichhornia azurea* (forma jovem), *Utricularia gibba* (grande quantidade), *Habenaria repens* (grande quantidade), *Ludwigia leptocarpa* (grandes arbustos) e *Cyperus giganteus*. No ponto P16 ocorrem *Nymphaea elegans*, *Utricularia hidrocarpa*, *Utricularia foliosa*, *Cyperus giganteus* e *Eichhornia azurea*.

A existência de grande quantidade de macrófitas aquáticas pode levar ao aceleração da eutrofização em decorrência da elevada produção de biomassa, conseqüente decomposição, e possíveis déficits de oxigênio e formação de gases (Pedralli, 2003).

Na Tabela 4 são comparados os valores médios das variáveis condutividade elétrica, pH, transparência da água, temperatura, oxigênio dissolvido, nitrogênio total e fósforo total, obtidos no presente estudo para a Lagoa dos Tropeiros com aquelas de outros corpos do mesmo sistema (Rio São Francisco, Rio Piumhi, Rio Paraopeba,

Córrego Araras, Lagoa dos Tropeiros, Represa Estaleiro, Represa Fazenda BMG, Represa Parque de Exposições e Represa de Furnas).

Observa-se pelos resultados apresentados na Tabela 4 que as características físicas e químicas da Lagoa dos Tropeiros são bastante similares às daquelas dos corpos de água menores, tanto lóticos quanto lênticos, os quais se caracterizam por pH próximo à neutralidade, condutividade elétrica moderada e menores concentrações de oxigênio dissolvido.

As concentrações de nitrogênio total e de fósforo total na Lagoa dos Tropeiros foram relativamente baixas e os valores de IET médio observados, indicam que este é um sistema oligotrófico neste período amostrado (março de 2007).

A Tabela 5 apresenta os valores do IET médio calculado para os 11 pontos em que foram amostrados também o zooplâncton. Este variou de 27,8 (ponto 3) a 39,1 (ponto 1), sendo todos considerados oligotróficos.

Os corpos de água utilizados para esta análise comparativa estão localizados no domínio morfo-climático dos cerrados de acordo com a classificação de Ab'Saber (1969). Neste domínio os solos são predominantemente ácidos e pobres em nutrientes, particularmente em nitrogênio e fósforo. Desta forma, a não ser que ocorram aportes externos, oriundos dos usos da bacia, o conteúdo de nutrientes das águas deveria ser também baixo. Contudo, na Lagoa dos Tropeiros a condutividade elétrica da água e as concentrações de fósforo total foram próximas às das pequenas represas do rio São Francisco (Estaleiro, Fazenda BMG e Parque de Exposições) caracterizadas limnologicamente por Sampaio (2002), refletindo provavelmente as características do domínio morfo-climático do Cerrado. As concentrações de

nitrogênio total são, no entanto bem menores do que as reportadas para as pequenas represas, sugerindo que neste corpo de água este elemento possa ser limitante.

Tabela 4 - Valores médios das variáveis limnológicas registradas em sistemas lênticos e sistemas lóticos regionais (Prof. – profundidade; Cond. – condutividade elétrica; Temp. – temperatura da água; N – Nitrogênio; P – Fósforo).

Sistemas lênticos regionais	Coordenadas Geográficas	Secchi (m)	pH	Cond. $\mu\text{S cm}^{-1}$	OD $\text{mgL}^{-1}$	Temp. C	N total $\mu\text{gL}^{-1}$	P total $\mu\text{gL}^{-1}$	Secchi (m)	Referência
Lagoa dos Tropeiros	20°33'57" S e 46°03'17" W	1,05	5,7	34	3,21	27,7	190,31	8,32	1	Presente estudo
Rep. Estaleiro	18°36'10" S e 45°20'33" W	5,5	6,5	36	5,97	26,3	735,6	5,94	1,7	Sampaio (2002)
Rep. Fazenda BMG	18°36'48" S e 45°21'19" W	4,01	6,7	18	7,92	27,5	352,1	3,49	3	Sampaio (2002)
Rep. Parque de Exposições	18°36'48" S e 45°21'19" W	2,5	6,5	23	6,5	27,8	633,3	4,29	1	Sampaio (2002)
Rep. Furnas	20°43' S e 46°18' W	13	7,6	38,1	6,2	23,8	541,86	38,25	2,5	Silva (2011)
<b>Sistemas lóticos regionais</b>										
Córrego Araras	18°38'S e 48°11'W	0,5	7,55	49	8,12	23,4	94,09	29,16	0,5	Hanashiro [s.d.]
Rio Paropeba	19°27'S e 44°34'W	2,55	6,0	91	3,5	27,1	312	21,33	1,2	Sampaio & López (2000)
Rio Piumhi	20°49'39"S e 45°45'59"W	1,0	7,12	38	8,50	25,3	418,93	24,21	0,50	Suriani Affonso (2010)
Rio São Francisco	13°21'S e 36°48'W	2,1	7,13	31	8,16	24,6	303,16	9,81	0,50	Suriani Affonso (2010)

Tabela 5– Índice de Estado Trófico médio (IET) dos 11 pontos amostrados na Lagoa dos Tropeiros em março de 2007.

<b>Ponto de Coleta</b>	<b>IET médio</b>	<b>Classificação do estado trófico</b>
1	39,1	Oligotrófico
2	35,7	Oligotrófico
3	27,8	Oligotrófico
5	39,0	Oligotrófico
6	35,6	Oligotrófico
7	35,3	Oligotrófico
8	33,4	Oligotrófico
9	32,2	Oligotrófico
13	30,4	Oligotrófico
14	31,1	Oligotrófico
16	29,6	Oligotrófico

As características físicas e químicas da Lagoa dos Tropeiros evidenciam que este sistema é uma lagoa pouco profunda, de elevada transparência e com grande quantidade de macrófitas. As baixas concentrações de nitrogênio total e de fósforo total na água podem ser decorrentes do aprisionamento destes nutrientes na elevada biomassa das macrófitas como demonstrado por Tavares (2007). Esta lagoa, antes associada à planície de inundação do Rio Piumhi, recebia provavelmente os pulsos de inundação do rio. O pulso de inundação é um fenômeno típico dos rios brasileiros de planície e tem papel preponderante na dinâmica destes sistemas (Junk et al., 1989). Com a transposição do rio Piumhi para a bacia do rio São Francisco houve o isolamento da planície, suprimindo os pulsos de inundação que eram decorrentes do rio, o que

pode ter acarretado menor aporte de nutrientes, menor profundidade e maior desenvolvimento das macrófitas na Lagoa dos Tropeiros.

Consequências similares são observadas nos lagoa e lagoas marginais associados aos rios que sofrem os impactos da regularização, mudanças de curso, extração e ou transposição de águas (Ward & Stanford, 1995; Revenga et al., 1998).

Apesar da transposição de águas do rio Piumhi para o rio São Francisco ter ocorrido há cerca de 50 anos, a Lagoa dos Tropeiros, um dos corpos de água remanescentes na planície do antigo leito do rio Piumhi permanece com características típicas de lagos de Cerrado. A preservação da qualidade da água e da própria persistência deste corpo de água dependerá dos impactos futuros nas áreas de entorno e de ações de preservação e manejo adequado.

#### **4.2. Composição dos microcrustáceos (Cladocera e Copepoda) da Lagoa dos Tropeiros**

Um total de 27 táxons de microcrustáceos plactônicos foi identificado para a Lagoa dos Tropeiros. A Tabela 6 apresenta a distribuição destes táxons nos pontos amostrados. *Macrothrix spinosa* e *Thermocyclops minutus* foram os mais freqüentes, ocorrendo em 91% dos pontos de coleta (ocorreram em 10 dos 11 pontos amostrados), seguidos por *Bosminopsis deitersi*, *Ceriodaphnia cornuta* e *Microcyclops anceps* que ocorreram em 82% dos pontos amostrados.

Tabela 6 - Composição taxonômica e frequência de ocorrência das espécies de microcrustáceos zooplânctônicos na Lagoa dos Tropeiros em março de 2007.

	P01	P02	P03	P05	P06	P07	P08	P09	P13	P14	P16	Ocorrência (%)
<i>Alona ossiani</i>	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	18
<i>Alona verrucosa</i>	-	-	-	-	+	-	-	+	+	-	-	27
<i>Bosmina longirostris</i>	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	18
<i>Bosmina freyi</i>	+	+	+	-	-	-	-	+	-	-	-	36
<i>Bosminopsis deitersi</i>	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	82
<i>Camptocercus dadayi</i>	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	18
<i>Ceriodaphnia cornuta</i>	+	+	+	+	+	+	-	+	-	+	+	82
<i>Chydorus dentifer</i>	-	-	-	+	+	+	-	+	+	+	-	55
<i>Diaphanosoma brevireme</i>	-	-	-	+	+	-	-	+	+	+	+	55
<i>Diaphanosoma fluviatile</i>	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	9
<i>Euryalona orientalis</i>	-	-	-	+	+	-	-	+	+	+	-	45
<i>Graptoleberis testudinaria</i>	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	9
<i>Ilyocryptus spinifer</i>	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	73
<i>Macrothrix spinosa</i>	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	91
<i>Moina minuta</i>	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	55
<i>Sarsilatona serricauda</i>												
<i>Simocephalus serrulatus</i>	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	82
<i>Notodiaptomus cearensis</i>	-	-	-	+	-	+	-	-	+	-	-	18
<i>Notodiaptomus iheringi</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9
<i>Notodiaptomus sp1</i>	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	9
<i>Mesocyclops longisetus</i>	-	-	-	-	+	+	-	-	+	+	+	45
<i>Microcyclops alius</i>	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	9
<i>Microcyclops anceps</i>	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	82
<i>Thermocyclops decipiens</i>	+	-	-	+	+	+	-	+	-	+	-	55
<i>Thermocyclops minutus</i>	+	+	-	+	+	+	+	-	+	+	+	91

Comparando-se os táxons registrados na Lagoa dos Tropeiros com os táxons registrados em diversos corpos de água das bacias do Rio São Francisco e do Rio Grande observa-se que algumas espécies tenderam a ocorrer em determinadas regiões (Tabela 7). Para os Cladocera, as espécies *Chydorus dentifer*, *Euryalona orientalis* e *Sarsilatona serricauda* ocorreram somente na Lagoa dos Tropeiros. Nota-se que a maioria das espécies identificadas no corpo de água em estudo é compatilhada com a bacia do Rio Grande, entre elas: *Alona ossiani*, *Alona verrucosa*, *Alonella dadayi*, *Bosmina longirostris*, *Camptocercus dadayi*, *Diaphanosoma brevireme*, *Diaphanosoma*

*fluviatile*, *Ilyocryptus spinifer* e *Macrotrix spinosa*. Nenhuma espécie de Cladocera identificada durante o estudo foi exclusivamente comum à bacia do Rio São Francisco, porém algumas espécies ocorreram em ambos locais, tanto na Lagoa dos Tropeiros como nos corpos de água das bacias Rio Grande e Rio São Francisco, como *Bosminopsis deitersi*, *Ceriodaphnia cornuta*, *Graptoleberis testudinaria* e *Moina minuta*.

Observa-se para os Copepoda que algumas das espécies registradas para a Lagoa dos Tropeiros são de ocorrência compartilhada com as duas bacias geograficamente próximas, como as espécies de Calanoida *Notodiptomus cearensis* e *Notodiptomus iheringi* e os Cyclopoida *Mesocyclops longisetus*, *Thermocyclops decipiens* e *Thermocyclops minutus*. Por outro lado, as espécies *Microcyclops alius* e *Microcyclops anceps* não foram ainda registradas nem na bacia do rio Grande nem na Bacia do rio São Francisco (Eskinazi-Sant'Anna et al., 2005) sendo esta sua ocorrência na Lagoa dos Tropeiros o primeiro registro para aquela região, e no caso específico de *M. alius* este constitui o primeiro registro para o estado de Minas Gerais. Estas espécies de Copepoda estão entre as espécies de Cyclopoida de menor tamanho na região Neotropical e ocorrem geralmente associadas às macrófitas aquáticas.

Tabela 7 - Comparação entre a composição taxonômica das assembleias de Cladocera na Lagoa dos Tropeiros (presente estudo) e nas bacias do Rio São Francisco e do Rio Grande (Fonte de dados: Santos-Wisniewski et al., 2011).

	Tropeiros	Bacia do São Francisco	Bacia do Rio Grande
<b>Cladocera</b>			
<i>Acroperus harpae</i>			+
<i>Acroperus tupinamba</i>			+
<i>Alona costata</i>		+	
<i>Alona excisa</i>		+	
<i>Alona glabra</i>			+
<i>Alona guttata</i>		+	+
<i>Alona intermedia</i>		+	+
<i>Alona ossiani</i>	+		+
<i>Alona rectangula</i>		+	+
<i>Alona setigera</i>			+
<i>Alona quadrangularis</i>		+	
<i>Alona verrucosa</i>	+		+
<i>Alona yara</i>			+
<i>Alonella chathratula</i>			+
<i>Alonella dadayi</i>	+		+
<i>Biapertura karua</i>			+
<i>Bosmina hagmanni</i>		+	+
<i>Bosmina freyi</i>			+
<i>Bosmina longirostris</i>	+		+
<i>Bosmina tubicen</i>		+	+
<i>Bosminopsis deitersi</i>	+	+	+
<i>Camptocercus australis</i>			+
<i>Camptocercus dadayi</i>	+		+
<i>Ceriodaphnia cornuta</i>	+	+	+
<i>Ceriodaphnia cornuta cornuta</i>		+	+
<i>Ceriodaphnia cornuta intermedia</i>		+	+
<i>Ceriodaphnia cornuta rigaudi</i>		+	+
<i>Ceriodaphnia richardi</i>		+	
<i>Ceriodaphnia silvestrii</i>		+	+
<i>Chydorus dentifer</i>	+		

Tabela 7 - continuação

	Tropeiros	Bacia do São Francisco	Bacio do Rio Grande
Cladocera			
<i>Chydorus eurynotus</i>			+
<i>Chydorus pubescens</i>			+
<i>Chydorus sphaericus</i>			+
<i>Coronatella monacantha</i>			+
<i>Coronatella poppei</i>			+
<i>Daphnia ambigua</i>			+
<i>Daphnia gessneri</i>		+	+
<i>Daphnia laevis</i>		+	+
<i>Diaphanosoma birgei</i>		+	+
<i>Diaphanosoma brachyurum</i>		+	
<i>Diaphanosoma brevireme</i>	+		+
<i>Diaphanosoma fluviatile</i>	+		+
<i>Diaphanosoma spinulosum</i>		+	+
<i>Disparalona dadayi</i>			+
<i>Ephemeroporus hybridus</i>			+
<i>Ephemeroporus tridentatus</i>			+
<i>Euryalona brasiliensis</i>			+
<i>Euryalona orientalis</i>	+		
<i>Graptoleberis testudinaria</i>	+	+	+
<i>Grimaldina brazzai</i>			
<i>Kurzia latissima</i>			+
<i>Kurzia polyspina</i>			+
<i>Ilyocryptus sordidus</i>		+	+
<i>Ilyocryptus spinifer</i>	+		+
<i>Leydigia ciliata</i>		+	
<i>Leydigia propinqua</i>			+
<i>Leydigia striata</i>			+
<i>Leydigiopsis curvirostris</i>			+
<i>Macrothrix elegans</i>			+
<i>Macrothrix flabelligera</i>			+
<i>Macrothrix paulensis</i>			+
<i>Macrothrix spinosa</i>	+		+
<i>Macrothrix superaculeata</i>			+
<i>Moina micrura</i>		+	+
<i>Moina minuta</i>	+	+	+
<i>Nicsmirnovius eximius</i>			+
<i>Oxyurella ciliata</i>			+
<i>Parvalona parva</i>			+
<i>Pleuroxus scopuliferus</i>			+
<i>Sarsilatona serricauda</i>	+		

Tabela 7 – continuação

	Tropeiros	Bacia do São Francisco	Bacio do Rio Grande
Cladocera			
<i>Simocephalus latirostris</i>			+
<i>Simocephalus serrulatus</i>			+
<i>Simocephalus vetulus</i>		+	+
<i>Streblocerus pygmaeus</i>		+	
<b>Copepoda Calanoida</b>			
<i>Argyrodiaptomus furcatus</i>		+	+
<i>Notodiaptomus cearensis</i>	+	+	+
<i>Notodiaptomus deitersi</i>			+
<i>Notodiaptomus iheringi</i>	+	+	+
<i>Notodiaptomus isabelae</i>		+	
<i>Notodiaptomus henseni</i>		+	+
<i>Notodiaptomus jatobensis</i>			+
<i>Notodiaptomus nordestinus</i>		+	+
<i>Notodiaptomus spinuliferus</i>		+	+
<i>Scolodiaptomus corderoi</i>		+	+
<i>Trichodiaptomus coronatus</i>			+
<b>Copepoda Cyclopoida</b>			
<i>Cryptocyclops brevifurca</i>			+
<i>Eucyclops ensifer</i>			+
<i>Eucyclops solitarius</i>			+
<i>Mesocyclops aspericornis</i>			+
<i>Mesocyclops ellipticus</i>			+
<i>Mesocyclops longisetus</i>		+	+
<i>Mesocyclops ogunnus</i>			+
<i>Mesocyclops meridianus</i>			+
<i>Metacyclops mendocinus</i>			+
<i>Microcyclops alius</i>	+		
<i>Microcyclops anceps</i>	+		
<i>Microcyclops finitimus</i>			+
<i>Paracyclops chiltoni</i>			+
<i>Paracyclops fimbriatus</i>		+	+
<i>Thermocyclops crassus</i>			+
<i>Thermocyclops decipiens</i>	+	+	+
<i>Thermocyclops inversus</i>		+	
<i>Thermocyclops minutus</i>	+	+	+

Analisando a Tabela 8 observamos que a Lagoa dos Tropeiros apresenta uma maior dissimilaridade (0,64) quando comparada com a Bacia do Rio São Francisco e uma menor dissimilaridade com relação à bacia do Rio Grande, ou seja, a fauna de

microcrustáceos da Lagoa dos Tropeiros apresenta uma maior similaridade com a sua bacia de origem (Bacia do Rio Grande, antes da transposição do Rio Piumhi) do que a sua atual bacia hidrográfica (Bacia do Rio São Francisco).

