

# COMUNIDADES ZOOPLANCTÔNICAS EM SISTEMAS DE CRIAÇÃO DE PEIXES

Bruna Roque LOUREIRO<sup>1,\*</sup>; Simone Maciel COSTA<sup>2</sup>; Carla Fernandes MACEDO<sup>3</sup>; Vera Lucia de Moraes HUSZAR<sup>2</sup>; Christina Wyss Castelo BRANCO<sup>1</sup>

## RESUMO

O objetivo desse estudo foi avaliar a riqueza, abundância e biomassa da comunidade zooplancônica em sistemas de criação de peixes em diversos municípios do Estado do Rio de Janeiro. As amostragens foram realizadas dentro dos viveiros de criação, sendo que, em uma primeira etapa 30 sistemas foram analisados e dentre estes, dez sistemas foram selecionados para uma segunda etapa de estudo. O número total de táxons encontrados nas amostras foi de 127, sendo 71 rotíferos, 13 cladóceros, sete copépodos e 26 protozoários. Os rotíferos foram predominantes na densidade total na maioria dos sistemas na primeira amostragem, e os copépodos na segunda. Apesar dos rotíferos terem destaque na riqueza e abundância, nos valores de biomassa apresentaram na maioria dos sistemas baixos valores de carbono ( $\mu\text{gC L}^{-1}$ ) quando comparado aos valores de biomassa apresentados pelos cladóceros e copépodos, em todo o estudos. As espécies *Brachionus calyciflorus* e *Moina micrura* foram associadas a maiores concentrações de compostos nitrogenados, sendo sugeridas como indicadoras de eutrofização dos sistemas estudados.

**Palavras chave:** Zooplâncton; pisciculturas; pesque-pague; rotíferos; eutrofização

## ZOOPLANKTON COMMUNITY IN FISH FARMING

### ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the richness, abundance and biomass of the zooplankton community of different fish farming systems in the Rio de Janeiro state. In the first stage of the study, 30 fish ponds were analyzed and ten of these were selected for the second stage. The total number of taxa found in the samples was 127, 71 rotifers, 13 cladocerans, seven copepods and 26 of protozoans. About the abundance, rotifers predominated in the mostly systems and in the second stage the copepods showed higher abundance. Although the rotifers have highlighted the richness and abundance, biomass values were in the majority of low carbon systems ( $\mu\text{gC L}^{-1}$ ) compared to biomass values presented by cladocerans and copepods in the entire study. The species *Brachionus calyciflorus* and *Moina micrura* were associated with higher nitrogenous compounds concentration, and were suggested as indicators of eutrophication of these studied systems.

**Key words:** Zooplankton; fish farming; fish and pay; rotifers; eutrophic

---

**Artigo Científico:** Recebido em 07/09/2010 – Aprovado em 01/04/2011

<sup>1</sup> Departamento de Zoologia. Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro. Av. Pasteur, 458 – Urca – CEP: 22.290-240 – Rio de Janeiro – RJ – Brasil. \* e-mail: brunaroqueloureiro@gmail.com

<sup>2</sup> Laboratório de Ficologia. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Museu Nacional/Departamento de Botânica. Quinta da Boa Vista - São Cristóvão – CEP: 21.940-040 - Rio de Janeiro - RJ – Brasil

<sup>3</sup> Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB) – CEP: 44.380-000 - Cruz das Almas – BA - Brasil

## INTRODUÇÃO

O Brasil apresenta condições favoráveis ao desenvolvimento das mais diversas modalidades de aquicultura, pois possui um grande potencial hídrico, proveniente das bacias hidrográficas, das numerosas represas espalhadas por todo país e da sua produtiva região costeira. Dentre as atividades aquícolas, a piscicultura continental ganha destaque na produção total de pescado (CAMARGO e POUHEY, 2005).

Um dos fatores primordiais em sistemas de criação de peixes é a boa qualidade da água, porém, apesar do cultivo de peixe ser totalmente dependente dessa qualidade, a atividade de piscicultura é classificada como potencialmente causadora de degradação ambiental (BASTIAN, 1991; CASTELLANI e BARELLA, 2006). Portanto, se faz necessário realizar estudos para obter informações das condições existentes em tais sistemas, tanto em relação a seus reflexos nos ambientes aquáticos existentes, como os efluentes gerados por essas atividades, até mesmo pela necessidade da manutenção de condições adequadas para uma boa produtividade desses sistemas ao longo do tempo.

É de interesse ambiental e produtivo um melhor conhecimento da dinâmica das populações aquáticas nos sistemas de criação, visando sua manipulação, tanto para seu controle, como para maximizar a produtividade biológica. Organismos planctônicos e perífíticos podem predominar em viveiros e tanques de criação de peixes por apresentarem rápido desenvolvimento e suportarem frequentes alterações ambientais, causadas pelo manejo, em virtude da adição de fertilizantes, fornecimento de ração, esvaziamento dos viveiros e fluxo contínuo de água (DURIGAN *et al.*, 1992; SIPAÚBA-TAVARES e BRAGA, 1999).

Em viveiros de piscicultura, o estudo da comunidade planctônica pode fornecer subsídios indicativos sobre o estado trófico do sistema, da qualidade do alimento natural disponível aos peixes e as condições de qualidade da água dos viveiros (MACEDO e SIPAÚBA-TAVARES, 2005; LACHI e SIPAÚBA-TAVARES, 2008). O controle das populações planctônicas pode ser extremamente complexo, já que a composição e abundância dos grupos que compõem esta comunidade podem ser influenciadas por

inúmeros fatores físicos, químicos e biológicos, os quais podem atuar simultaneamente ou interagir em diferentes graus (SAMPAIO *et al.*, 2002; GLIWICZ, 2003).

Em sistemas naturais, a comunidade zooplanctônica tem sido utilizada como indicadora das condições tróficas, tendo diversos trabalhos demonstrado o potencial de grupos e espécies do zooplâncton como indicadores da qualidade da água. Tanto em lagoas costeiras como em reservatórios de hidrelétricas, espécies de rotíferos e de cladóceros têm sido associadas a distintas condições ambientais (ATTAYDE e BOZZELI, 1998; BRANCO *et al.*, 2002, 2008), sendo a dominância de rotíferos frequentemente associada ao aumento da eutrofização. MATSUMURA-TUNDISI *et al.* (1990) propuseram a associação de *Conochilus unicornis* e *Keratella cochlearis* como características de ambientes hipereutrofizados, e de *Polyarthra vulgaris* e *Keratella tropica*, como indicadoras de ambientes menos eutróficos.