Tabela 8 – Índice de dissimilaridade de Jaccard comparando a Lagoa dos Tropeiros e as bacias do Rio Grande e do Rio São Francisco.

Índice de dissimilaridade de Jaccard	Lagoa dos Tropeiros	Bacia do Rio São Francisco
Bacia do rio São Francisco	0,64	-
Bacia do Rio Grande	0,20	0,55

A assembleia de microcrustáceos da Lagoa dos Tropeiros reúne algumas espécies típicas de ambiente oligotróficos-mesotróficos e espécies tolerantes a vários tipos de ambientes, de oligotróficos a hipereutrófico. Assim, a espécie *Bosminopsis deitersi*, que foi frequente na Lagoa dos Tropeiros, tem ocorrência em variados tipos de habitats. Esta espécie foi também constante entre as diversas localidades amostradas por Serafim Jr. et al. (2003) na planície de inundação do rio Paraná. É considerada uma espécie cosmopolita, euriótica (Timms & Morton, 1988) e foi a espécie com maior frequência de ocorrência na Austrália tropical. Rocha & Güntzel (1999) apontam a ocorrência dessa espécie em ambientes oligotróficos, mas Otsuka & Coelho-Botelho (2003) associam *Bosminopsis deitersi* a ambientes eutrófico.

Outra espécie presente na lagoa foi *Moina minuta*, que segundo Rocha & Güntzel (1999) é característica de ambientes oligo-mesotrófico, sendo geralmente

substituída por *Moina micrura* nos ambientes altamente poluídos, turbidos e eutróficos.

A ocorrência de *Sarsilatona serricauda* na lagoa dos Tropeiros constitui o primeiro registro desta espécie no estado de Minas Gerais. Esta espécie tinha anteriormente sua ocorrência registrada no Brasil nos estados do Amazonas, Maranhão e São Paulo (Elmoor-Loureiro, 1998) e no estado do Mato Grosso (Heckman, 1998). É uma espécie predominantemente da América Central e América do Sul, mas ocorre também no sul dos Estados Unidos (Debiase & Taylor, 2005).

Entre os Copepoda, *Thermocyclops minutus* foi registrado com grande frequência durante o estudo. Reid & Moreno (1990) observaram que *Thermocyclops decipiens* ocorre preferencialmente em águas mais eutrofizadas enquanto que *Thermocyclops minutus* ocorre predominantemente em ambientes oligo-mesotróficos.

Em relação a estas espécies de Copepoda Cyclopoida do gênero *Thermocyclops*, Rocha et al. (1995) observam que as duas espécies podem ocorrer juntas ou se alternarem em ocorrência sazonal em águas mesotróficas, e Giovanni et al. (2007) propõem a utilização desta espécie como indicadora de ambientes eutróficos e de baixa qualidade de água. Segundo Gannon & Stemberger (1978), uma vez que muitos ambientes não exibem claramente atributos de oligotrofia ou eutrofia, o zooplâncton pode ser usado como indicador destas características intermediárias. Contudo, devido à ampla distribuição de algumas espécies, estes autores sugerem o uso da abundância relativa dentro da comunidade como um indicador mais sensível.

No caso da Lagoa dos Tropeiros, como *Thermocyclops minutus* teve maior frequência e ocorreu em maior densidade que *T. decipiens*, este fato poderia ser

considerado como indicativo de condição oligotrófica, o que é corroborado pela avaliação do estado trófico deste corpo de água realizado neste estudo.

#### 4.3. Diversidade, Riqueza e Uniformidade de Espécies das Assembleias de Microcrustáceos

Os valores dos índices de Diversidade de Shannon, Riqueza de Espécies e Equitabilidade nos 11 pontos amostrados na Lagoa dos Tropeiros são apresentados na Tabela 9.

Os menores valores de riqueza (S) ocorreram na região pelágica (P01 – 9 taxa; P02 – 7 taxa e P03 – 6 taxa) e os maiores na região litorânea, com valores de S variando entre 6 (P08) e 19 (P06).

Os pontos centrais (P01, P02 e P03) apresentaram baixos valores de H (0,70; 0,35 e 0,14, respectivamente) e J (0,30; 0,17 e 0,08) enquanto os valores foram altos nos pontos litorâneos (com exceção do P13), sendo que P14 apresentou o maior índice de diversidade (2,11).

Tabela 9 - Valores de riqueza (S), índice de diversidade (H) e uniformidade (J) das assembleias de microcrustáceos (Cladocera e Copepoda) na Lagoa dos Tropeiros, Piumhi, MG.

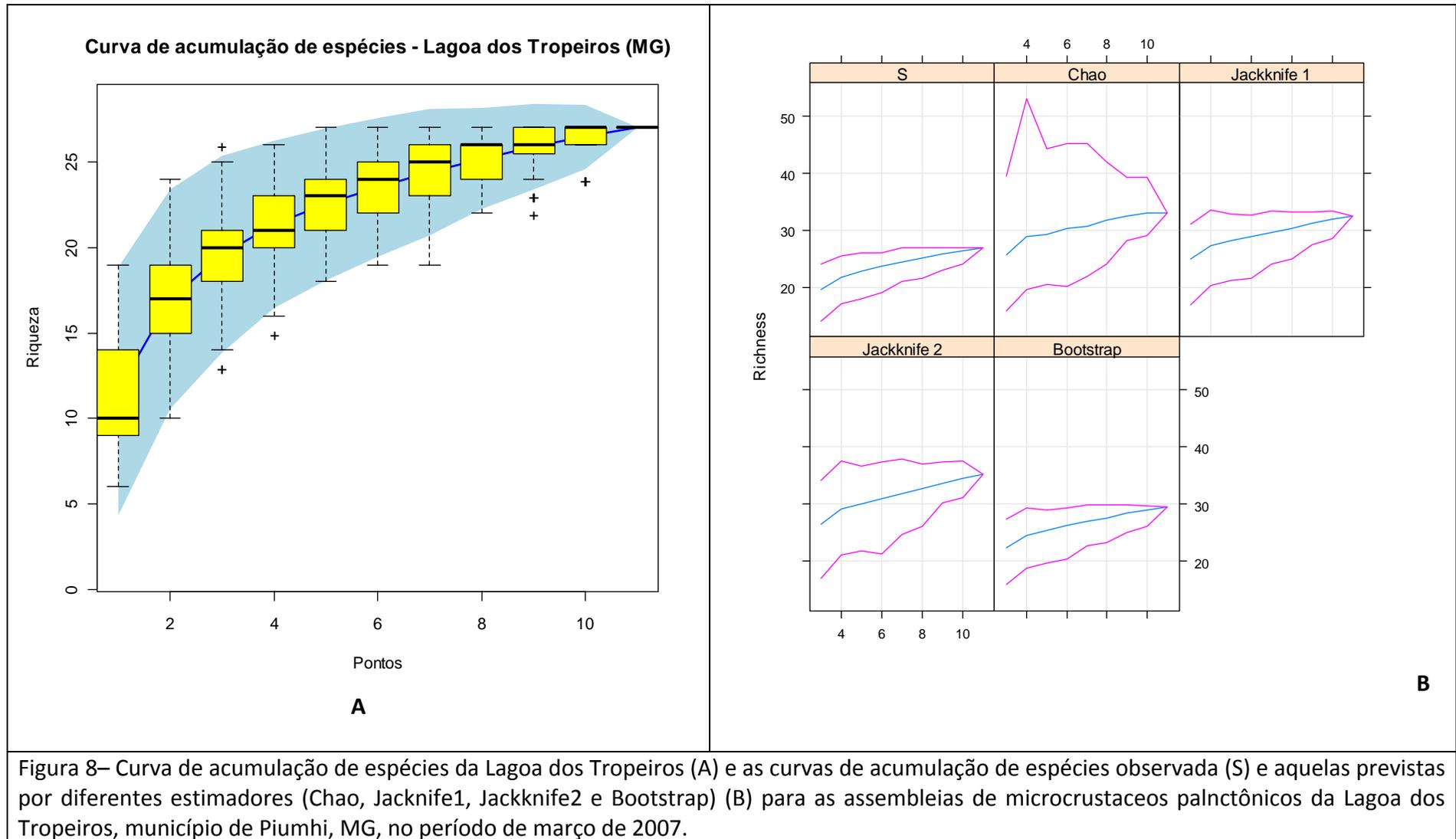
	Região Pelágica			Região Litorânea							
	P01	P02	P03	P05	P06	P07	P08	P09	P13	P14	P16
Riqueza (S)	9	7	6	13	19	12	6	13	11	13	9
Índice de diversidade de Shannon (H)	0,70	0,35	0,14	1,36	1,37	1,53	1,37	1,19	0,45	2,11	1,85
Índice de Uniformidade de Pielou (J)	0,30	0,17	0,08	0,53	0,47	0,60	0,63	0,45	0,18	0,78	0,80

A curva de acumulação de espécies para a assembleia total de microcrustáceos na lagoa é apresentada na Figura 8A. Observa-se que após a inclusão dos dados relativos a 6 pontos amostrais a curva tendeu à assintota sugerindo que o número total de espécies já se encontra representado após 10 pontos amostrais.

Analisando os valores de riqueza de espécies calculados pelos estimadores de riqueza (Tabela 10) e Figura 8B, verifica-se que a riqueza de espécies da Lagoa dos Tropeiros é provavelmente maior do que a registrada no presente estudo. Os valores de riqueza calculados por três estimadores (Chao = 33, Jack1= 32,45 e Jack2=35,15) foram maiores que a riqueza observada, enquanto pelo estimador Bootstrap o valor obtido (29,51) foi mais próximo ao observado (S=27).

Tabela 10 – Valores estimados da riqueza de espécies de microcrustáceos planctônicos da Lagoa dos Tropeiros, município de Piumhi, MG.

<b>S</b>	<b>Chao</b>	<b>Jack1</b>	<b>Jack2</b>	<b>Boot</b>	<b>N</b>
27	33	32,45	35,15	29,51	11



A curva de acumulação de espécies possibilita a comparação da riqueza de espécies entre diferentes compartimentos ou ambientes, mesmo quando a quantidade de amostras dos compartimentos é diferente. A Figura 9 apresenta a curva de acumulação de espécies para a região pelágica e para a região litorânea da Lagoa dos Tropeiros.

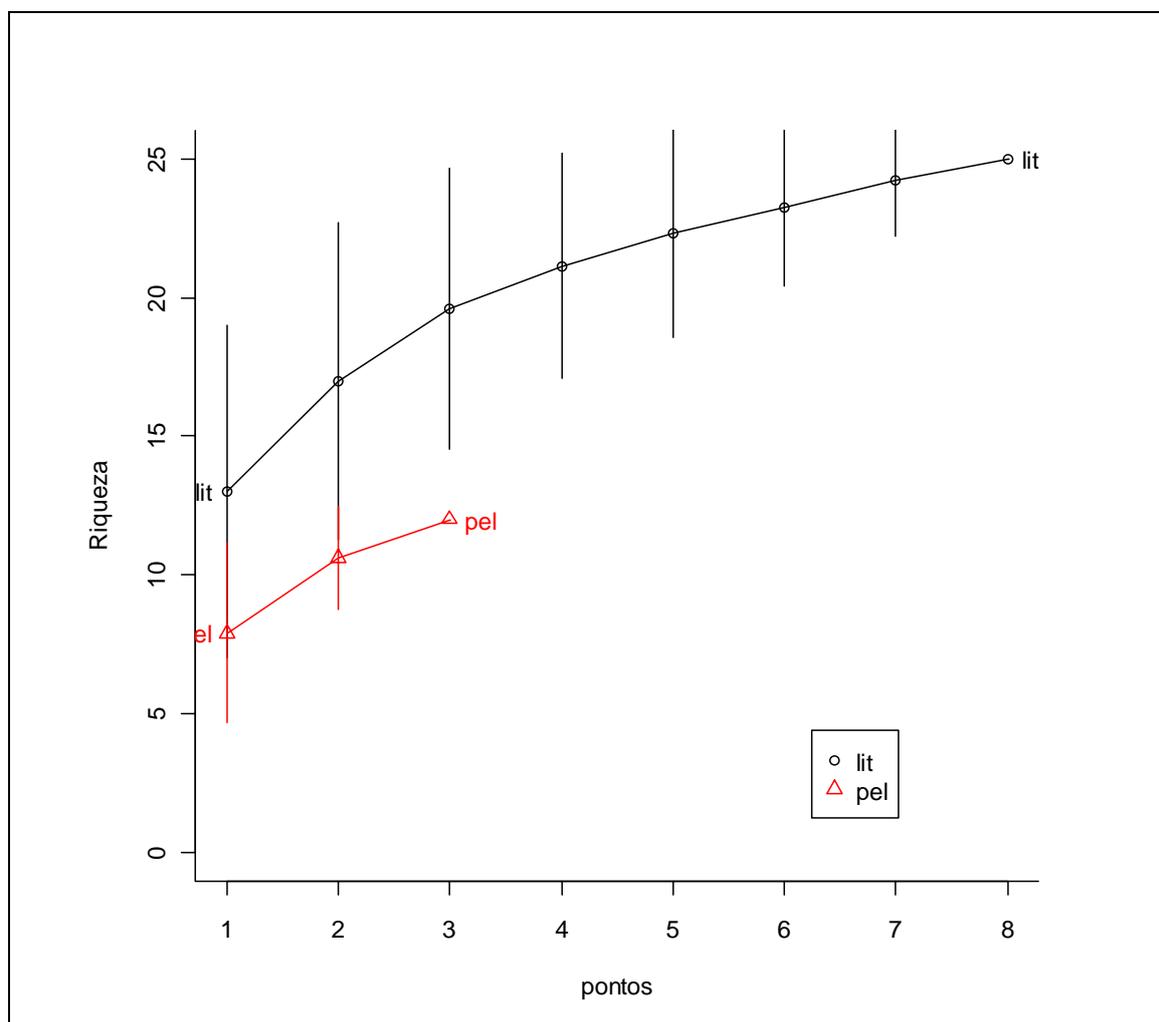


Figura 9 - Curvas comparativas de acumulação de espécies para as assembleias de microcrustáceos planctônicos (Cladocera e Copepoda) nas regiões pelágica (pel) e litorânea (lit) da Lagoa dos Tropeiros, Piumhi, MG, em março de 2007.

Quando a curva de acumulação de espécies é calculada separadamente para a região pelágica (3 pontos) e para a região litorânea (8 pontos) pode-se comparar a

riqueza de espécies estimada para um mesmo número de amostras (nesse caso três - o número de amostras da região pelágica). Nesse caso, observa-se que a riqueza é maior na região litorânea do que na região pelágica, não só quando analisamos a curva em um mesmo número de amostras, mas também quando se observa a tendência das curvas, o que evidencia a importância da região litorânea com bancos de macrófitas para a diversidade de microcrustáceos da Lagoa dos Tropeiros.

#### **4.4. Variação espacial da densidade das populações de microcrustáceos planctônicos na Lagoa dos Tropeiros**

Os resultados relativos à variação na densidade dos microcrustáceos planctônicos nos diferentes pontos amostrados na Lagoa dos Tropeiros são apresentados na Tabela 11. A densidade total de Cladocera e Copepoda por ponto amostrado apresentou uma variação entre 3.876 ind.m<sup>-3</sup> (P8) e 59.707 ind.m<sup>-3</sup> (P3). A densidade absoluta e relativa dos microcrustáceos por grupo é apresentada nas Tabelas 12 e 13, respectivamente. Estes resultados evidenciam que os Copepoda Cyclopoida predominaram em oito pontos - P1 (63%), P2 (45%), 5 (42%), 7 (67%), 8 (51%), 9 (76%), 14 (73%) e 16(70%) - enquanto os Cladocera predominaram nos outros três pontos – P3 (56%), P6 (53%) e P13 (93%).

Tabela 11 - Valores de densidade (ind. m<sup>-3</sup>) das assembleias de microcrustáceos planctônicos em diferentes pontos da Lagoa dos Tropeiros em março de 2007.

Cladocera	Região Pelágica			Região Litorânea								Total	Média
	P01	P02	P03	P05	P06	P07	P08	P09	P13	P14	P16		
<i>Alona ossiani</i>	0	0	0	0	180	0	0	10	0	0	0	190	17,27
<i>Alona verrucosa</i>	0	0	0	0	120	0	0	10	10	0	0	140	12,73
<i>Bosmina longirostris</i>	10	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0	40	3,64
<i>Bosmina freyi</i>	50	30	120	0	0	0	0	10	0	0	0	210	19,09
<i>Bosminopsis deitersi</i>	4440	9320	32332	20	12236	500	280	0	0	50	70	59248	5386,18
<i>Camptocercus daday</i>	0	0	0	0	10	0	0	0	0	40	0	50	4,54
<i>Ceriodaphnia cornuta</i>	40	20	10	40	30	10	0	30	0	870	150	1200	109,09
Chydoridae não ident.	10	10	0	0	0	0	10	0	0	0	0	30	2,73
<i>Chydorus dentifer</i>	0	0	0	70	130	40	0	20	20	310	0	590	53,64
<i>Diaphanosoma brevireme</i>	0	0	0	10	60	0	0	30	30	280	60	470	42,73
<i>Diaphanosoma fluviatile</i>	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	10	0,91
<i>Euryalona orientalis</i>	0	0	0	20	30	0	0	10	20	60	0	140	12,73
<i>Graptoleberis testudinaria</i>	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	20	1,82
<i>Ilyocryptus spinifer</i>	0	0	0	1171	4189	150	300	1247	2344	1030	1150	11580	1052,73
<i>Macrothrix spinosa</i>	10	0	10	90	3570	80	40	200	32364	1611	1250	39225	3565,88
<i>Moina minuta</i>	830	460	700	410	260	870	0	0	0	0	0	3530	320,91
<i>Sarsilatona serricauda</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0	0	50	4,55
<i>Simocephalus serrulatus</i>	0	20	0	10	600	10	20	110	50	110	1380	2310	210,00

Tabela – 11 (continuação)

	Região Pelágica			Região Litorânea									Total	Média
	P01	P02	P03	P05	P06	P07	P08	P09	P13	P14	P16			
<b>Copepoda Calanoida</b>														
Nauplio	2233	3636	8201	1043	1610	925	1230	1048	237	11900	633	32697	2972,47	
Copepodito	110	280	250	20	361	40	0	30	10	150	240	1491	135,58	
<i>Notodiaptomus cearensis</i>	0	0	0	30	20	10	20	0	40	30	310	460	41,82	
<i>Notodiaptomus iheringi</i>	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	2,73	
<i>Notodiaptomus sp1</i>	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	10	0,91	
<b>Copepoda Cyclopoida</b>														
Nauplio	8673	7400	12095	1615	12524	4070	1456	7310	558	41300	3610	100610	9146,38	
Copepodito	4308	3480	5959	470	3650	1172	480	1162	707	2353	7157	30896	2808,77	
<i>Mesocyclops sp</i>	0	0	0	0	80	10	0	0	50	100	160	400	36,36	
<i>Microcyclops alius</i>	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	10	0,91	
<i>Microcyclops anceps</i>	0	50	0	30	510	10	10	60	370	290	1250	2580	234,55	
<i>Thermocyclops decipiens</i>	70	0	0	0	0	10	0	10	0	20	0	110	10,00	
<i>Thermocyclops minutus</i>	50	150	0	30	90	100	10	0	300	340	140	1210	110,00	
Cyclopoida sp1	0	0	0	20	0	30	20	20	310	310	0	710	64,55	
<b>Total</b>	<b>20864</b>	<b>24856</b>	<b>59707</b>	<b>5099</b>	<b>40300</b>	<b>8037</b>	<b>3876</b>	<b>11327</b>	<b>37469</b>	<b>61153</b>	<b>17560</b>			

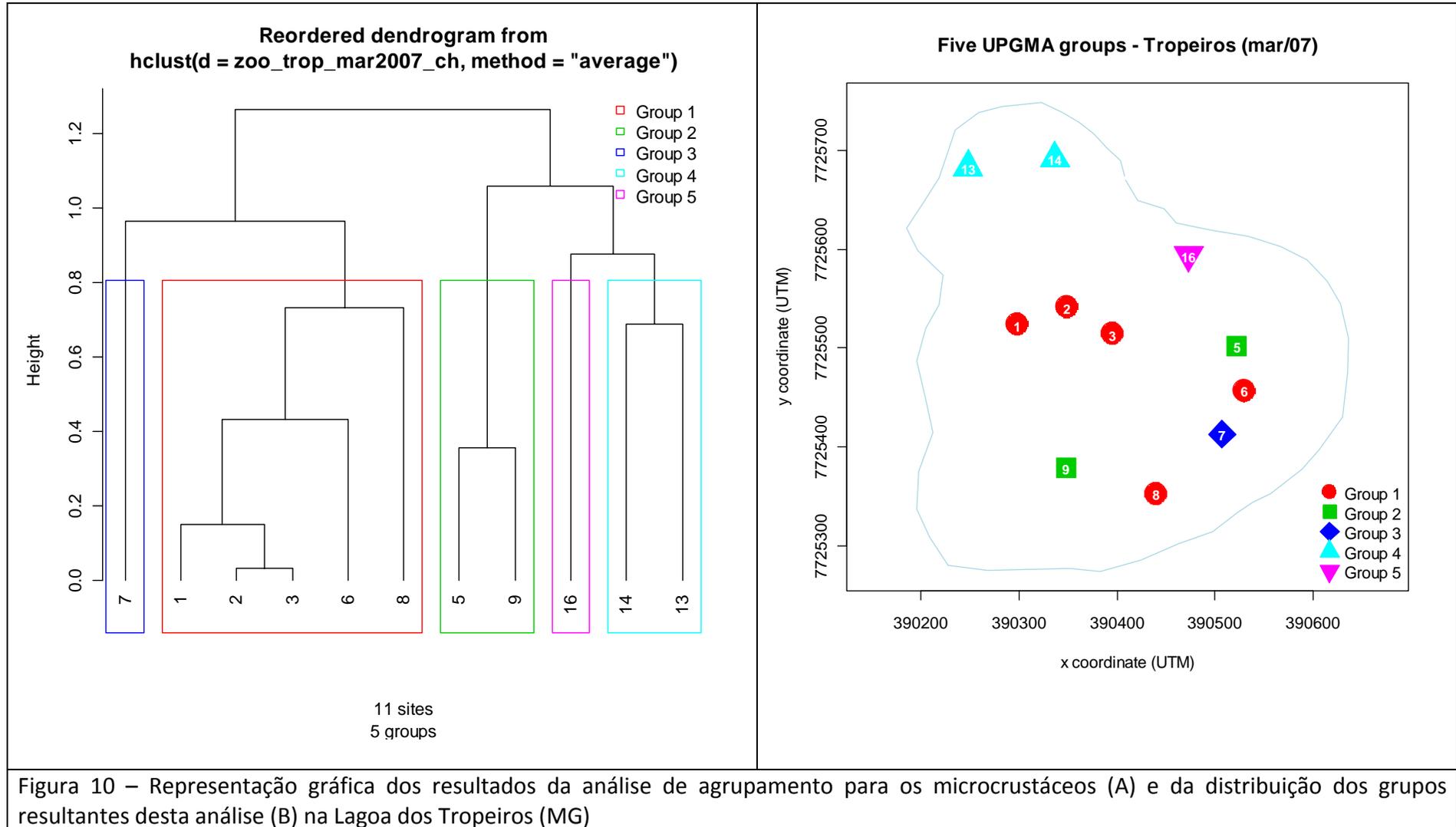


*Bosminopsis deitersi* foi o microcrustáceo mais abundante nos pontos situados na região pelágica (Pontos 1, 2 e 3). A população desta espécie ocorreu em densidades que variaram desde a mínima de 20 ind. m<sup>-3</sup> no ponto 5 (região litorânea), até a densidade máxima de 32.332 ind. m<sup>-3</sup> no ponto 3, na região pelágica.

Em um estudo realizado na Lagoa Dourada (SP) Melão & Rocha (2006) observaram que *Bosminopsis deitersi* apresentou valores de biomassa e produtividade menores quando comparado com outras espécies de cladóceros, mas o fato de ter reprodução contínua ao longo do ano e curto tempo de desenvolvimento resultava em altas taxas de produtividade anual para esta espécie. As autoras associaram as baixas densidades desta espécie à predação exercida pelos Cyclopoida *Mesocyclops longisetus* e *Tropocyclops prasinus*.

*Ilyocryptus spinifer* e *Macrthrothrix spinosa* foram as espécies mais abundantes na região litorânea. Os representantes das famílias Ilyocryptidae e Macrothricidae, aos quais estas duas espécies de Cladocera pertencem, são cladóceros tipicamente associados a substratos de fundo ou a macrófitas (Elmoor-Loureiro, 1997).

A Figura 10 mostra a análise de agrupamento para os Cladocera e Copepoda. Nesta análise, foram utilizados os indivíduos adultos por estes demonstrarem melhor os hábitos comportamentais das espécies. Esta análise mostrou que a Lagoa dos Tropeiros comporta-se como um ambiente bem heterogêneo. O Grupo 1 representa os pontos localizados na região pelágica, mais dois pontos litorâneos (P6 e P8) e os outros 6 pontos formaram 4 grupos distintos (Grupo 2: P5 e P9; Grupo 3: P7; Grupo 4: P13 e P14; e Grupo 5:16).



Walseng et al. (2006), analisando o zooplâncton de lagos noruegueses e amostrados tanto na zona litorânea quanto limnética, encontraram um número de espécies maior na amostras do litoral (mediana foi 11 e um máximo de 41) do que nas pelágicas (mediana foi 6 e máximo de 17). Analisando a frequência de ocorrência das espécies entre as amostras os autores não encontraram limites distintos entre espécies pelágicas e litorâneas e que os microcrustáceos podem ser divididos em três grupos: um grupo de espécies estritamente litorâneas/bentônicas; um grande grupo que se distribui livremente entre o habitat litoral e pelágico; e umas poucas espécies que são estritamente pelágicas.

A heterogeneidade encontrada na distribuição espacial dos microcrustáceos da Lagoa dos Tropeiros pode ser explicada em parte pelas espécies do segundo grupo (espécies que transitam entre a pelágica e a litorânea). Por exemplo, o Grupo 1 foi formado com pontos localizados na região pelágica (P01, P02 e P03) e pontos litorâneos (P6 e P8) e *Bosminopsis deitersi* ocorreu nestes cinco pontos, *Moina minuta* ocorreu em quatro destes (menos no ponto 8) e *Macrothrix spinosa* também em quatro pontos (menos no ponto 2). Outra razão para a heterogeneidade pode estar relacionada com a presença de macrófitas e a alta diversidade e biomassa destas na zona litorânea da Lagoa dos Tropeiros (os outros 6 pontos litorâneos formaram quatro grupos distintos). Walseng et al. (2006) ressaltam que o litoral é um habitat mais heterogêneo que a pelágica pois oferece um número maior de diversidade de nichos, que inclui macrófitas submersas, sedimento, areia, superfícies de rochas, bem como a coluna da água. Os autores ressaltam também que a alta riqueza de espécies do litoral pode ser resultado de uma radiação adaptativa não somente com relação às preferências alimentares, mas também por nichos espaciais e que isto pode se refletir

na origem evolutiva de alguns grupos de microcrustáceos com alta riqueza de espécies como os Chydoridae.

#### **4.5. Estrutura em tamanho das assembleias de microcrustáceos planctônicos**

Na Lagoa dos Tropeiros, para os pontos analisados para o estudo da estrutura em tamanho das assembleias de microcrustáceos, a região litorânea apresentou uma maior riqueza de espécies ( $S=20$ ) do que a região pelágica ( $S=11$ ) (Tabela 14).

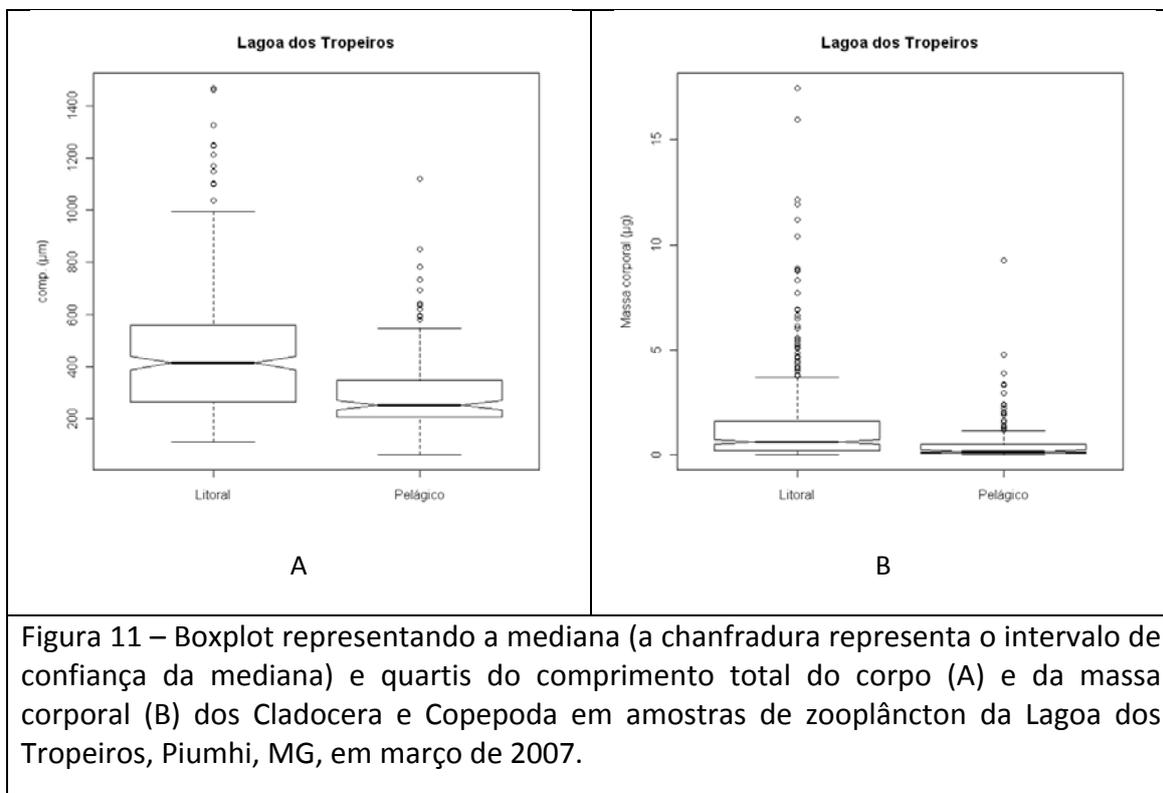
Com relação à estrutura em tamanho dos Cladocera e Copepoda na Lagoa dos Tropeiros, os resultados evidenciaram que a região litorânea apresentou espécies de maior porte (tanto em comprimento quanto em massa corporal) do que a região pelágica (Figura 11). Esta diferença ocorre principalmente pela presença de espécies de maior porte nesta região, como as espécies de cladóceros dos gêneros *Simocephalus*, *Macrothrix* e *Ilyocryptus*, além das espécies de Cyclopoida do gênero *Mesocyclops* (Figura 12).

Este padrão também é evidenciado quando as densidades dos organismos são agrupadas em classes de tamanho, sendo que na região pelágica a maior parcela da densidade está praticamente compreendida em organismos pertencentes às duas classes de menor tamanho (<200  $\mu\text{m}$  e 200-400  $\mu\text{m}$ ) que juntas representam 98,75 % dos microcrustáceos nessa região. Na região litorânea, os organismos estão concentrados nas três primeiras classes de tamanho, com 31,03% <200  $\mu\text{m}$ ; 45,33% na faixa de 200–400  $\mu\text{m}$ ; e 20,21% na faixa de 400-600  $\mu\text{m}$ , totalizando 96,57% dos microcrustáceos nesta região (Tabela 15 e Figura 13A e 13B ).

Destaca-se a ocorrência das espécies de Cladocera *Macrothrix spinosa* e *Ilyocryptus spinifer* como representantes da terceira classe de tamanho com ocorrência na região litorânea. Assim, as espécies das famílias Chydoridae, Macrothricidae e Ilyocryptidae contribuíram não só para a riqueza de espécies dessa região litorânea como também para uma maior estrutura em tamanho da comunidade nessa região.

Tabela 14 – Presença (+) e ausência (-) das espécies de Cladocera e Copepoda nos compartimentos pelágico e litorâneo da Lagoa dos Tropeiros, município de Piumhi, MG, amostrados nos períodos de março de 2007.