De acordo com PIVA-BERTOLETTI (2001), as espécies *Brachionus angularis*, *B. calyciflorus*, *Trichocerca similis* podem ser utilizadas como indicadoras da qualidade de água por estarem preferencialmente associadas a condições eutróficas de corpos d'água do Estado de São Paulo. Ainda referente à espécie *Brachionus calyciflorus*, segundo MATSUMURA-TUNDISI (1999), esta é considerada dominante no zooplâncton de reservatórios eutróficos do Brasil.

A associação entre táxons de microcrustáceos e níveis de trofia também tem sido reportada para cladóceros. A dominância de *Bosmina longirostris* foi associada a condições altamente eutróficas, bem como a substituição de *Moina minuta*, predominante em ambientes oligo-mesotróficos, por *Moina micrura*, que é mais característica de ambientes poluídos, turbidos e altamente eutróficos (ROCHA e GÜNTZEL, 1999). E para os copépodos, o número total de Calanoida é utilizado como indicador de melhor qualidade da água (MATSUMURA-TUNDISI, 1999); já o número total de Cyclopoidas é comumente associado aos ambientes altamente eutróficos (SAMPAIO *et al.*, 2002).

O principal objetivo do presente estudo foi reconhecer espécies do zooplâncton,

especialmente de rotíferos e cladóceros, e a relação entre a biomassa de copépodos Cyclopoida e copépodos Calanoida, como possíveis indicadores do estado trófico dos sistemas de pisciculturas e pesque-pague. Foi esperado que esses ambientes, com grande aporte de nutrientes, tipicamente eutrofizados com florações de cianobactérias, estivessem favorecendo o grupo dos rotíferos que melhor se adaptam a esses sistemas.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Área de estudo

Todos os sistemas estudados localizam-se em diferentes regiões do Estado do Rio de Janeiro (Tabela 1), abrangendo 14 municípios (Itaperuna, Natividade, Lajes do Muriaé, Cachoeira de Macacu, Guapimirim, Casimiro de Abreu, Tanguá, Duque de Caxias, Limoeiro, Japuíba, Paraíba do Sul, Rio das Flores, Piraí e Rio Claro).

**Tabela 1.** Tipo de sistemas de criação de peixes, suas coordenadas geográficas (UTM) e município onde estão localizados, destacados em \* os dez sistemas selecionados para a segunda etapa do projeto

Sistema	Tipo de sistema	Coordenadas x	Coordenadas y	Município
1 *	piscicultura	2114150	4155025	Itaperuna
2	pesque-pague	2105004	4157129	Natividade
3*	pesque-pague	2111328	4206202	Itaperuna
4	piscicultura	2115179	4208203	Laje do Muriaé
5*	pesque-pague	2124053	4209360	Itaperuna
6	pesque-pague	2232195	4400063	Piraí
7*	piscicultura	2236430	4400542	Rio Claro
8	pesque-pague	2242052	4357469	Piraí
9	pesque-pague	2242264	4339082	Seropédica
10*	piscicultura	2232203	4400042	Piraí
11*	pesque-pague	2240189	4340317	Seropédica
12*	piscicultura	2242192	4358589	Itaguaí
13*	piscicultura	2238695	4400447	Rio Claro
14	piscicultura	2239035	4354559	Piraí
15	piscicultura	2234461	4350583	Piraí
16*	piscicultura	2234288	4247199	Cachoeira Macacu
17	piscicultura	2235089	4247433	Guapimirim
18	piscicultura	2232288	4246576	Cachoeira Macacu
19	piscicultura	2234244	4241513	Japuíba
20	piscicultura	2230043	4211455	Casimiro de Abreu
21	piscicultura	2229518	4213111	Casimiro de Abreu
22	piscicultura	2228217	4209477	Casimiro de Abreu
23	piscicultura	2244013	4242330	Tanguá
24	pesque-pague	2234411	4319093	Duque de Caxias
25	piscicultura	2236389	4319133	Duque de Caxias
26	piscicultura	2236203	4320533	Duque de Caxias
27	piscicultura	2205191	4318559	Limoeiro
28	piscicultura	2208554	4322528	Paraíba do Sul
29	piscicultura	2209504	4332061	Rio das Flores
30*	piscicultura	2208527	4334275	Rio das Flores

Na primeira etapa (novembro de 2005 a janeiro de 2006), foram selecionados 30 sistemas de criação de peixes e, na segunda etapa (novembro de 2006), selecionaram-se dez sistemas, dentre os trinta da primeira etapa, onde se verificou maior a ocorrência de cianobactérias.

#### *Amostragem e análise das amostras*

Para identificar e quantificar o zooplâncton, foram coletadas amostras qualitativas e quantitativas, com o auxílio de uma rede de plâncton 68  $\mu\text{m}$ , filtrando-se 20 litros de água em um ponto no centro de cada sistema de criação de peixes, conservadas posteriormente em formol 4%. As análises quantitativas e qualitativas das amostras foram realizadas em laboratório, em microscópio óptico (Olympus). Para a determinação da abundância, foram obtidas sub-amostragens com uma pipeta não seletiva (1mL), sendo contados, no mínimo, 100 indivíduos de cada grupo, em câmaras de Sedgewick-Rafter (1mL), sob microscópio óptico. A contagem dos organismos foi baseada na metodologia de BOTTRELL *et al.* (1976), tendo sido estabelecidas três sub-amostras. Entretanto, as amostras que apresentaram reduzido número de indivíduos foram contadas integralmente.

Simultaneamente à coleta do zooplâncton, nas duas etapas de amostragens, foram determinadas em campo as seguintes variáveis; temperatura da água, pH, condutividade, oxigênio dissolvido (OD) (sonda multiparamétrica, YSI Modelo 52) e turbidez (turbidímetro Alfakit Modelo AT).

Amostras foram filtradas em Whatman GF/C para análises de sílica e de nitrogênio e fósforo inorgânico dissolvidos. Nitrato foi reduzido em solução alcalina tamponada a nitrito por passagem da amostra através de coluna de cádmio. O fósforo solúvel reativo foi determinado pela reação com reagente composto de molibdato, ácido ascórbico e antimônio trivalente. O amônio foi analisado pelo método do fenol-hipoclorito, usando nitroprusiato de como catalisador. As reações com molibdato de amônio ácido e reduzidas por sulfato de sódio foram usadas para analisar a sílica solúvel reativa. Nitrogênio orgânico total foi medido pelo método de Kjeldahl. Todas as metodologias para análise de nutrientes foram de acordo com WETZEL e LIKENS (1990).