	Região pelágica	Região litorânea
<b>Cladocera</b>		
<i>Alona ossiani</i> Sinev, 1998	-	+
<i>Alona verrucosa</i> Sars, 1901	-	+
<i>Bosmina tubicen</i> Brehm, 1953	+	-
<i>Bosmina freyi</i> .De Mello & Hebert, 1994	+	-
<i>Bosminopsis deitersi</i> Richard, 1895	+	+
<i>Camptocercus australis</i> Sars, 1896	-	+
<i>Ceriodaphnia cornuta</i> Sars, 1886	+	+
Chydoridae não identificado	+	-
<i>Chydorus dentifer</i> Daday, 1905	-	+
<i>Diaphanosoma</i> spp	+	+
<i>Euryalona orientalis</i> Daday, 1898	-	+
<i>Graptoleberis testudinaria</i> Fischer, 1851	-	+
<i>Ilyocryptus spinifer</i> Herrick, 1882	-	+
<i>Macrothrix spinosa</i> King, 1853	+	+
<i>Moina minuta</i> .Hansen, 1899	+	+
<i>Simocephalus serrulatus</i> Koch, 1841	-	+
<b>Copepoda Calanoida</b>		
<i>Notodiaptomus cearensis</i> Wright, 1936	-	+
<i>Notodiaptomus iheringi</i> Wright, 1935	+	-
<i>Notodiaptomus</i> não identificado	-	+
<b>Copepoda Cyclopoida</b>		
<i>Mesocyclops ogunnus</i> cf Onabamiro, 1957	-	+
<i>Mesocyclops longisetus longisetus</i> Thiébaud, 1914	-	+
<i>Microcyclops alius</i> Kiefer, 1935	-	+
<i>Microcyclops anceps anceps</i> Richard, 1897	-	+
<i>Thermocyclops decipiens</i> Kiefer, 1929	+	-
<i>Thermocyclops minutus</i> Lowndes, 1934	+	+
	<b>11</b>	<b>20</b>



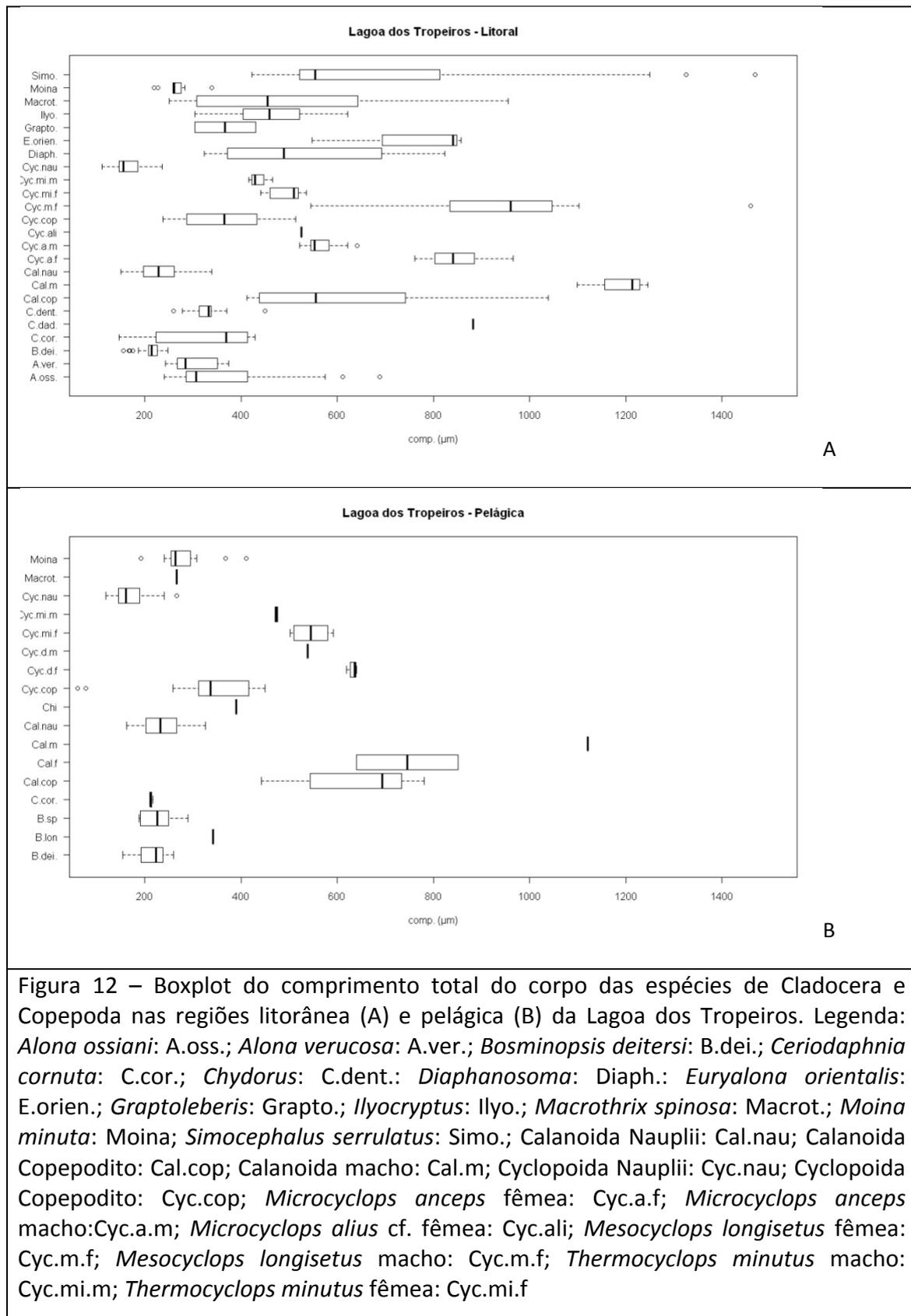


Tabela 15 – Densidade e composição dos organismos por classe de tamanho, na região pelágica da Lagoa dos Tropeiros, município de Piumhi, MG.

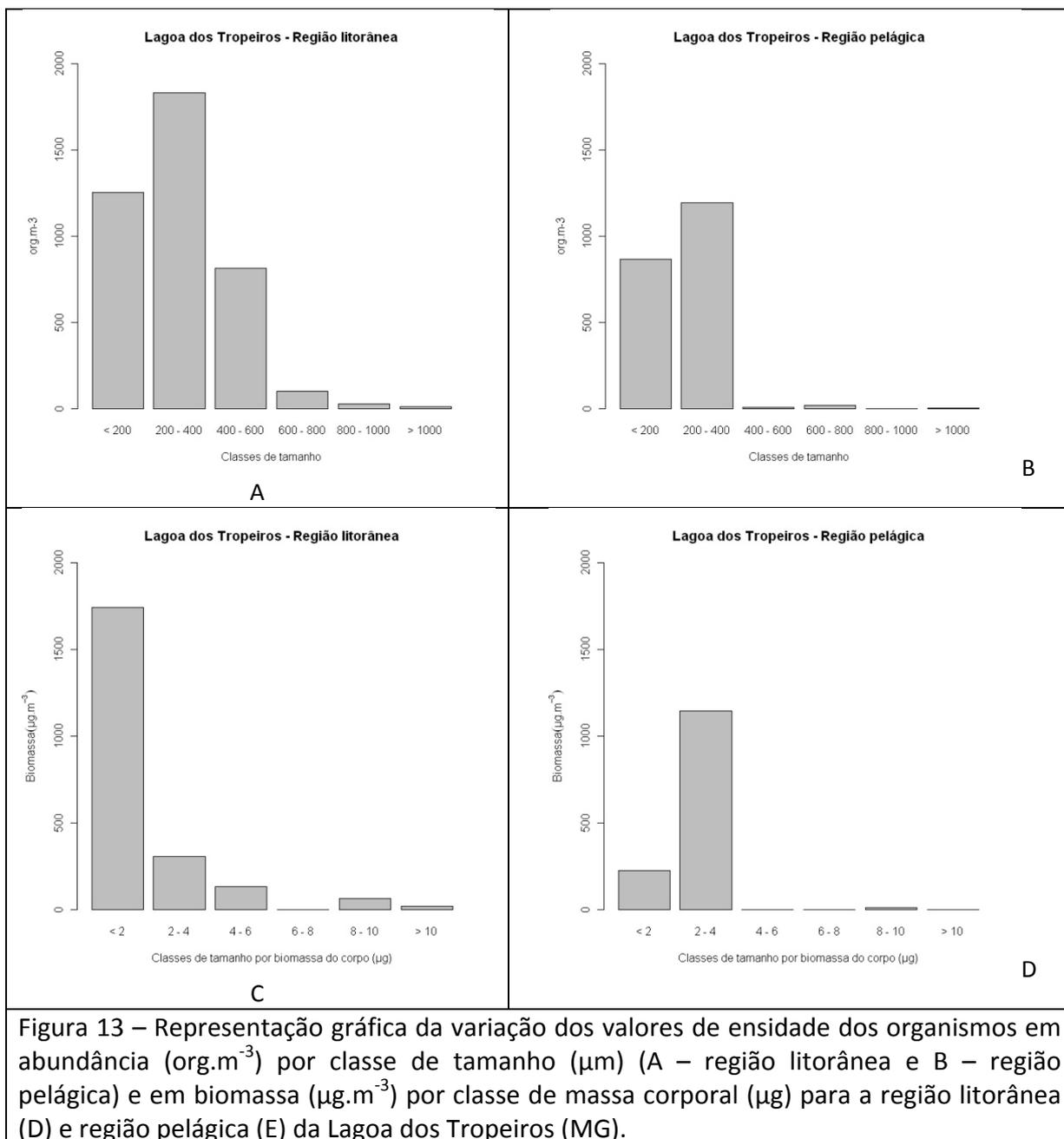
Região Pelágica			
Classes de tamanho ( $\mu\text{m}$ )	Densidade ( $\text{org.m}^{-3}$ )	%	Tipos de organismos
<200	867,35	41,57	Náuplios de Cyclopoida
200-400	1193,00	57,18	Náuplios de Calanoida, copepoditos de Cyclopoida, <i>Bosmina</i> spp, <i>Bosminopsis</i> , <i>Ceriodaphnia</i> , Chydoridae, <i>Macrothrix</i> , <i>Moina</i>
400-600	8,00	0,38	Adultos de <i>Thermocyclops</i> spp
600-800	17,00	0,81	copepoditos de Calanoida, fêmeas de Calanoida
800-1000	0,00	0,00	
>1000	1,00	0,05	Macho de Calanoida
TOTAL	2086,35	100,00	
Região Litorânea			
Classes de tamanho ( $\mu\text{m}$ )	Densidade ( $\text{org.m}^{-3}$ )	%	Tipos de organismos
<200	1252,35	31,03	Náuplios de Cyclopoida
200-400	1829,64	45,33	Náuplios de Calanoida, copepoditos de Cyclopoida, <i>Bosminopsis</i> , <i>Ceriodaphnia</i> , <i>Alona</i> spp, <i>Chydorus</i> , <i>Graptoleberis</i> , <i>Moina</i>
400-600	815,87	20,21	Adultos de <i>Thermocyclops</i> , macho de <i>Microcyclops</i> sp, <i>Microcyclops alius</i> , <i>Ilyocryptus</i> , <i>Macrothrix</i>
600-800	101,14	2,51	copepoditos de Calanoida, <i>Euryalona</i> , <i>Simocephalus</i> , machos de <i>Mesocyclops</i>
800-1000	27,99	0,69	<i>Camptocercus</i> , fêmeas de <i>Microcyclops anceps</i>
>1000	9,00	0,22	Calanoida adultos e fêmeas de <i>Mesocyclops</i>
TOTAL	4035,99	100,00	

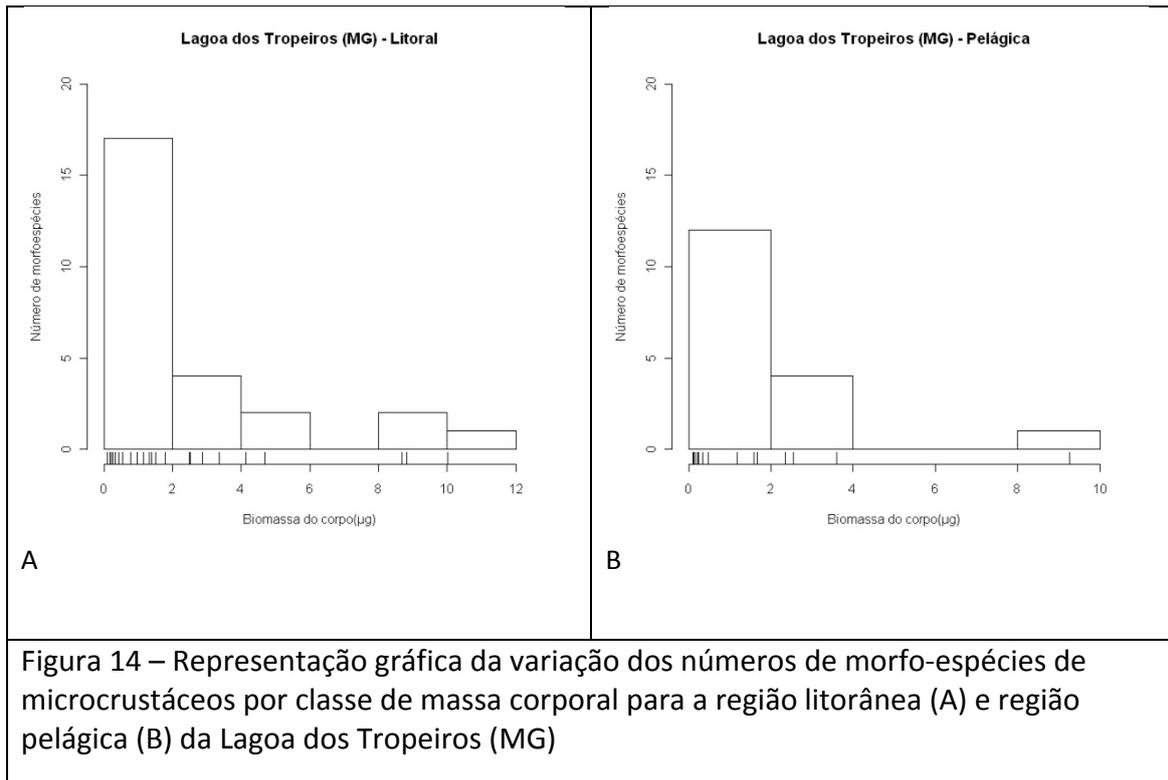
Ao analisar as classes de tamanho utilizando-se a biomassa do corpo de cada espécie e estágio de desenvolvimento (morfoespécies), a região litorânea apresentou 6 classes enquanto a região pelágica 5, sendo que a maioria das morfoespécies enquadra-se na primeira classe ( $<2 \mu\text{g}$ ) nas duas regiões (17 morfoespécies para a litorânea e 12 para a pelágica). A região litorânea apresentou representantes em quase todas as classes, com exceção da classe 6-8  $\mu\text{g}$ , enquanto a região pelágica não apresentou representantes nas classes 4-6, 6-8 e  $>10 \mu\text{g}$ , estando as morfoespécies concentradas nas duas primeiras classes (Tabela 16 e Figura 14).

Com relação à biomassa dos microcrustáceos da Lagoa dos Tropeiros, a região litorânea também apresentou uma maior biomassa comparada à região pelágica, sendo esta de 2261,09 e de 1379,14  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ , respectivamente. A região litorânea apresentou uma maior densidade na classe de  $<2 \mu\text{g}$  (1744,38  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) enquanto a maior biomassa na região pelágica ocorreu na classe 2-4  $\mu\text{g}$  (1143,75  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ). As duas regiões tiveram uma maior fração da biomassa nas duas primeiras classes, sendo que na região litorânea esta foi de 90,64% e na região pelágica está foi de 99,33% (Tabela 16 e Figura 13C e 13D).

Tabela 16 – Classes de tamanho com base na massa corporal das morfoespécies e suas respectivas densidades e representantes encontrados na região litorânea e pelágica da Lagoa dos Tropeiros (MG).

Região litorânea			
Classes (µg)	Biomassa (µg.m <sup>-3</sup> )	%	Morfoespécies
<2	1744,38	77,15	<i>Alona ossiani</i> , <i>Alona verrucosa</i> , <i>Bosminopsis deitersi</i> , <i>Ceriodaphnia cornuta</i> , <i>Chydorus dentifer</i> , <i>Diaphanosoma</i> , <i>Graptoleberis</i> , <i>Ilyocryptus</i> , <i>Macrothrix</i> sp, <i>Moina</i> , Calanoida nauplii, Cyclopoida nauplii, copepodito Cyclopoida, <i>Microcyclops anceps</i> (macho), <i>Microcyclops alius</i> (fêmea), <i>Thermocyclops minutus</i> (fêmea), <i>Thermocyclops minutus</i> (macho)
2–4	305,05	13,49	<i>Euryalona orientalis</i> , <i>Simocephalus serrulatus</i> , copepodito Calanoida, <i>Mesocyclops</i> sp (macho)
4–6	130,70	5,78	<i>Camptocercus daday</i> , <i>Microcyclops anceps</i> (fêmea)
6–8	0,00	0,00	-
8-10	60,94	2,70	<i>Notodiaptomus</i> sp1 (macho), <i>Mesocyclops</i> sp (fêmea)
>10	20,02	0,89	<i>Notodiaptomus cearensis</i> (macho)
<b>TOTAL</b>	<b>2261,09</b>	<b>100,00</b>	
Região pelágica			
Classes (µg)	Biomassa (µg.m <sup>-3</sup> )	%	Morfoespécies
<2	226,12	16,40	<i>Bosmina longirostris</i> , <i>Bosmina</i> sp, <i>Bosminopsis</i> , <i>Ceriodaphnia cornuta</i> , Chydoridae, <i>Macrothrix</i> , <i>Moina</i> , Calanoida nauplii, Cyclopoida nauplii, <i>Thermocyclops minutus</i> (fêmea), <i>Thermocyclops minutus</i> (macho), <i>Thermocyclops decipiens</i> (macho)
2–4	1143,75	82,93	Calanoida copepodito, Calanoida fêmea adulta, Cyclopoida copepodito, <i>Thermocyclops decipiens</i> (fêmea)
4–6	0,00	0,00	
6–8	0,00	0,00	
8-10	9,27	0,67	Calanoida macho adulto
>10	0,00	0,00	
<b>TOTAL</b>	<b>1379,14</b>	<b>100,00</b>	





A Lagoa dos Tropeiros apresenta uma região litorânea com extensos bancos de macrófitas. Entre cinco lagoas do Sudeste brasileiro estudadas por Tavares (2007), a Lagoa dos Tropeiros foi a que apresentou uma maior riqueza de táxons, maior densidade e maior biomassa de macroinvertebrados associados às macrófitas. As macrófitas são um importante elemento biótico na região litorânea de lagos, pois estas são importantes para a organização espacial do ambiente, para a formação de substratos para outros organismos e ciclagem de nutrientes (Pieczynska, 1990). Esta autora relaciona a alta riqueza de espécies zooplantônicas na zona litorânea com a presença de vegetação aquática devido à grande heterogeneidade ambiental proporcionada por esta vegetação, além dos recursos alimentares e refúgios que este tipo de comunidade proporciona.

Para Sousa & Elmoor-Loureiro (2008), as espécies das famílias Chydoridae, Macrothricidae e Ilyocryptidae são frequentes em bancos de macrófitas, pois apresentam estruturas e hábitos especializados para a exploração dos habitats proporcionados por este tipo de vegetação. Entre algumas destas adaptações os autores citam que os Macrothricidae e os Chydoridae possuem apêndices especializados em raspar e conduzir o alimento e espinhos bem desenvolvidos, que também atuam na manipulação desses alimentos e, entre os Chydoridae, destaca-se a maior espessura da carapaça e o uso efetivo do pós-abdome, que possibilitam uma maior mobilidade nesse tipo de ambiente.

Outra consequência importante da existência de elevada biomassa de macrófitas nas lagoas rasas em ecossistemas aquáticos tropicais é que elas contribuem grandemente para a produção primária do sistema por meio de sua própria fotossíntese e também atuando como substrato para o desenvolvimento de rica comunidade perifítica. Nos ecossistemas rasos de água doce, as cadeias alimentares podem ser de pastagem (ou herbivoria) e de detritos. Em cada sistema uma ou outra pode adquirir maior importância no fluxo de materiais e energia através das cadeias alimentares ou podem ser igualmente importantes. Em alguns casos pode haver uma maior contribuição da cadeia de detritos quando há grande desenvolvimento de macrófitas, pois estas podem limitar o crescimento do fitoplâncton por sombreamento e competição por nutrientes (Rietzler & Rocha, 2000). No caso da Lagoa dos Tropeiros a biomassa de macrófitas na região litorânea é elevada, mas aparentemente não há limitação da produção primária fitoplanctônica, pois as concentrações de clorofila a na água são ligeiramente mais elevadas (em média  $6,29 \mu\text{g.L}^{-1}$ , variando de 1,24 a 11,94

$\mu\text{g.L}^{-1}$ ) do que na região pelágica (em média  $5,75 \mu\text{g.L}^{-1}$ , variando de 2,21 a  $12,20 \mu\text{g.L}^{-1}$ ) (Tabela 17).

Tabela 17- Concentração de clorofila nos 11 pontos amostrado na Lagoa dos Tropeiros em março de 2007.

Ponto de Coleta	Região Pelágica			Região Litorânea								Média
	1	2	3	5	6	7	8	9	13	14	16	
Clorofila ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )	2,85	2,21	12,2	1,52	5,04	1,24	3,55	4,91	11,94	4,82	11,43	5,61 ( $\pm 4,22$ )

Aqui é interessante resgatar as idéias de (Lindeman 1942) que compara as cadeias alimentares terrestres e lacustres e cita que nestes últimos os ciclos alimentares são bicíclicos, pois apresentam duas formas de produtores: os bancos de macrófitas e o fitoplâncton microfítico. Com relação ao ambiente terrestre, a ausência de formas de vida análogas ao plâncton indica que os ciclos alimentares são essencialmente monocíclicos, sendo os produtores as plantas multicelulares. Ainda segundo este autor, os ciclos marinhos podem ser considerados predominantemente monocíclicos com produtores microfíticos fitoplantônicos.

Considerando que as espécies que contribuíram para o aumento do tamanho dos microcrustáceos zooplanctônicos na região litorânea não ocorreram na região limnética, é improvável que a predação seja o principal fator determinando o menor tamanho dos microcrustáceos nesta região. Por outro lado, dada a especialização alimentar dos Cladocera de maior tamanho predominantes na região litorânea, a maior disponibilidade de recursos decorrente da produtividade das macrófitas é

provavelmente o principal fator para o sucesso destes cladóceros e para a estruturação da comunidade na região litorânea.

#### **4.6. Espectro de tamanho e a curva de comparação da abundância e da biomassa (curva ABC) dos microcrustáceos da Lagoa dos Tropeiros (MG)**

Sheldon et al. (1972) apresentaram a distribuição dos organismos planctônicos marinhos através de um espectro de tamanho, na qual a abscissa representa o incremento em tamanho dos organismos em escala logarítmica e a ordenada a concentração destes organismos por volume, e formularam a hipótese de que “em uma primeira aproximação, uma concentração aproximadamente igual de material ocorre em todos os tamanhos de partículas dentro da faixa de  $1\ \mu$  a cerca de  $10^6\ \mu$ , isto é, de bactérias a baleias”. Este trabalho inspirou vários outros, tanto em ambientes marinhos quanto de água doce e novas formas de se elaborar e interpretar esse espectro de tamanho. Neste trabalho optamos por elaborar o espectro conforme o proposto por Sprules et al. (1983), por este ter sido realizado em 26 lagos na região central de Ontario, Canadá.

Observando o espectro da Lagoa dos Tropeiros, notamos que os microcrustáceos estão situados na faixa entre 100 e 1000  $\mu\text{m}$  de comprimento e um pico de biomassa ocorre próximo à faixa de 500  $\mu\text{m}$  (Figura 15A e 15B). Sprules et al. (op cit.), analisando o espectro de tamanho do plâncton em 26 lagos no Canadá, obtiveram um espectro caracterizado por dois picos distintos próximos, a 10 e 500  $\mu\text{m}$ , e que estes correspondiam, respectivamente, ao fitoplâncton e ao zooplâncton.

Segundo estes autores, as regiões de baixa biomassa observada antes, depois e entre os picos de fitoplâncton e de zooplâncton sugerem que exista alguma limitação para o tamanho físico que possa ser alcançado por organismos planctônicos em ambientes de água doce.

Outra maneira de se analisar o espectro de tamanho foi utilizada por Sprules & Munawar (1986). Segundo os autores, essa forma possibilita a análise do espectro de forma linear sendo que para uma comunidade pelágica que esteja em conformidade com o estado estacionário teórico, o espectro normalizado será linear com uma inclinação próxima a -1. A inclinação de tal espectro e o padrão de variação dos resíduos ao redor da linha podem servir para caracterizar tanto a estrutura em tamanho da comunidade quanto o grau de afastamento do estado estacionário teórico. O intercepto no eixo Y dessa linha (quando  $X=0$ ) é uma medida geral da abundância na comunidade.

Analisando o espectro normalizado dos microcrustáceos planctônicos da Lagoa dos Tropeiros, tanto a curva obtida para as amostras da região litorânea (Figura 15C) quanto aquela da região pelágica (Figura 15D) apresentam um baixo valor de coeficiente de determinação ( $R^2$ ), respectivamente 0,1016 e 0,05255, o que significa uma alta dispersão. Sprules & Munawar (1986) obtiveram valores baixos de variação residual para o espectro normalizado da comunidade planctônica no Lago Superior (alto valor de  $R^2$ ), um ecossistema grande, de massa de água relativamente uniforme e oligotrófico e concluíram que esta comunidade estaria próxima ao estado estacionário, enquanto para o Lago Saint Clair foi obtida a maior variação ao longo da linha de tendência (baixo  $R^2$ ), sendo que este ambiente é raso e turvo, recebe maior carga de

nutrientes provenientes da entrada de rios e, portanto, a comunidade planctônica provavelmente nunca alcançaria o estado estacionário.

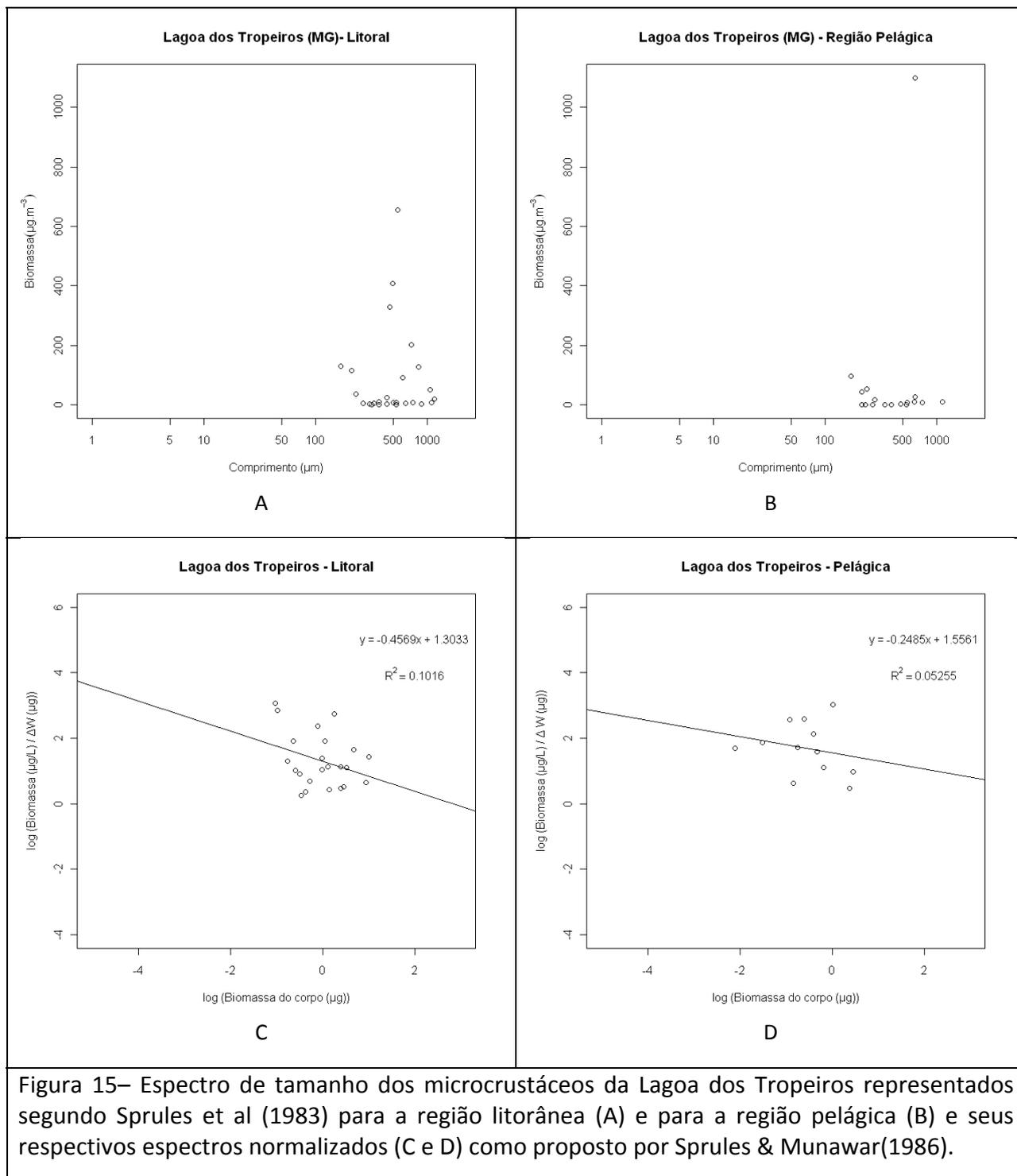


Figura 15– Espectro de tamanho dos microcrustáceos da Lagoa dos Tropeiros representados segundo Sprules et al (1983) para a região litorânea (A) e para a região pelágica (B) e seus respectivos espectros normalizados (C e D) como proposto por Sprules & Munawar(1986).

Analisando os resultados contidos na Tabela 18 podemos observar que os valores encontrados para a Lagoa dos Tropeiros (baixo valor de  $R^2$  e inclinação menor que -1) indicam que a comunidade estaria longe do estado estacionário, o que parece coerente devido às suas características: tamanho pequeno, baixa profundidade e intensa ocupação agropecuária em suas margens.

Tabela 18 – Coeficientes de determinação ( $R^2$ ), inclinação (b) e intercepto (a) dos espectros normalizados da Lagoa dos Tropeiros (MG) comparados com outros estudos.

Lago	$R^2$	Inclinação (b)	Intercepto (a)
Tropeiros – litoral	0,1016	-0,4569	1,3033
Tropeiros - pelágica	0,052	-0,2485	1,5561
Superior(Canadá)*	0,94 a 0,98	-1,00 a -1,15	0,41 a 0,73
St. Clair (Canadá)*	0,68 a 0,89	-0,76 a -1,05	1,11 a 1,83
Estuário do Rio Kaw – período de chuva (Guiana Francesa)**	0,78	-0,95	-0,16
Estuário do Rio Kaw – período de seca (Guiana Francesa)**	0,96	-1,59	3,51

\* Dados de Sprules & Munawar (1986) para a comunidade planctônica (fitoplâncton e zooplâncton).

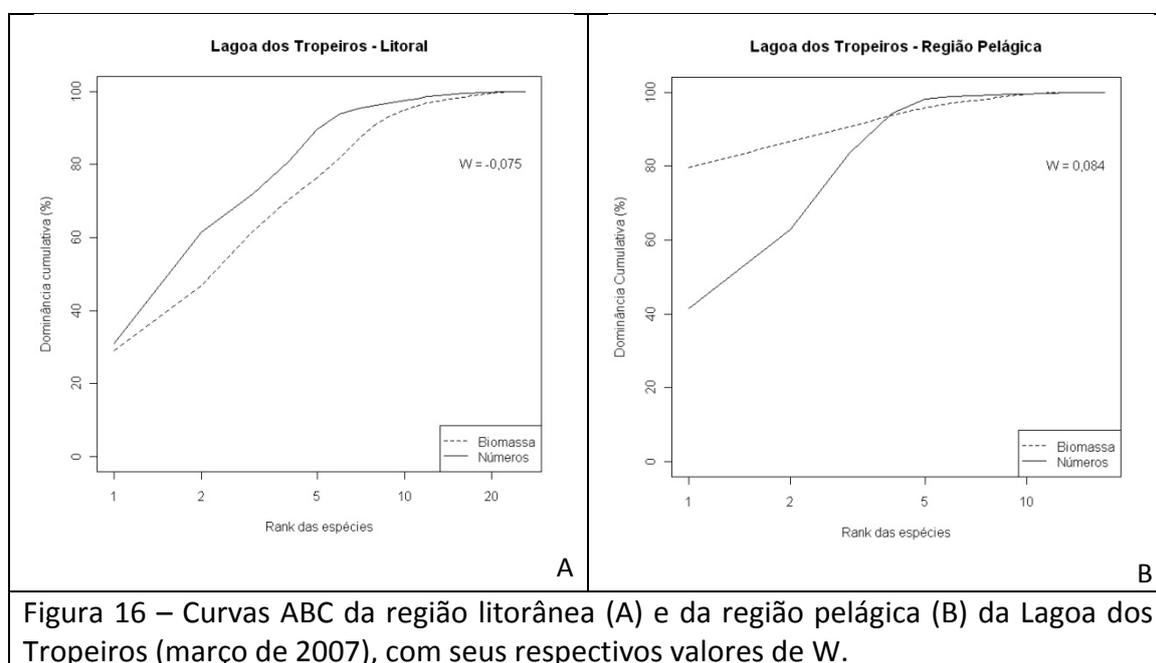
\*\* Dados de Lam-Hoai et al. (2006) para zooplâncton de estuário.

O método de comparação da abundância e da biomassa (curva ABC) de uma comunidade foi proposto inicialmente por Warwick (1986) para monitorar os efeitos da poluição sobre a comunidade bentônica marinha. O autor propõe que uma análise gráfica comparando as proporções relativas de biomassa e números para cada espécie,

utilizando a curva *k*-dominância na qual as espécies são ranqueadas em ordem de importância no eixo X (escala logarítmica) com a dominância cumulativa em porcentagem da biomassa e da abundância no eixo Y. Segundo o modelo conceitual proposto pelo autor, o modelo esperado para as comunidades de ambientes não poluídos apresentariam a curva de biomassa mais elevada que a curva de números em toda a sua extensão, indicando maior “diversidade numérica” do que a “diversidade em biomassa”. Para ambientes sob poluição moderada a diferença entre as curvas de biomassa e números diminuiria, sendo que estas seriam próximas e poderiam se interceptar (cruzar uma sobre a outra) uma ou mais vezes, enquanto em ambientes onde a poluição é mais severa a curva de números se situaria acima da curva de biomassa ao longo de toda sua extensão, evidenciando maior “diversidade de biomassa” do que “diversidade de números”. Uma forma numérica de análise da curva ABC foi proposta por Clarke (1990) na qual se obtém o valor de *W*: quando este é positivo, indica assembleias não perturbadas; se negativo, sugere uma comunidade perturbada; e se o índice for próximo a zero, implica em um distúrbio moderado.