A metodologia utilizada para a determinação das concentrações de clorofila *a* foram determinadas pelo método colorimétrico, após a extração com acetona 90% (LORENZEN, 1967).

#### *Análise de dados*

Foram considerados como constantes os táxons de zooplâncton que apresentaram uma frequência de ocorrência superior a 50% nas amostras (GOMES, 1989). As variáveis que apresentaram correlações significativas ( $p < 0,05$ ) na matriz de correlação de Pearson, foram selecionadas para a análise de regressão linear, com nível de confiabilidade de 95%, com o objetivo de evidenciar as relações entre a variação na densidade dos táxons pertencentes ao grupos Rotifera e Cladocera e as variáveis limnológicas. Foi utilizado o programa Statistica, versão 6.0/ 7.0.

A biomassa zooplânctônica foi estimada a partir do biovolume dos rotíferos, náuplios, copepoditos e protozoários, segundo a técnica proposta por RUTTNER-KOLISKO (1977), que se baseia na utilização de fórmulas matemáticas para calcular o volume dos indivíduos, a partir das formas geométricas que mais se assemelham à forma do corpo dos rotíferos. Por meio dessas fórmulas propostas, adaptaram-se novas fórmulas, de acordo com a semelhança na morfologia para os outros táxons encontrados. Para os cladóceros e copépodos foram utilizadas equações de regressão, relacionando peso seco e comprimento, de acordo com BOTTRELL *et al.* (1976). O número de organismos mensurados por táxons foi de, no mínimo, 40 indivíduos.

A biomassa em conteúdo de carbono, expressa em microgramas de carbono por litro ( $\mu\text{gC L}^{-1}$ ), foi obtida para rotíferos e microcrustáceos, assumindo que o conteúdo de carbono orgânico equivale a 50% do peso seco (LATJA e SALONEN, 1978).

## RESULTADOS

Uma ampla variação das condições de qualidade de água foi encontrada nas duas amostragens nos sistemas de criação de peixes estudados (Tabela 2). Embora a média dos valores de oxigênio dissolvido tenha ficado acima de 5,0  $\text{mg L}^{-1}$ , foram registrados valores

baixos ( $1,2 \text{ mg L}^{-1}$ ) e elevados ( $12,8 \text{ mg L}^{-1}$ ). O mesmo foi observado para as demais variáveis, como condutividade, pH, e turbidez. Já as

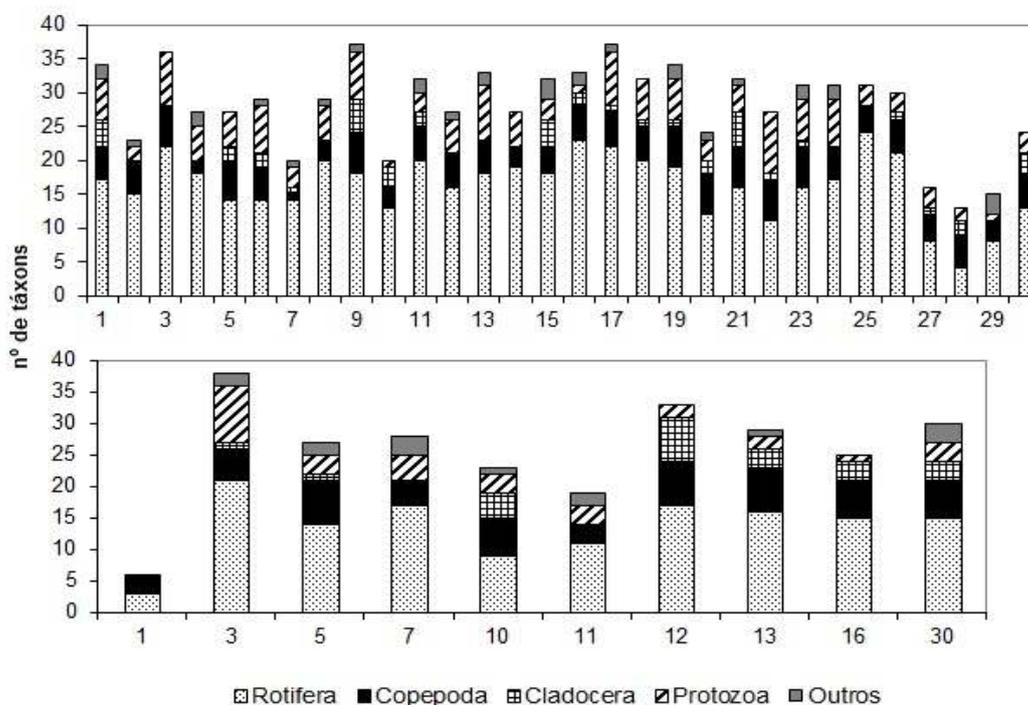
concentrações médias de nutrientes e clorofila-*a* apontam para o predomínio de sistemas ricos em nutrientes e elevada biomassa fitoplantônica.

**Tabela 2.** Valores das variáveis ambientais nas duas etapas de amostragens (média, desvio padrão, valor mínimo e valor máximo)

VARIÁVEIS	PRIMEIRA ETAPA DE AMOSTRAGENS				SEGUNDA ETAPA DE AMOSTRAGENS			
	média	desvio	mínimo	máximo	média	desvio	mínimo	máximo
Temp ( $^{\circ}\text{C}$ )	27,1	2,7	23,2	32,7	28,1	2,7	24,1	32,3
O.D. ( $\text{mg L}^{-1}$ )	5,7	2,6	1,2	12,8	6,2	2,7	3,4	12,3
Condutividade ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	86,8	104,6	24,0	610,0	53,5	55,3	0,3	165,0
pH	7,2	1,0	5,1	9,3	7,8	1,0	6,7	9,4
Turbidez (NTU)	65,2	52,1	9,9	262,9	38,6	22,8	6,7	80,9
Amônio ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	75,8	131,9	3,9	680,1	180,4	258,9	5,1	739,9
Nitrato ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	155,5	318,5	2,0	1502,3	219,4	333,7	11,0	854,9
P-total ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	213,3	171,4	33,4	669,5	160,0	123,5	27,2	454,8
Clorofila- <i>a</i> ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	104,3	84,8	9,0	344,0	117,9	109,3	22,7	360,9

Foi registrado um total de 127 táxons zooplantônicos na primeira etapa de amostragens, em todos os sistemas estudados. Os

sistemas 9 e 17 apresentaram a maior riqueza (37 táxons), enquanto a piscicultura 28 apresentou a menor riqueza, com 13 táxons (Figura 1).