O resultado da aplicação da curva ABC e da estatística *W* para os microcrustáceos da Lagoa dos Tropeiros, comparando a região pelágica e litorânea, é apresentado na Figura 16. A região litorânea apresentou uma curva de números acima da curva de biomassa e um valor negativo de *W* ( $W=-0,075$ ) indicando uma comunidade de ambiente perturbado, enquanto na região pelágica a curva de biomassa foi superior à de números e o valor de *W* foi igual a 0,084 (valor positivo) o que indica uma comunidade de ambiente não perturbado.

Este fato pode estar relacionado com o fato de que a região litorânea, por ser um ecótono entre o ambiente terrestre e aquático, recebe diretamente as influências do meio terrestre adjacente, amortizando-as. Além disso, por ser uma região mais rasa, pode sofrer mais os processos de turbulência que ocasionam ressuspensão do sedimento e podem influenciar direta ou indiretamente outras características.



Assim, embora as curvas ABC forneçam resultados ligeiramente diferentes, pois o primeiro método aponta para uma estrutura de comunidade característica de ambientes perturbados (longe do estado estacionário) tanto para a região litoral como para a região pelágica, enquanto as curvas ABC indicam perturbações apenas para a região litorânea, elas são concordantes quanto à ocorrência de perturbações na região litorânea da lagoa.

Embora o uso do espectro de tamanho do zooplâncton para análise de mudanças ecológicas em um lago tenha sido pouco aplicado para o zooplâncton (Gamble et al., 2006) e ao fato de que no presente trabalho esta análise tenha sido restrita aos microcrustáceos, esta abordagem parece bastante promissora.

#### 4.7. Diagramas de rank-abundância

As Figuras 17A e B apresentam os diagramas de rank-abundância conforme proposto por Whittaker (1965) e por Frontier (1987). Analisando e comparando todas as curvas dos pontos amostrados, observou-se que P01, P02 e P03 (localizados na região pelágica) mais o P13 apresentam uma maior inclinação que os pontos litorâneos. Este resultado corrobora com os demais resultados encontrados neste trabalho, pois isto indica que a região pelágica apresenta uma menor diversidade que a região litorânea. Além disso, quando se analisam individualmente os diagramas por ponto (Figura 18), os organismos que predominaram são característicos desta região (*Bosminopsis deistersi*, *Moina minuta*, *Bosmina freyi* e *Thermocyclops minutus*), enquanto nos outros pontos espécies características de região litorânea passam a figurar entre as três primeiras espécies predominantes (*Macrothrix spinosa*, *Ilyocryptus spinifer* e *Simocephalus serrulatus*). Observou-se também que a uniformidade é alta (menor declividade da curva) nos pontos litorâneos (com exceção do P13, onde *Macrothrix spinosa* apresentou densidade relativa de 0,90), principalmente no P14 e P16, que também apresentaram o maior valor de J (0,78 e 0,80, respectivamente).

No caso da Lagoa dos Tropeiros, este tipo de diagrama evidenciou a diferença na distribuição espacial de cladóceros e copépodes adultos, com distinção entre a zona pelágica (curva decrescente mais inclinada) e a litorânea (curva decrescente menos acentuada).

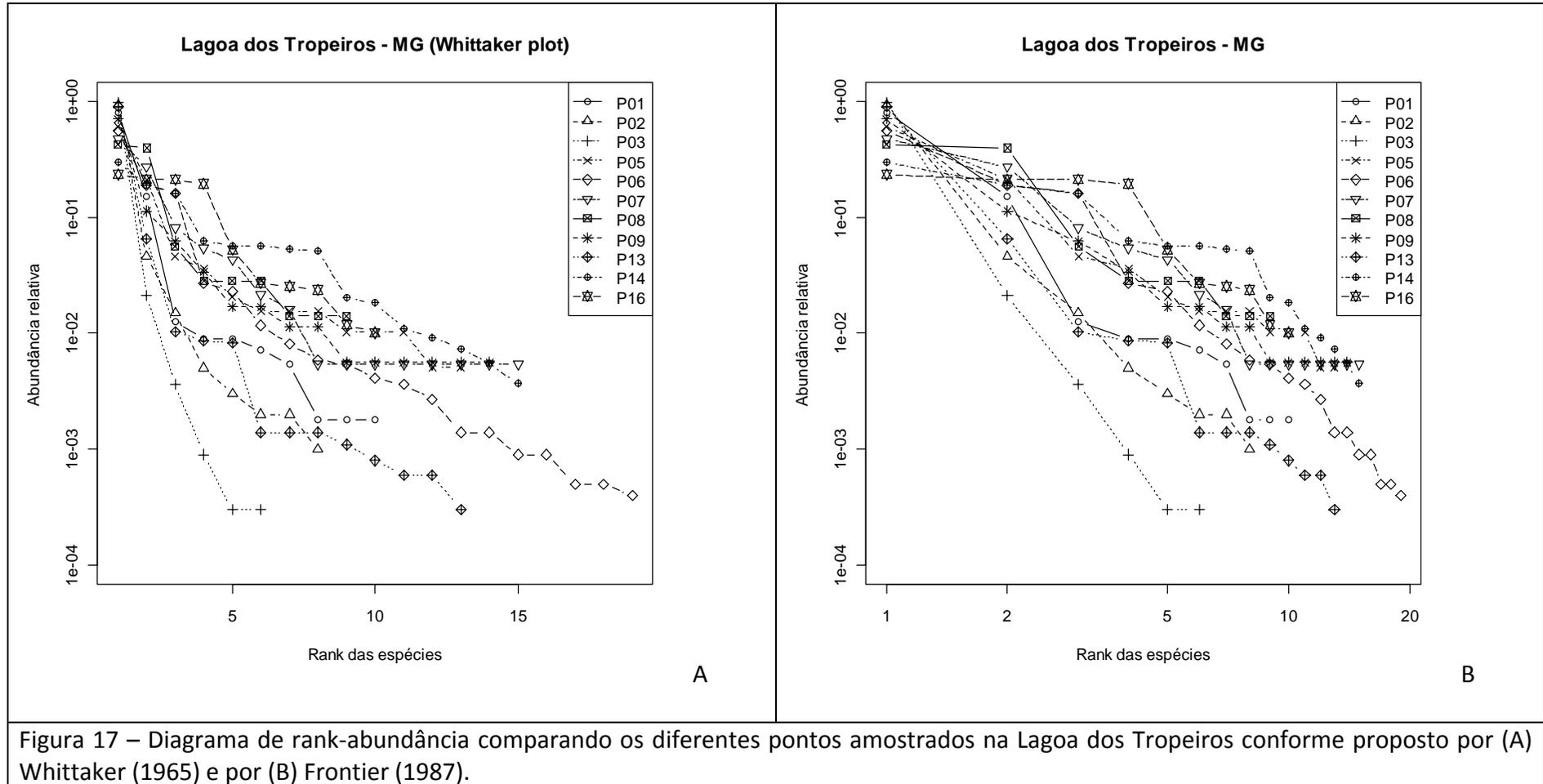


Figura 17 – Diagrama de rank-abundância comparando os diferentes pontos amostrados na Lagoa dos Tropeiros conforme proposto por (A) Whittaker (1965) e por (B) Frontier (1987).

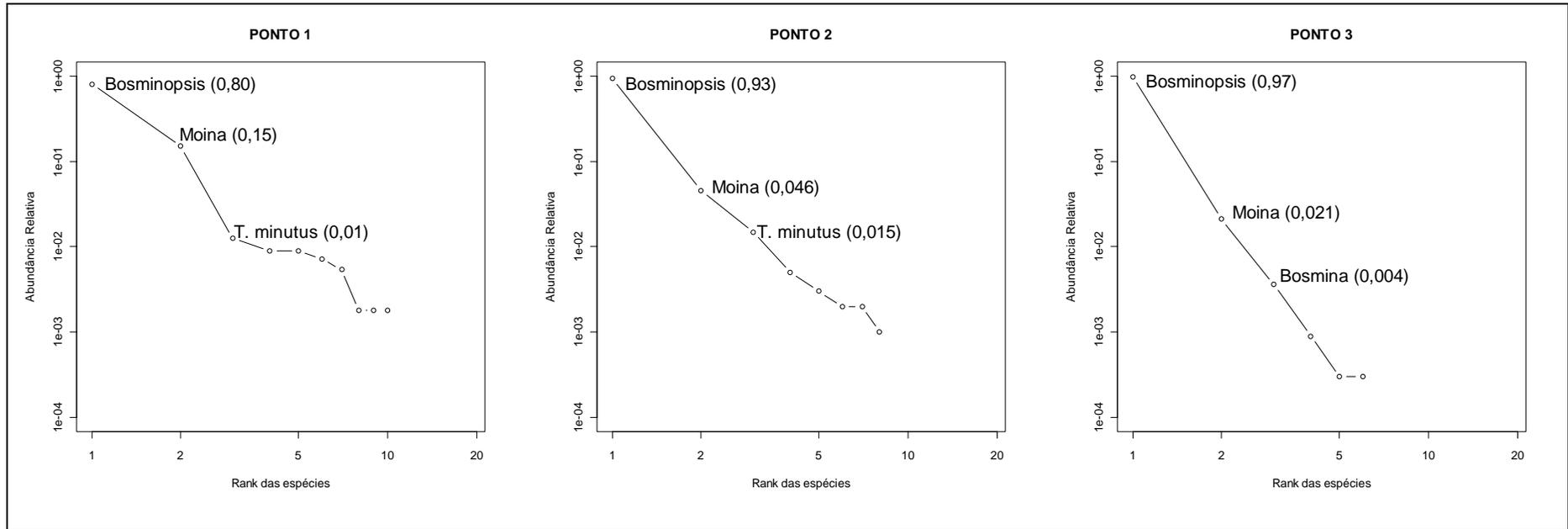


Figura 18 - Diagrama de rank-abundância para cada ponto da Lagoa dos Tropeiros indicando as espécies que predominaram em março de 2007.

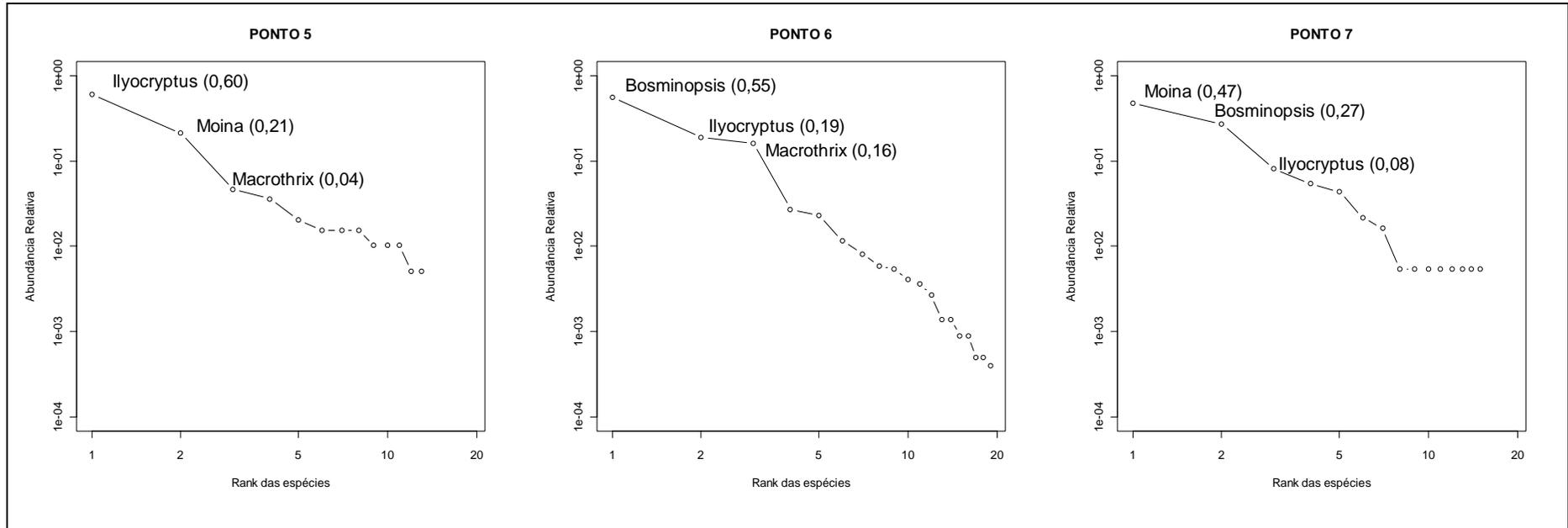


Figura 18 – continuação.

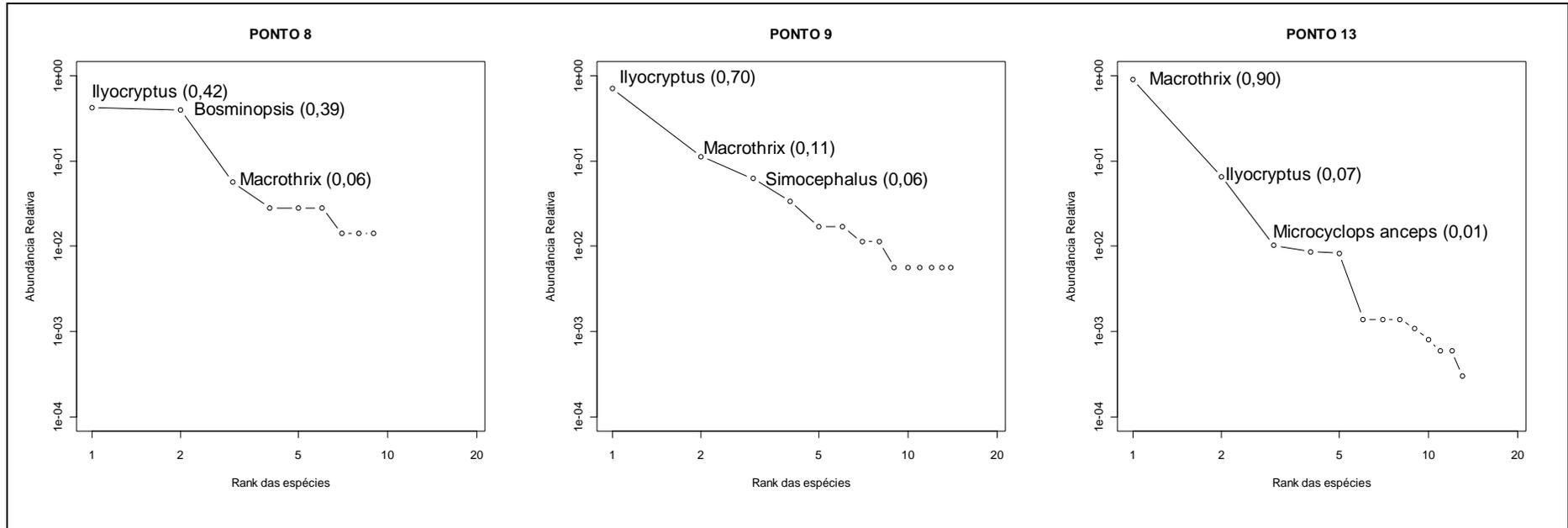


Figura 18 – continuação.

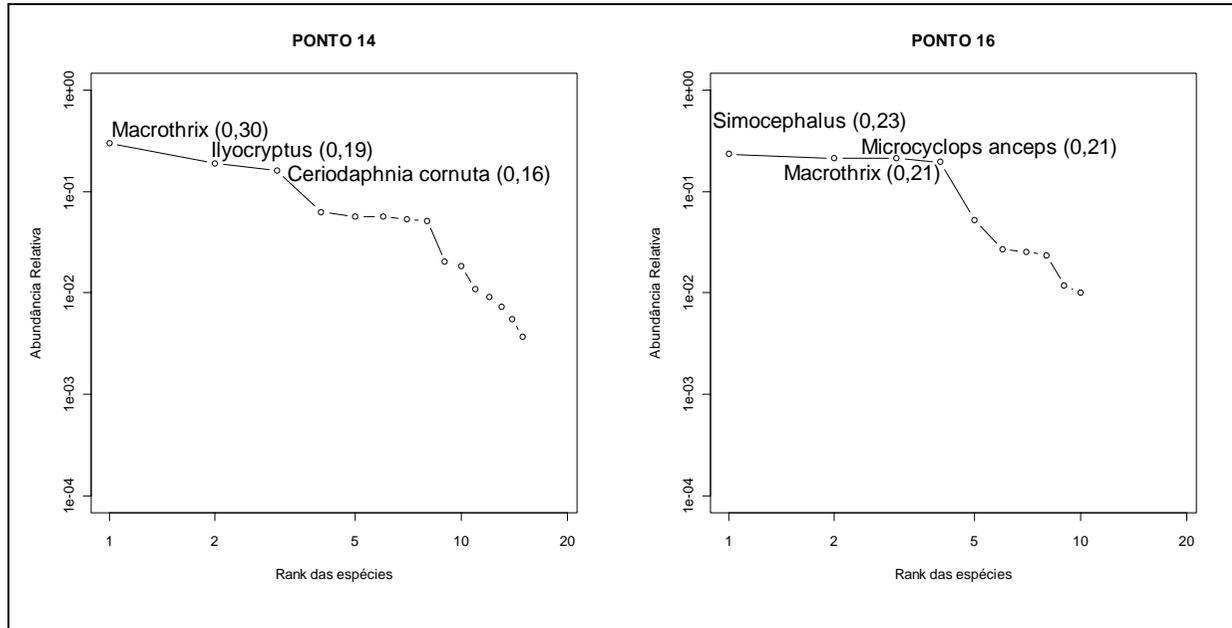


Figura 18 – continuação.

A distribuição dos indivíduos entre as espécies é uma forma de se descrever sinteticamente a diversidade de uma comunidade e vários modelos bem conhecidos têm sido propostos na literatura para ajustar tais distribuições - por exemplo: série logarítmica, lognormal, série geométrica, modelo da vara quebrada ou "broken stick", Zipf-Mandelbrot e vários outros – McGill et al. (2007) trazem uma lista dos diferentes modelos e Wilson (1991) descreve métodos para ajustar alguns destes. Porém, Frontier (1987) ressalta que a distribuição empírica pode ser utilizada sem ser ajustada a qualquer modelo, como uma descrição sintética da distribuição das espécies em amostras e que os diagramas de rank-frequência (nome e método proposto por ele) são decrescentes por construções, mas a forma como decrescem (pode ser linear, ou convexa, ou côncava, ou com degraus, etc) fornecem várias informações. Em uma revisão, Frontier (1985) utiliza vários exemplos de aplicação deste tipo de diagrama, como o efeito do gradiente de poluição em bentos marinhos e a sucessão do fitoplâncton lacustre.

Os valores do intercepto e da inclinação das curvas rank-abundância e do coeficiente de determinação entre estes relativos às curvas de rank-abundância das assembleias de microcrustáceos da Lagoa dos Tropeiros em cada ponto são apresentados na Tabela 19.

Tabela 19- Valores do intercepto, da inclinação e do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) das curvas de rank-abundância das populações de microcrustáceos calculados para cada ponto da Lagoa dos Tropeiros.

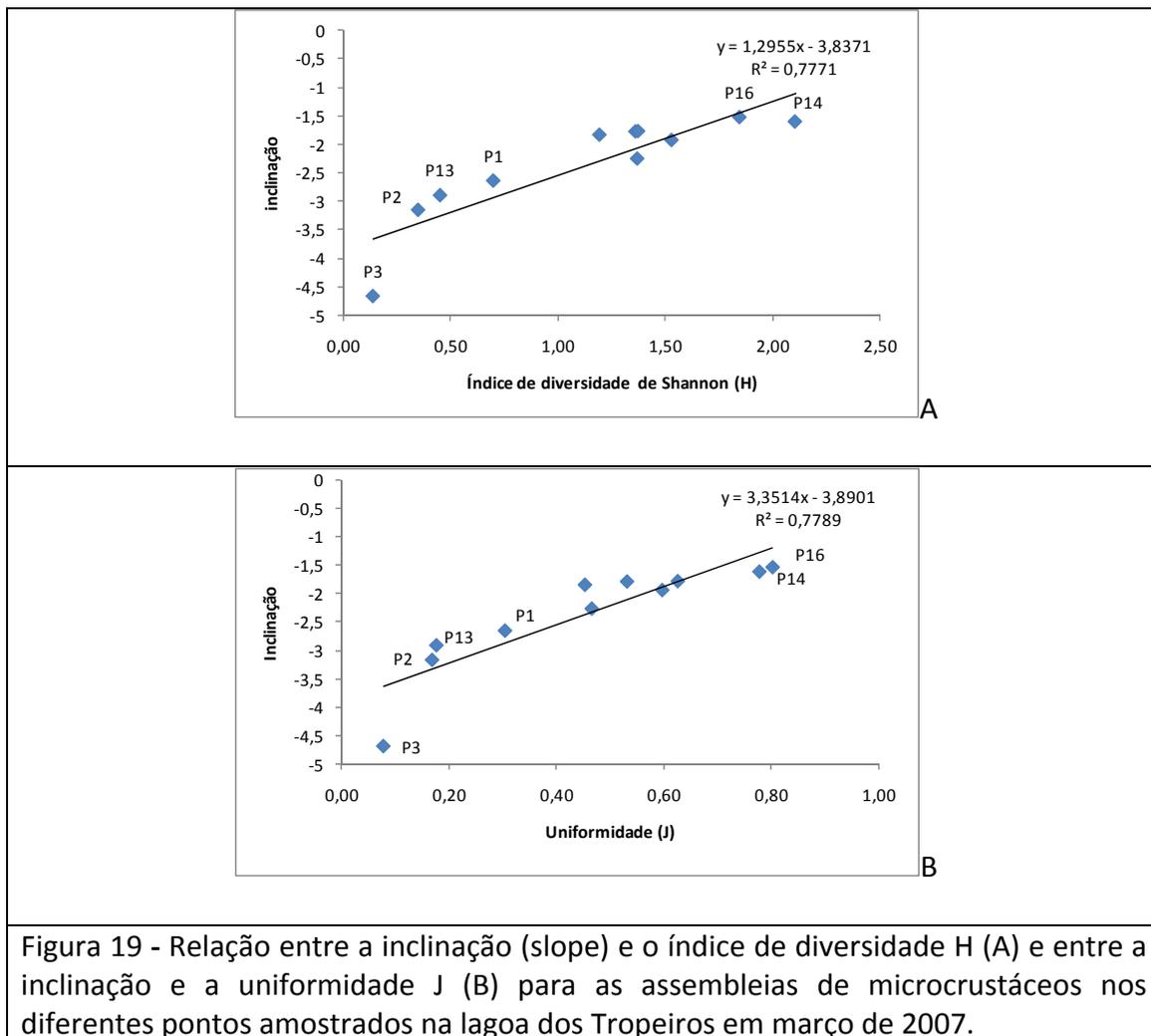
Pontos	a (intercepto)	b (inclinação)	$R^2$
1	0,6034	-2,645	0,9456
2	0,5803	-3,158	0,9768
3	0,7151	-4,669	0,9639
5	0,5015	-1,783	0,9639
6	1,1714	-2,259	0,9699
7	0,6512	-1,933	0,9446
8	0,5482	-1,777	0,9032
9	0,4705	-1,841	0,9694
13	0,5267	-2,901	0,9669
14	0,6257	-1,61	0,8725
16	0,544	-1,532	0,7919

Os valores do intercepto e da inclinação da Tabela 19 foram plotados versus os valores do índice de diversidade de Shannon ( $H'$ ), de uniformidade (J) e de riqueza (S) obtidos em cada ponto e foi feita uma análise de regressão linear. A Tabela 20 apresenta os  $R^2$  dessas análises. Os maiores valores de determinação ( $R^2$ ) foram obtidos para a relação entre a inclinação das retas (b) e a uniformidade (J), seguida da relação entre a inclinação (b) e a diversidade ( $H'$ ).

Tabela 20 – Valores de  $R^2$  obtidos da comparação entre o intercepto e os índices de H, J e S e entre a inclinação e os índices de H, J e S.

	S	H	J
Intercepto (a)	0,3135	0,0016	0,0043
Inclinação (b)	0,1863	0,771	0,7789

A Figura 19 mostra as relações entre inclinação e diversidade (Figura19A) e entre inclinação e uniformidade (Figura19B). Observa-se nestas figuras, que quanto maior o valor da inclinação das curvas de rank-abundância (valor de b) maiores são os valores dos índices de diversidade e de uniformidade.



Assim, os pontos que apresentaram uma curva com um decréscimo mais acentuado na abundância dos indivíduos (o que indica maior dominância de uma espécie ou algumas espécies) tiveram os menores valores de inclinação (P1=-2,645,

P2=-3,158, P3=-4,669 e P13= -2,901) e as curvas que apresentaram um decréscimo menos acentuado tiveram os maiores valores de inclinação (P14=-1,61 e P16=1,532).

É importante notar também que as correlações para os pontos com maior índice de diversidade e uniformidade foram menores que os demais (P14:  $R^2 = 0,8725$  e P16 = 0,7919) evidenciando também a interligação entre riqueza e uniformidade, pois nos pontos com maior riqueza a dispersão dos dados é maior, devido às espécies raras.

Hwang et al. (2009), analisando os diagramas de rank-abundância (RAD) de copépodos planctônicos do estuário do Rio Danshuei (Taiwan), observaram que mudanças no slope destas curvas ocorriam ao longo das mudanças sazonais (como por exemplo, de uma forma menos acentuada durante o outono para uma mais acentuada e quase linear no inverno) ou em certos distúrbios (como a intrusão de águas frias).

Segundo Frontier 1987), a diversidade das espécies pode ser analisada segundo a Teoria dos Fractais e sugere que a análise de comunidades possa ser feita segundo o modelo de Mandelbrot. Neste modelo, dois parâmetros ( $\beta$  e  $\gamma$ ) têm importância funcional:  $\beta$  seria relacionado com a diversidade do ambiente e  $1/\gamma$  estaria relacionado com a previsibilidade da comunidade, que é a probabilidade das espécies ocorrerem quando as condições que estas necessitam são encontradas. O autor coloca que  $1/\gamma$  (a inclinação das curvas de rank-abundância é denominado por ele como  $-\gamma$ ) é uma dimensão fractal da “distribuição das espécies”, ou distribuição dos indivíduos entre as espécies e que este tem forte correlação linear com a medida de uniformidade (J).

Para a Lagoa dos Tropeiros, somente  $\gamma$  foi calculado, pois este parâmetro corresponde a inclinação calculada. A correlação entre uniformidade (J) e  $1/\gamma$  foi calculada e esta foi alta ( $R^2=0,9284$ ) (Figura 20).

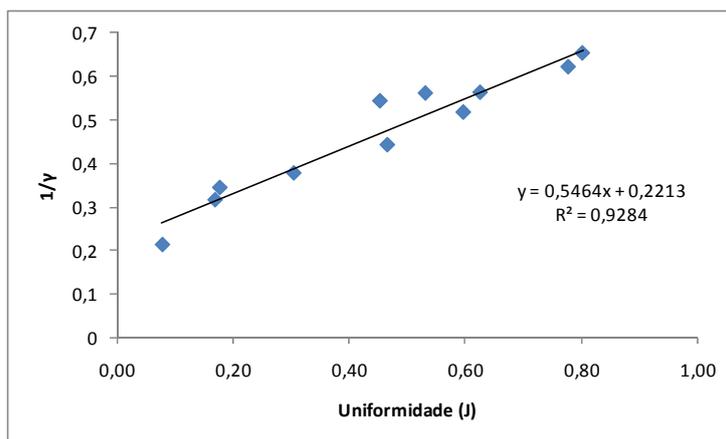


Figura 20 – Relação entre o parâmetro  $1/\gamma$  e uniformidade (J) para as assembleias de microcrustáceos nos diferentes pontos amostrados na lagoa dos Tropeiros em março de 2007.

Juhos & Vörös (1998) analisando este parâmetro ( $\gamma$ ) na organização da comunidade fitoplactônica encontrou diferenças entre a bacia menos eutrofizada (Siófok:  $R^2 = 0,79$ ) e a bacia hipereutrofizada (Keszthely:  $R^2 = 0,11$ ) do Lago Balaton e sugerem que este parâmetro do modelo pode ser utilizado para este tipo de análise. Segundo os autores, a questão seria descobrir onde e como ocorreria a transição entre as duas formas de organização da comunidade, o que seria importante para identificar sinais de mudança nas comunidades durante o processo de eutrofização.

Segundo França (2010), a Lagoa dos Tropeiros apresenta um grau de trofia que varia entre o oligotrófico para o mesotrófico. Assim, o valor encontrado de  $R^2$  (0,9284) entre J e  $1/\gamma$  para os microcrustáceos da Lagoa estaria de acordo com esta

classificação, o que abre uma possibilidade para que este tipo de análise possa ser utilizada para identificar futuros distúrbios e mudanças na estrutura de comunidade de microcrustáceos.

Os resultados obtidos na Lagoa dos Tropeiros indicam que os diagramas de rank-abundância podem ser utilizados para avaliar a distribuição espacial de microcrustáceos planctônicos adultos e abre uma perspectiva para outros tipos de estudos como a sucessão e a eutrofização.

## 5. CONCLUSÕES

- A Lagoa dos Tropeiros é um sistema remanescente em planície de inundação, com características similares à de outros corpos de água da mesma região: teores de nitrogênio e fósforo moderados, baixa condutividade elétrica da água e concentrações variáveis de oxigênio dissolvido;
- A elevada quantidade de macrófitas sugere que este ecossistema passa por um processo de sucessão hidrarquica mais acelerado em virtude da perda do pulso de inundação em consequência da transposição do rio Piumhi da bacia do rio Grande para a bacia do rio São Francisco.
- As assembleias de microcrustáceos planctônicos têm composição mais similar aos corpos de água da bacia do Rio Grande do que da bacia do Rio São Francisco, evidenciando ter mantido em grande parte sua composição original, anterior à transposição.
- A riqueza de espécies de Cladocera e Copepoda é compatível com o tamanho da lagoa e contêm 5 espécies exclusivas deste corpo de água, as quais não foram ainda registradas para corpos de água das bacias dos rios Grande e São Francisco, entre os quais a lagoa está inserida.
- A riqueza máxima esperada por meio de vários estimadores é mais elevada do que a riqueza observada sugerindo que o esforço amostral deve ser ampliado para uma medida mais acurada da diversidade zooplanctônica.

- A elevada heterogeneidade ambiental e a ocorrência de abundante vegetação aquática resulta em heterogeneidade ambiental com diferentes assembleias de microcrustáceos planctônicos, aceitando-se desta forma a primeira hipótese formulada.

- Nos compartimentos pelágico e litorâneo as assembleias de microcrustáceos diferem significativamente em relação ao espectro de tamanho, com maior tamanho nas espécies tipicamente litorâneas, aceitando-se desta forma a segunda hipótese formulada.

-A diversidade alfa da assembleia de microcrustáceos na região litorânea é muito mais elevada do que na região pelágica, aceitando-se desta forma a terceira hipótese formulada.

- As curvas ABC relacionando a abundância numérica e a biomassa da assembleia de microcrustáceos na Lagoa dos Tropeiros evidencia que a região litorânea é um ambiente com moderados distúrbios enquanto a região pelágica constitui um ambiente estável

- As inclinações das curvas de rank-abundância e o recíproco do parâmetro gama ( $1/\gamma$ ) indicam que a assembleia de microcrustáceos da Lagoa dos Tropeiros é característica de ambiente de baixo grau de trofia.

## 6. BIBLIOGRAFIA

Ab'Sáber, A.N., 1969. *Províncias geológicas e domínios morfoclimáticos no Brasil*. 15<sup>o</sup> ed., São Paulo: Inst. Geogr. USP.

Agostinho, Angelo A & Zalewski, M., 1995. The dependence of fish community structure and dynamics on floodplain and riparian ecotone zone in Parana River, Brazil. *Hydrobiologia*, 303, p.141-148.

Aleya, L. & Devaux, J., 1992. The Concept of Seasonal Succession Theory Applied to Phytoplankton Through the Coupling Use of Diversity Index and Rank-Frequencies Diagrams in a Eutrophic Ecosystem. *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie*, 77(4), p.579-591.

Aoki, I., 1995. Diversity and rank-abundance relationship concerning biotic compartments. *Ecological Modelling*, 82(1), p.21-26.

Bonecker, C.C., Aoyagui, A.S.M. & Santos, R.M., 2009. The impact of impoundment on the rotifer communities in two tropical floodplain environments: interannual pulse variations. *Brazilian Journal of Biology*, 69(2, Suppl. S), p.529-537.

Bottrell, H.H. et al., 1976. A review of some problems in zooplankton production studies. *Norw. J. Zool.*, 24, p.419-456.

Brooks, J.L. & Dodson, S.I., 1965. Predation, body size, and composition of plankton. *Science*, 150, p.28-35.

Camargo, A.F.M. & Esteves, F.A., 1995. Influence of water level variation on fertilization of an oxbow lake of Rio Mogi-Guaçu, state of São Paulo, Brazil. *Hydrobiologia*, 299, p.185-193.

Carvalho, P. de et al., 2001. Limnologia comparada de lagos e lagoas de planícies de inundação da América do Sul. *Acta Scientiarum. Biological Sciences; Vol. 23 (2001)*. Available at: <http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciBiolSci/article/view/2682>.

Castelo Branco, M.B., 2008. *Comunidade de aves aquáticas e suas interações em sistemas límnicos do sudeste brasileiro*. São Carlos: PPG Ecologia e Recursos Naturais - Universidade Federal de São Carlos. Available at: [http://200.136.241.56/htdocs/tedeSimplificado/tde\\_busca/arquivo.php?codArquivo=2527](http://200.136.241.56/htdocs/tedeSimplificado/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=2527).

Castilho-Noll, M.S.M. et al., 2010. Cladóceros (Crustacea, Anomopoda e Ctenopoda) pelágicos e litorâneos em reservatórios na região noroeste do Estado de São Paulo, Brasil. *Biota Neotrop.*, 10(1), p.21-30.

Clarke, K.R., 1990. Comparisons of dominance curves. *Journal of Experimental Marine*

*Biology and Ecology*, 138, p.143-157.

Colwell, R.K. & Coddington, J.A., 1994. Estimating Terrestrial Biodiversity through Extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 345(1311), p.101 -118.

Debiase, A.E. & Taylor, B.E., 2005. *Microcrustaceans (Branchiopoda and Copepoda) of Wetlands Ponds and Impoundments on the Savannah River Site, Aiken, South Carolina.*, Aiken, South Carolina: University of Georgia.

Dickie, L.M., Kerr, S.R. & Boudreau, P.R., 1987. Size-Dependent Processes Underlying Regularities in Ecosystem Structure. *Ecological Monographs*, 57(3), p.233–250.