**Figura 1.** Riqueza do zooplâncton ( $n^{\circ}$  total de táxons) nos sistemas da primeira (A) e segunda (B) etapa

No grupo dos protozoários, foram encontrados 26 táxons, a maioria amebas

testáceas. Os rotíferos apresentaram a maior riqueza de táxons (71), sendo predominantes em

todos os sistemas estudados. Entre os microcrustáceos encontrados, os cladóceros estiveram ausentes em alguns sistemas, tendo também apresentado, de um modo geral, uma baixa riqueza de táxons (13). No grupo dos copépodos foram encontrados sete táxons; dentre eles estão os calanóides, ciclopóides e raramente harpaticóides, incluindo as formas larvais (náuplios) e juvenis (copepoditos). Foram também encontrados táxons de gastrotrícas, nematelmintos, ácaros, larvas de insetos não identificadas, larvas de caoborídeos e larvas de quironomídeos, estes todos incluídos no grupo denominado "Outros". Em relação ao total de táxons considerados constantes nos sistemas (15 táxons), oito pertencem ao grupo dos rotíferos: *Anuraeopsis fissa*, *Brachionus calyciflorus*, *B. angularis*, *B. falcatus*, *Epiphanes* sp., *Keratella americana*, *Polyarthra vulgaris*, *Trichocerca* sp. e rotíferos do grupo dos bdelóides. Entre os cladóceros, somente um táxon foi considerado como constante; *Moina micrura* (Tabela 3).

**Tabela 3:** Frequência de ocorrência dos táxons considerados constantes nos sistemas da primeira e segunda etapa

Frequência dos táxons (%)	1ª etapa	2ª etapa
Bdelloidea	90	60
<i>Ascomorpha eucadis</i>	-	70
<i>Anuraeopsis fissa</i>	50	-
<i>Brachionus angularis</i>	60	-
<i>B. calyciflorus</i>	63	60
<i>B. falcatus</i>	80	
<i>B. leydigi</i>	-	60
<i>Conochilus unicornis</i>	-	80
<i>Gastropus</i> sp.	-	80
<i>Keratella americana</i>	53	-
<i>Polyarthra vulgaris</i>	73	70
<i>Trichocerca</i> sp.	73	80
Copépodo Calanoida	77	70
Copépodo Cyclopoida	73	70
Copepodito Calanoida	50	70
Copepodito Cyclopoida	73	90
Náuplio Calanoida	90	90
Náuplio Cyclopoida	97	100
<i>Moina micrura</i>	50	-

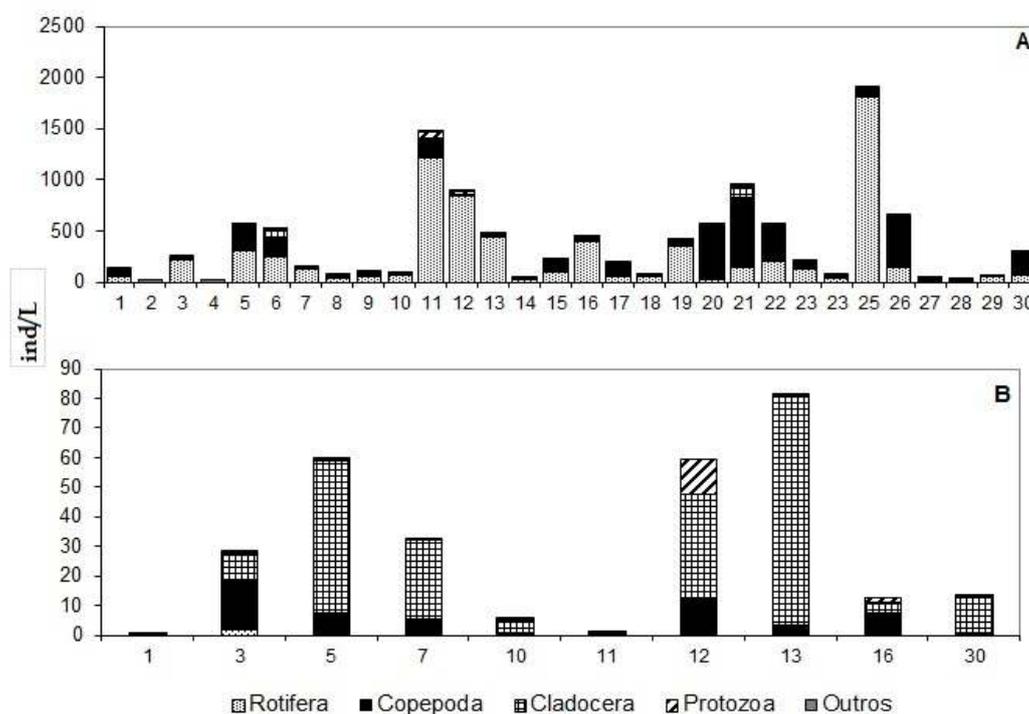
Na segunda etapa de amostragens, dos dez sistemas estudados, foi encontrado um total de 98 táxons. O pesque-pague 3 apresentou a maior riqueza, com 38 táxons, e a piscicultura 1 foi a que

apresentou a menor riqueza, com seis táxons (Figura 1). No grupo dos protozoários foram identificados 17 táxons, tendo destaque para o gênero *Diffugia*, com sete táxons. No grupo dos rotíferos, entre os 57 táxons, o gênero *Brachionus* foi o mais representativo, com 12 táxons (*B. angularis*, *B. bidentata*, *B. calyciflorus*, *B. dolabratus*, *B. falcatus*, *B. quadridentata*, *B. quadridentata mirabilis*, *B. havanaensis*, *B. patulus*, *B. leydigi*, *B. mirus*, *B. urceolaris*). Nas amostras estudadas, foram encontrados 10 táxons de cladóceros, porém reportados com baixas riquezas e abundâncias, tendo destaque para a espécie *Moina micrura*, por ser o único táxon deste grupo constante na primeira etapa e, na segunda, não foi apresentado nenhum táxon constante. Em três sistemas (1, 7, 11) não foram encontrados cladóceros nas duas etapas de amostragens.

O grupo dos copépodos apresentou sete táxons, tendo sido destaque nas amostras a presença da forma náuplio Cyclopoida, com 100% de frequência de ocorrência. Vale a pena ressaltar que as formas larvais (náuplio e copepoditos) foram as mais encontradas, tanto em riqueza quanto em abundância, em todos os sistemas estudados nessa segunda etapa (Tabela 3).

Nas análises quantitativas da primeira amostragem (Figura 1), o grupo dos rotíferos se destacou em todos os sistemas, tendo seu maior valor na piscicultura 25 (1.811 ind L<sup>-1</sup>), seguido do pesque-pague 11 (1.212 ind L<sup>-1</sup>). Os copépodos foram predominantes nas pisciculturas 21 (688 ind L<sup>-1</sup>), 20 (513 ind L<sup>-1</sup>) e 26 (488 ind L<sup>-1</sup>). O sistema 25 apresentou maior densidade total (1.908 ind L<sup>-1</sup>), enquanto que os sistemas 2 e 4 tiveram os menores valores, com 6 ind L<sup>-1</sup> cada um.

Na segunda etapa de amostragem, a piscicultura 13 foi o sistema que apresentou o maior valor de densidade total (Figura 2) da comunidade zooplânctônica, com 81 ind L<sup>-1</sup>, sendo o grupo dos copépodos o mais expressivo nesse sistema, com 77 ind L<sup>-1</sup>, o que representa mais de 95% da densidade total. Já a piscicultura 1 apresentou o menor valor de densidade total, com menos de 1 ind L<sup>-1</sup>, sendo que o grupo dos copépodos também prevaleceu numericamente, seguido deste, o grupo dos rotíferos, com apenas 6% da abundância relativa nesta etapa.



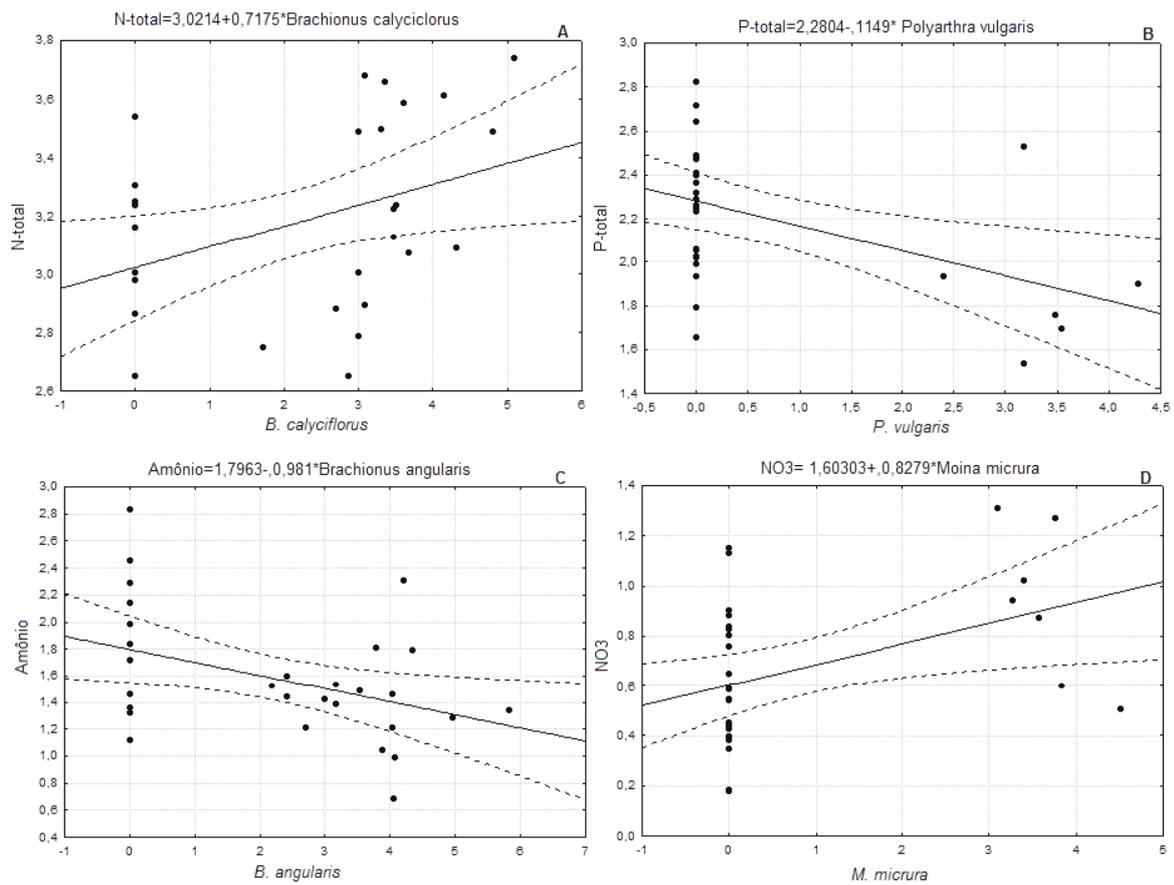
**Figura 2.** Densidade do zooplâncton (ind L<sup>-1</sup>) nos sistemas da primeira (A) e segunda (B) etapa

Por meio da análise de correlação de Pearson (Figura 3), verificaram-se correlações significativas ( $p < 0,05$ ) entre espécies pertencentes do grupo Rotifera e Cladocera com fatores abióticos, em destaque com os nutrientes (N-total, P-total, amônio, nitrato), dentre elas; *Brachionus calyciflorus* com o nitrogênio total ( $p = 0,030$ ;  $r^2 = 0,412$ ), *Brachionus angularis* com o íon amônio ( $p = 0,025$ ;  $r^2 = -0,409$ ), *Polyarthra vulgaris* e fósforo total ( $p = 0,010$ ;  $r^2 = -0,4602$ ) e *Moina micrura* com o nitrato ( $p = 0,023$ ;  $r^2 = 0,4134$ ).