Dornelas, M. et al., 2009. Species abundance distributions reveal environmental heterogeneity in modified landscapes. *Journal of Applied Ecology*, 46(3), p.666-672.

Edmondson, W.T., 1959. *Freshwater Biology* 2<sup>o</sup> ed., New York: John Wiley & Sons.

Elmoor-Loureiro, L.M.A., 1998. Branchiopoda. Freshwater Cladocera pg. 15 -41. In *Catalogue of Crustacea of Brazil*. Publicação do Museu Nacional: P. S. Young, p. 15-41.

Elmoor-Loureiro, L.M.A., 1997. *Manual de Identificação de Cladóceros Límnicos do Brasil* 1<sup>o</sup> ed., Brasília: Editora Universa.

Eskinazi-Sant'Anna, E.M. et al., 2005. Zooplankton Biodiversity of Minas Gerais State: A preliminary synthesis of present knowledge. *Acta Limnológica Brasiliensia*, 17(2), p.199-218.

França, R.S., 2010. *Estudo limnológico da Lagoa dos Tropeiros, Capitólio, MG, com ênfase na comunidade de macroinvertebrados bentônicos*. São Carlos: PPG Ecologia e Recursos Naturais - Universidade Federal de São Carlos. Available at: [http://200.136.241.56/htdocs/tedeSimplificado/tde\\_busca/arquivo.php?codArquivo=3134](http://200.136.241.56/htdocs/tedeSimplificado/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=3134).

Frontier, S., 1987. Applications of fractal theory to ecology. In *Developments in Numerical Ecology*. NATO ASI. Pierre Legendre and Louis Legendre, p. 335-378.

Frontier, S., 1985. Diversity and structure in aquatic ecosystems. , 23, p.253-312.

Gaedke, U., 1993. Ecosystem analysis based on biomass size distributions: a case study of a plankton community in a large lake. *Limnol. Oceanogr.*, 38(1), p.112-127.

Gaedke, U., 1992. The size distributions of plankton biomass in a large lake and its seasonal variability. *Limnol. Oceanogr.*, 37, p.1202-1220.

Gamble, A.E. et al., 2006. Using zooplankton biomass size spectra to assess ecological change in a well-studied freshwater lake ecosystem: Oneida Lake, New York. *Can. J. Fish. Aquatic. Sci.*, 63, p.2687-2699.

Gannon, J.E. & Stemberger, R., 1978. Zooplankton (especially crustaceans and rotifers)

as indicator of water quality. *Trans. Am. Microsc. Soc.*, 97, p.16-35.

Giovanni, G.L. et al., 2007. Thermocyclops decipiens (Kiefer, 1929) (Copepoda, Cyclopoida) as Indicator of Water Quality in the State of Minas Gerais, Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 50(4), p.695-705.

Golterman, H.L., Clymo, R.S. & Ohnstad, M.A.M., 1978. *Methods for physical and chemical analysis of freshwaters*. 2<sup>o</sup> ed., Blackwell Scientific Publications, Oxford.

Gray, J.S., Bjørgesæter, A. & Ugland, K.I., 2006. On plotting species abundance distributions. *Journal of Animal Ecology*, 75(3), p.752-756.

Hall, D.J. et al., 1976. The size-efficiency hypothesis and the size structure of zooplankton communities. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 7, p.177-208.

Hanashiro, T.T.H., *Estudo da composição taxonômica, diversidade e abundância da comunidade bentônica do Ribeirão Araras, pertencente à bacia do Rio São Francisco, na área da transposição do Rio Piumhi, afluente da bacia do Rio Grande.*, Curso de Ciências Biológicas: Universidade Federal de São Carlos.

Heckman, C.W., 1998. *The Pantanal of Poconé – Biota and Ecology in the Northern Section of The World's Largest Pristine Wetland.*, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Henry, R. & Costa, M.L.R., 2003. 2003. As macrófitas como fator de heterogeneidade espacial: um estudo em três lagoas com diferentes conectividades com o rio Paranapanema. pp 189-210, In: Thomaz, S. M. & Bini, L. M. (Eds.) *Ecologia e Manejo de Macrófitas Aquáticas*, Editora da Universidade Estadual de Maringá, 341 p. In *Ecologia e Manejo de Macrófitas Aquáticas*. EDUEM, Maringá, PR, Brasil: Thomas, S. M. & Bini, L. M., p. 189-210.

Hubbell, S P, 2001. The Unified Neutral Theory of Biodiversity and Biogeography.

Hwang, J.S. et al., 2009. Rank-Abundance Allocations as a Tool to Analyze Planktonic Copepod Assemblages off the Danshuei River Estuary (Northern Taiwan). *Zoological Studies*, 48(1), p.49-62.

Juhos, S. & Vörös, L., 1998. Structural changes during eutrophication of Lake Balaton, Hungary, as revealed by the Zipf-Mandelbrot model. *Hydrobiologia*, 369/370, p.237-242.

Junk, W.J., 1984. Ecology of the Várzea, Floodplain of Amazonian Whitewater Rivers. In *The Amazon: limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin*. Dordrecht: Sioli, H, p. 215-243.

Junk, W.J., Bayley, P.B. & Sparks, R.E., 1989. The Flood Pulse Concept in River-Floodplain Systems. *Can. Spec. Public. Fish. Aquat. Sci.*, 106, p.110-127.

Kantek, D.L.Z. et al., 2009. Cytogenetics of *Imparfinis schubarti* (Siluriformes: Heptapteridae) from the Piumhi drainage, a diverted river in Minas Gerais State, Brazil.

*Zoologia (Curitiba, Impresso)*, 26, p.733-738.

Krebs, C.J., 1999. *Ecological Methodology* 2<sup>o</sup> ed., New York: Benjamin/Cummings.

Lam-Hoai, T., Guiral, D. & Rougier, C., 2006. Seasonal change of community structure and size spectra of zooplankton in the Kaw River estuary (French Guiana). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 68, p.47-61.

Lampert, W., 1997. Zooplankton research: the contribution of limnology to general ecological paradigms. *Aquatic Ecology*, 31, p.19-27.

Lindeman, R.L., 1942. The Trophic-Dynamic Aspect of Ecology. *Ecology*, 23(4), p.399-417.

Mackereth, F.J.H., Heron, J. & Talling, J.F., 1978. *Water analysis: some revised methods for limnologists*, Cumbria, Freshwater Biological Association.

Magalhães, P.C., 2005. A transposição das águas do rio São Francisco. *Ciência Hoje*, 37(217), p.40-47.

Magurran, A.E., 2004. *Measuring biological diversity* 1<sup>o</sup> ed., Blackwell Science Ltd.

Magurran, A.E., 2007. Species abundance distributions over time. *Ecology Letters*, 10(5), p.347-354.

Maia-Barbosa, P.M., Peixoto, R.S. & Guimarães, A.S., 2008. Zooplankton in littoral waters of a tropical lake: a revisited biodiversity. *Brazilian Journal of Biology*, 68, p.1069-1078.

McGill, B.J. et al., 2007. Species abundance distributions: moving beyond single prediction theories to integration within an ecological framework. *Ecology Letters*, 10(10), p.995-1015.

Melão, M.G.G. & Rocha, O., 2006. Bionomia, dinâmica populacional, biomassa e produção de *Bosminopsis deitersi* (Cladocera) em um reservatório tropical raso. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 18(4), p.433-450.

Moreira Filho, O. & Buckup, Paulo Andreas, 2005. A poorly known case of watershed transposition between the São Francisco and upper Paraná river basins. *Neotropical Ichthyology*, 3(3), p.449-452.

Nilsson, C. et al., 2005. Fragmentation and flow regulation of the world's large river systems. *Science*, 308, p.405-408.

Otsuka, M.M. & Coelho-Botelho, M.J., 2003. Cladóceros planctônicos como indicadores do estado trófico dos reservatórios Billings e Guarapiranga. In *Resumos do IX Congresso Brasileiro de Limnologia*. IX Congresso Brasileiro de Limnologia. Juiz de Fora.

Payne, A.I., 1986. *The Ecology of Tropical Lakes and Rivers*. 1<sup>o</sup> ed., Chichester: John

Wiley & Sons.

Pedralli, G., 2003. Macrófitas aquáticas como bioindicadoras da qualidade da água: alternativas para os usos múltiplos de reservatórios.. In *Ecologia e Manejo de Macrófitas Aquáticas*. EDUEM, Maringá, PR, Brasil: Thomas, S. M. & Bini, L. M., p. 171-188.

Peters, R.H., 1983. *The Ecological Implications of Body Size.*, Cambridge University Press.

Pieczynska, E., 1990. Littoral habitats and communities. In *Lake Shore Management. Guidelines of Lake Management*. UNEP/ILEC: S. E. Jorgensen.

Preston, F.W., 1948. The Commonness, And Rarity, of Species. *Ecology*, 29(3), p.254-283.

Reid, J.W., 1985. Chave de identificação para as espécies continentais sulamericanas de vida livre da Ordem Cyclopoida (Crustacea, Copepoda). *Bol. Zool.*, 9, p.17-143.

Reid, J.W. & Moreno, I.H., 1990. The Copepoda (Crustacea) of the Southern Pantanal, Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 3, p.721-739.

Revenge, C. et al., 1998. *Watersheds of the World: Ecological Value and Vulnerability.*, Whashington, DC: World Resources Institute and WorldWathch Institute.

Rietzler, A.C. & Rocha, O., 2000. Relações tróficas em ecossistemas de água doce. In *Anais do I Workshop Sobre Qualidade de Água na Aqüicultura*. 1. I Workshop Sobre Qualidade de Água na Aqüicultura. Pirassununga: Antônio Fernando Bruni Lucas, p. 92.

Rocha, O., 2004. *TRANSIMPACT / O impacto da transposição de rios na biodiversidade, um estudo de caso: a transposição do Rio Piumhi para o Rio São Francisco. Projeto apresentado ao Cnpq.*, UFScar.

Rocha, O. & Güntzel, A., 1999. Crustáceos Branchiópodos. In *Invertebrados de água doce*. Biodiversidade do Estado de São Paulo: Síntese do conhecimento ao final do século XX. São Paulo: FAPESP, p. 109-120.

Rocha, O., Sendacs, S. & Matsumura-Tundisi, T., 1995. Composition, biomass and productivity of zooplankton in natural lakes and reservoirs in Brazil. In *Limnology in Brazil*. Academia Brasileira de Ciências, p. 151-166.

Sampaio, E.V., 2002. *Composição, abundância e diversidade das comunidades zooplanctônicas em reservatórios do sudeste do Brasil (Bacias dos rios Paranapanema e alto São Francisco)*. Doutorado. São Carlos: PPG Ecologia e Recursos Naturais - Universidade Federal de São Carlos.

Sampaio, E.V. & López, C.M., 2000. Zooplankton Composition and some Limnological aspects of na oxbow Lake of the Paraopeba River, São Francisco River Basin, Minas Gerais, Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 43(3):285-293. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 43(3), p.285-293.

Santos-Wisniewski, M.J. et al., 2011. O estado atual do conhecimento da diversidade dos Cladocera (Crustacea, Branchiopoda) nas águas doces do estado de Minas Gerais.

Serafim Jr., M. et al., 2003. Cladocera fauna composition in a river-lagoon system of the upper Paraná River floodplain, with a new record for Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 63, p.349–356.

Sheldon, R.W., Prakash, A. & Sutcliffe Jr., W.H., 1972. The size distribution of particles in the ocean. *Limnol. Oceanogr.*, 17, p.327-340.

Silva, L.C. da, 2011. *Variação espacial e temporal da diversidade e biomassa da comunidade zooplânctônica do reservatório da UHE de Furnas-MG, Brasil*. São Carlos: PPG Ecologia e Recursos Naturais - Universidade Federal de São Carlos.

Silva, W.M., 2003. *Diversidade dos Cyclopoida (Copepoda, Crustacea) de água doce do estado de São Paulo: taxonomia, ecologia e genética*. Tese de Doutorado. São Carlos: PPG Ecologia e Recursos Naturais - Universidade Federal de São Carlos.

Silva, W.M. & Matsumura-Tundisi, T., 2005. Taxonomy, ecology, and geographical distribution of the species of the genus *Thermocyclops* Kiefer, 1927 (Copepoda, Cyclopoida) in São Paulo state, Brazil, with description of a new species. *Brazilian Journal of Biology*, 65(3), p.521-531.

Sippel, S.J., Hamilton, S.K. & Melack, J.M., 1992. Sippel, S. J.; Hamilton, S K and Melack, J. M. (1992). Inundation area and morphometry of lakes on the Amazon River floodplain, Brazil. *Archiv für Hydrobiologie*, 123(4), p.385-400.

Smirnov, N.N., 1974. *Crustacea: Chydoridae.*, Jerusalém: Israel Program for Scientific Translation.

Smirnov, N.N. & Timms, B., 1983. A revision of the Australian Cladocera (Crustacea). , suppl. 1, p.132.

Sousa, F.D.R. & Elmoor-Loureiro, L.M.A., 2008. Cladóceros fitófilos (Crustacea, Branchiopoda) do Parque Nacional das Emas, estado de Goiás. *Biota Neotropica*, 8, p.159-166.

Sprules, W.G. & Munawar, M., 1986. Plankton size spectra in relation to ecosystem productivity, size, and perturbation. *Can. J. Fish. Aquatic. Sci.*, 43, p.1789-1794.

Sprules, W.G., Casselman, J.M. & Shuter, B.J., 1983. Size distribution of pelagic particles in lakes. *Can. J. Fish. Aquatic. Sci.*, 40, p.1761-1769.

Stefani, P.M., 2010. *Ecologia trófica e ecomorfologia de peixes em um trecho do Alto Rio São Francisco impactado pela transposição do Rio Piumhi, com ênfase nas espécies *Pimelodus fur* Lütken, 1874 e *Leporinus reinhardti* Lütken, 1875*. São Carlos: PPG Ecologia e Recursos Naturais - Universidade Federal de São Carlos. Available at: [http://200.136.241.56/htdocs/tedeSimplificado/tde\\_busca/arquivo.php?codArquivo=3482](http://200.136.241.56/htdocs/tedeSimplificado/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=3482).

Suriani Affonso, A.L., 2010. *Caracterização limnológica e análise da comunidade de macro-invertebrados bentônicos em um trecho da sub-bacia do alto Rio São Francisco (MG, Brasil)*. São Carlos: PPG Ecologia e Recursos Naturais - Universidade Federal de São Carlos. Available at: [http://200.136.241.56/htdocs/tedeSimplificado/tde\\_busca/arquivo.php?codArquivo=3101](http://200.136.241.56/htdocs/tedeSimplificado/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=3101).

Taniguchi, G.M., Bicudo, D. de C. & Sennab, P.A.C., 2004. Abiotic variables in littoral-limnetic gradient of an oxbow lake of Mogi-Guaçu River floodplain, Southeastern, Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 47, p.961 - 971.

Tavares, K.S., 2007. *Caracterização limnológica e inventário de diversidade das comunidades de macrófitas em cinco lagoas tropicais: composição florística, biomassa e macroinvertebrados associados*. São Carlos: PPG Ecologia e Recursos Naturais - Universidade Federal de São Carlos.

Thomaz, S., Bini, L. & Bozelli, R., 2007. Floods increase similarity among aquatic habitats in river-floodplain systems. *Hydrobiologia*, 579, p.1-13.

Timms, B. & Morton, D., 1988. Crustacean zooplankton assemblages in freshwaters of tropical Australia. *Hydrobiologia*, 164, p.161-169.

Toledo Jr., A.P. et al., 1983. A aplicação de modelos simplificados para a avaliação do processo da eutrofização em lagos e reservatórios tropicais.

Tundisi, J.G. & Matsumura-Tundisi, T., 2008. *Tundisi, J. G. & Matsumura-Tundisi, T. 2008. Limnologia. 1ª. Ed. Oficina de Textos, São Paulo: Oficina de Textos.*

Vazzoler, A.E.A.M., Agostinho, A. A. & Hahn, N.S., 1997. *A planície de inundação do Alto Rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos.*, Maringá, PR, Brasil: Eduem.

Volkov, I. et al., 2003. Neutral theory and relative species abundance in ecology. *Nature*, 424(6952), p.1035-1037.

Walker, S.C. & Cyr, H., 2007. Testing the standard neutral model of biodiversity in lake communities. *Oikos*, 116(1), p.143-155.

Walseng, B. et al., 2006. Major contribution from littoral crustaceans to zooplankton species richness in lakes. *Limnology and Oceanography*, 51(6), p.2600-2606.

Ward, J.V. & Stanford, J.A., 1995. Ecological connectivity in alluvial river ecosystems and its disruption by flow regulation. *Regulated Rivers: Research & Management*, 11(1), p.105-119.

Warwick, R.M., 1986. A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities. *Marine Biology*, 92, p.557-562.

Werner, E.E. & Gilliam, J.F., 1984. The ontogenetic niche and species interactions in size-structured populations. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 15, p.393-425.

Whittaker, R.H., 1965. Dominance and Diversity in Land Plant Communities. *Science*, 147(3655), p.250 -260.

Wilson, J. B, 1991. Methods for fitting dominance/diversity curves. *Journal of Vegetation Science*, 2(1), p.35-46.

Wilson, J. Bastow et al., 1998. Relative abundance distributions in plant communities: effects of species richness and of spatial scale. *Journal of Vegetation Science*, 9(2), p.213-220.