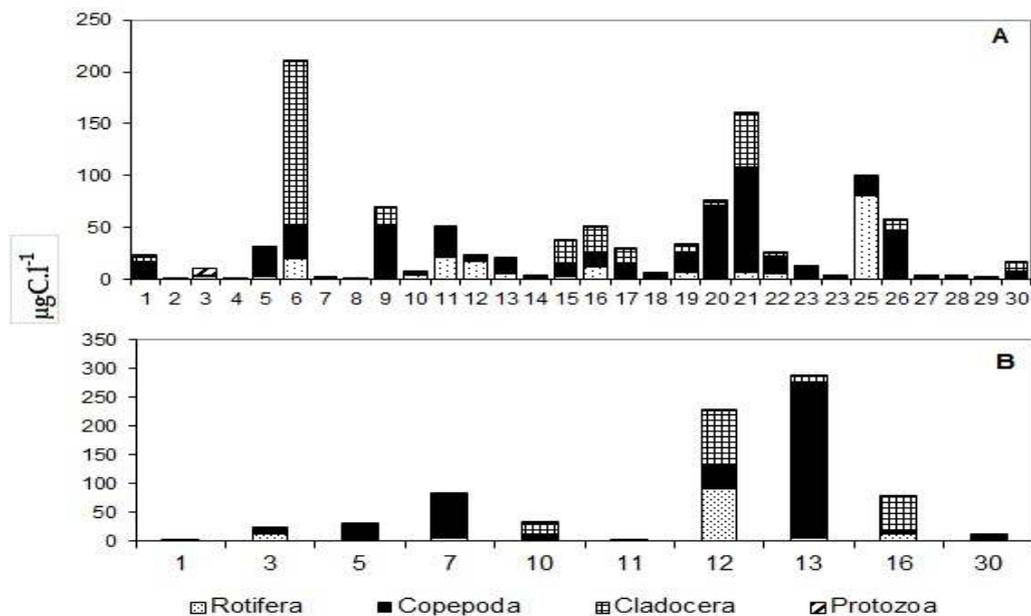
Em termos de biomassa do zooplâncton, na primeira etapa do estudo (Figura 4), os sistemas 2 e 4 apresentaram os menores valores de carbono, com  $0,4 \mu\text{gC L}^{-1}$ , e  $0,6 \mu\text{gC L}^{-1}$ , respectivamente, sendo que os cladóceros estiveram ausentes nos dois sistemas, o que pode justificar a menor biomassa. O sistema 6 apresentou a maior biomassa, com  $210 \mu\text{gC L}^{-1}$ , seguido do sistema 21, com  $160 \mu\text{gC L}^{-1}$ , sendo copépodos e cladóceros os grupos mais abundantes em relação aos protozoários e rotíferos nestes sistemas.

Na segunda etapa, os sistemas 1 e 11 registraram os menores valores de carbono de  $0,17 \mu\text{gC L}^{-1}$  e  $0,73 \mu\text{gC L}^{-1}$ , respectivamente. A piscicultura 13 apresentou o maior valor, com  $286 \mu\text{gC L}^{-1}$ , sendo que o grupo dos copépodos teve uma contribuição em 94% deste valor, com  $269 \mu\text{gC L}^{-1}$ . O sistema 12 também registrou alta biomassa em carbono ( $227 \mu\text{gC L}^{-1}$ ), tendo o grupo dos cladóceros se destacado, com  $92 \mu\text{gC L}^{-1}$ . Ainda nesse sistema, o grupo dos rotíferos apresentou o maior valor registrado de carbono ( $92 \mu\text{gC L}^{-1}$ ) de todos os sistemas estudados nessa etapa (Figura 4).

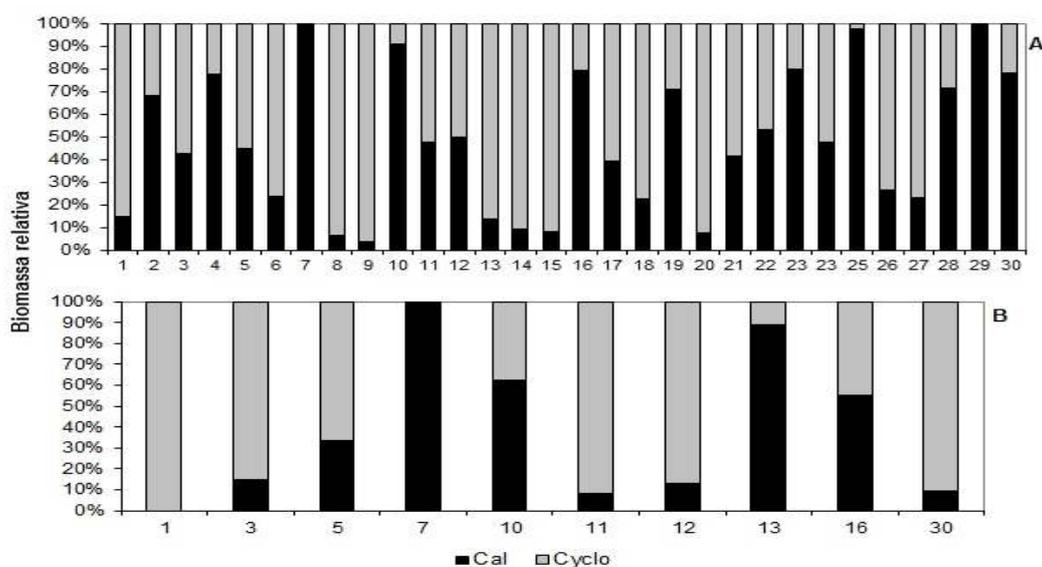
Dentre os copépodos, a ordem Cyclopoida teve grande destaque em ambas as etapas, sendo que este grupo teve sua maior contribuição, tanto na densidade total como nos resultados de biomassa total e relativa, quando comparados aos Calanoida (Figura 5). Na primeira etapa, em 64% dos sistemas estudados, copépodos Cyclopoida foram predominantes e na segunda etapa, em 70% dos dez sistemas.



**Figura 3.** Análise de regressão linear entre espécies do zooplâncton e nutrientes: (A) Correlação positiva entre *Brachionus calyciflorus* e nitrogênio total, (B) Correlação negativa entre *Polyarthra vulgaris* e fósforo total, (C) Correlação negativa *Brachionus angularis* e íon amônio e (D) Correlação positiva entre *Moina micrura* e nitrato



**Figura 4.** Biomassa do zooplâncton ( $\mu\text{gC L}^{-1}$ ) nos sistemas da primeira (A) e segunda (B) etapa



**Figura 5.** Biomassa relativa dos copépodos Calanoida e Cyclopoida (%) nos sistemas da primeira (A) e segunda (B) etapa

## DISCUSSÃO

O estudo das comunidades zooplantônicas em pisciculturas e pesque-pagues pode tanto fornecer informações relevantes, relativas às condições tróficas dos sistemas, como a disponibilidade de alimento natural para os peixes. É importante salientar que o zooplâncton constitui-se como um dos itens alimentares na dieta da maioria dos alevinos de peixes e de adultos (LAZZARO, 1987), sendo, inclusive, sua produtividade estimulada para cultivos artificiais (PORTELLA *et al.*, 1997).

Nos estudos de análises do zooplâncton, uma maior riqueza de rotíferos, como a encontrada nos sistemas de criação de peixes estudados, tem sido também comumente encontrada em lagos naturais e reservatórios artificiais brasileiros (SENDACZ *et al.*, 1985; NOGUEIRA, 2001; BRANCO *et al.*, 2008) e em tanques de piscicultura (RIBEIRO *et al.*, 2000).

A partir das análises quantitativas do zooplâncton, as etapas estudadas se diferenciaram substancialmente, havendo, na primeira etapa, maiores densidades, com predominância de rotíferos e, na segunda etapa, densidades menores, sendo os copépodos o grupo mais expressivo na abundância. Diferenças sazonais relativas, referentes à pluviosidade, podem ter

influenciado a existência dessas diferenças, conforme verificado por LANDA e MOURGUÉS-SCHURTER (2000) e MACEDO e SIPAÚBA-TAVARES (2005) em estações de piscicultura. Entretanto, mudanças nos procedimentos de manejo e estocagem de peixes e sua alimentação são exemplos de outros fatores que podem ter influenciado nas diferenças encontradas.

Quando comparadas com as comunidades zooplantônicas naturais, as densidades encontradas no presente estudo foram, em geral, semelhantes às encontradas em sistemas mais eutróficos. Na primeira etapa de estudo, 50% das pisciculturas e pesque-pagues amostrados apresentou densidades totais do zooplâncton maiores do que 200 ind L<sup>-1</sup>, sendo o sistema 25 com a máxima registrada de 1.908 ind L<sup>-1</sup>. No reservatório de Furnas, por exemplo, considerado um sistema mesotrófico de acordo com o estudo de ROSA (2008), foram encontradas densidades totais de 52 a 136 ind L<sup>-1</sup>. A abundância da comunidade zooplantônica em áreas de cultivo de peixe em tanques-rede, no reservatório de Rosana (PR/SP), variou de 17 a 460 ind L<sup>-1</sup>, sendo o grupo dos rotíferos o mais importante, seguido por cladóceros, copépodos Calanoida e copépodos Cyclopoida (DIAS, 2008). As densidades máximas encontradas neste estudo assemelharam-se com as registradas em viveiros de criação de peixes por

MACEDO e SIPAÚBA-TAVARES (2005), as quais variaram com máximas de 2.296 a 3.391 ind L<sup>-1</sup>, e mínimas de 277 a 338 ind L<sup>-1</sup> nos períodos de chuva e seca, respectivamente.

Salienta-se que a relação entre a abundância dos rotíferos com ambientes eutrofizados, conforme observado na primeira etapa do presente estudo, pode ser explicada devido às características ideais em disponibilidade alimentar desses ambientes. Os rotíferos, por exemplo, têm alta capacidade de ingerir pequenas partículas alimentares, como bactérias e detritos orgânicos, que são abundantes em sistemas mais produtivos. Em tanques experimentais submetidos à adubação com diferentes substratos orgânicos, o grupo predominante foi o dos rotíferos, com destaque para o gênero *Brachionus* (FARIA *et al.*, 2000).

Espécies de rotíferos pertencentes ao gênero *Brachionus* têm apresentado potencial como organismos indicadores (ATTAYDE e BOZELLI, 1998), tendo sido observadas, por exemplo, elevadas densidades de *Brachionus angularis* relacionadas com altas concentrações de nutrientes e bactérias heterotróficas (BRANCO e SENNA, 1996). As espécies *B. calyciflorus* e *B. angularis* foram também classificadas como indicadores de eutrofia por PEJLER (1983) e PONTIN e LANGLEY (1993), sendo que as duas espécies possuem uma dieta diversificada, alimentando-se de algas, bactérias e detritos, em ambientes com bastante matéria orgânica.

Por meio da matriz de correlação de Pearson foi possível estabelecer uma relação entre maiores abundâncias de rotíferos e condições da água dos sistemas de cultivo. Verificou-se que o gênero *Brachionus*, como já observado na literatura, apresentou espécies indicadoras de aspectos importantes referentes à qualidade da água. As maiores densidades de *Brachionus calyciflorus*, no presente estudo, apresentaram correlações positivas ( $p < 0,05$ ), com os valores da série nitrogenada (N-total, nitrato, íon amônio, nitrogênio inorgânico dissolvido). De acordo com PIVA-BERTOLETTI (2001), a espécie *B. calyciflorus* pode ser utilizadas como indicadora da qualidade de água por estar preferencialmente associada a condições eutróficas, como foi também

evidenciado no presente estudo, sendo possível propor a utilização dessa espécie como indicadora de condições eutróficas dos sistemas de criação estudados. Tem sido demonstrado o predomínio de espécies do gênero *Brachionus*, consideradas organismos oportunistas, adaptadas para viverem em corpos de água altamente eutróficos, onde as condições são severas para os organismos de outros grupos (BUCKA, 1968). Entretanto, a espécie *B. angularis*, que de acordo com PIVA-BERTOLETTI (2001) está comumente associada a ambientes eutróficos, no presente estudo teve sua abundância correlacionada negativamente com maiores valores do íon amônio.

Já a espécie *Polyarthra vulgaris*, considerada cosmopolita, apesar de comumente reportada na literatura em tanques de piscicultura e viveiros de peixes (OLIVEIRA-NETO, 1993; ELER, 1996; PARESCHI, 2001), apresentou uma correlação negativa com o fósforo total, não podendo ser apontada como indicadora de condições mais eutróficas no presente estudo.

No grupo dos cladóceros *M. micrura* foi a única espécie constante, sendo considerada como característica de ambientes poluídos, túrbidos e altamente eutróficos (ROCHA e GÜNTZEL, 1999). No presente estudo, *M. micrura* foi correlacionada positivamente com concentrações de nitrato, podendo ser proposta como indicadora de maiores condições de trofia. Em relação aos copépodos, a proporção entre Calanoida e Cyclopoida vem sendo reportada pela literatura também como indicador da qualidade da água. Em ambas as etapas, a ordem Cyclopoida foi dominante na maior parte dos sistemas em relação ao Calanoida (64% na primeira etapa e 70 % na segunda). De acordo com (SAMPALIO *et al.*, 2002), o número total de Cyclopoida é comumente associado aos ambientes altamente eutróficos.

A análise da biomassa zooplânctônica assume importância no entendimento da estrutura trófica dos sistemas aquáticos, pois fornece informações quantitativas da matéria orgânica disponível nos diferentes níveis tróficos. Pode ainda, caracterizar a complexidade das principais interações bióticas, como predação e competição, e das perturbações naturais, além de possibilitar inferir sobre a estrutura do ambiente aquático

independentemente da taxonomia (RODRÍGUEZ e MULLIN, 1986; ECHEVARRÍA *et al.*, 1990; AHRENS e PETER, 1991). Microcrustáceos, em especial os cladóceros planctônicos, devido a seu movimento natatório discreto, têm pouca capacidade de escape. Sob outro aspecto, no entanto, são ricos em carbono e lipídios e, portanto intensamente predados em lagos tropicais naturais por peixes de vários níveis tróficos (AGUIARO e CARAMASCHI, 1998; JEPPESEN *et al.*, 2007). Por outro lado, esses mesmos organismos, por serem eficientes filtradores, controlam o crescimento de algas por meio da herbívora.

A partir dos dados obtidos, verificou-se diferença da abundância do zooplâncton entre a primeira e a segunda amostragem, inclusive entre as densidades máximas (1.908 ind L<sup>-1</sup> e 81 ind L<sup>-1</sup>, respectivamente). No entanto, houve semelhança da biomassa total em termos de carbono nos dois períodos. O valor máximo na primeira etapa foi de 210 µgC L<sup>-1</sup>, e na segunda etapa de 286 µgC L<sup>-1</sup>, fato este relacionado a uma maior participação dos copépodos, grupo com maior biomassa na segunda amostragem, comparativamente aos demais grupos zooplancônicos, conforme já assinalado por SENDACZ *et al.*, (2006). São escassas, na literatura, informações sobre biomassa do zooplâncton, mais ainda, acerca do conteúdo de carbono de toda a comunidade zooplancônica. Os valores observados neste estudo se encontram dentro da variação encontrada em literatura para lagos naturais. EYTO e IRVINE (2005), estudando a biomassa de grupos funcionais do plâncton em lagos de diferentes estados tróficos, encontraram valores para o zooplâncton de 4 µgC L<sup>-1</sup>, em lagos oligotróficos, a 502 µgC L<sup>-1</sup>, em lagos hipereutróficos. De acordo com o estudo de ROSA (2008), já em um ambiente eutrófico, como o do reservatório de Furnas, foi encontrado um valor máximo de 92,5 µgC L<sup>-1</sup>, para a comunidade zooplancônica, e em um reservatório hipereutrófico como o do Funil, o valor máximo foi de 250 µgC L<sup>-1</sup>. A partir desses resultados, pode-se inferir que a biomassa dos organismos zooplancônicos em alguns dos sistemas estudados, tanto na primeira como na segunda etapa, foram próximos ao dos encontrados em lagos eutrofizados.

## CONCLUSÕES

De um modo geral, como o esperado, os sistemas estudados apresentaram elevados níveis de nutrientes e clorofila-*a*, assim como a dominância dos rotíferos em relação aos outros grupos das comunidades zooplancônicas. Pode-se afirmar, ainda, que o grupo dos rotíferos apresentou uma maior contribuição taxonômica e na abundância, sendo esta característica associada à eutrofização.

As informações sobre a biomassa zooplancônica, apesar de serem muito importantes, são ainda escassas na literatura, principalmente acerca de pisciculturas e pesque-pague. No presente estudo, os copépodos tiveram uma importante contribuição na biomassa, principalmente os da ordem Cyclopoida, o grupo mais associado a ambientes eutrofizados. Entretanto, em alguns sistemas, a biomassa de cladóceros e mesmo de rotíferos, foi registrada como importante.

A partir do principal objetivo desse estudo, que foi em identificar espécies do zooplâncton, como possíveis indicadoras do estado trófico dos sistemas de pisciculturas e pesque-pague, destacaram-se como indicadores de maiores condições de trofia a espécie de rotífero *Brachionus calyciflorus*, e a espécie de cladóceros, *Moina micrura*. Com referência a condições mais eutróficas da água já reportadas na literatura, confirmou-se também uma maior proporção entre os copépodos do grupo do Cyclopoida tanto sob aspecto de biomassa total como relativa.

## REFERÊNCIAS

- AGUIARO T. e CARAMASCHI, E.P. 1998 Trophic guilds in fish assemblages in three coastal lagoons of Rio de Janeiro State (Brazil). *Verhandlungen der Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie*, Stuttgart, 26: 2166-2169.
- AHRENS, M.A. e PETER, R.H. 1991 Patterns and limitations in limnoplankton size spectra. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, Ottawa, 48: 1967-1978.
- ATTAYDE, J.L e BOZELLI, R.L. 1998 Assessing the indicator properties of zooplankton assemblages

- to disturbance gradients by canonical correspondence analysis. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, Ottawa, 55: 1789-1797.
- BASTIAN, R. 1991 EPA prefers effluents to be recycled. *Water farming Journal*, Estados Unidos, 28: 7-10.
- BRANCO, C.W.C. e SENNA, P.A.C. 1996 Relations among heterotrophic bacteria, chlorophyll-a, total phytoplankton, total zooplankton and physical and chemical features in the Paranoá reservoir, Brasília, Brazil. *Hydrobiologia*, Bruxelas, 337: 171-181.
- BRANCO, C.W.C.; ROCHA, M.I.A.; PINTO, G.F.S.; GÔMARA, G.A.; DE FILIPPO, R. 2002 Limnological features of Funil Reservoir (R.J., Brazil) and indicator properties of rotifers and cladocerans of the zooplankton community. *Lakes & Reservoirs: Research and Management*, Austrália, 7: 87-92.
- BRANCO, C.W.C.; KOZLOWSKY-SUZUKI, B.; ESTEVES, F.A.; AGUIARO, T. 2008 Zooplankton distribution and community structure in a Brazilian coastal lagoon. *Vie et Milieu*, França, 58(1): 1-9.
- BOTTRELL, H.H.; DUNCAN, A.; GLIWICZ, Z.M.; GRYIEK, E.; HERZIG, A.; HILLBRICHT-ILKOWSKA, A.; KURASAWA, H.; LARSSON, P.; WEGLENSKA T. 1976 A Review of Some Problems in zooplankton production studies. *Norwegian Journal of Zoology*, Austrália, 24: 419-456.
- BUCKA, H. 1968 Plankton communities in the Ochaby complex of experimental fishery farms, *Acta Hydrobiologica*, China, 8(1): 13-46.
- CASTELLANI, D. e BARELLA, W. 2006 Impactos da atividade de piscicultura na Bacia do Rio Ribeira de Iguape, SP – Brasil. *Boletim do Instituto de Pesca*, São Paulo, 32(2): 161-171.
- CAMARGO, S.G.O. e POUHEY, J.L.O.F. 2005 Aqüicultura - um mercado em expansão. *Revista Brasileira de Agrociência*, Pelotas, 11(4): 393-396.
- DIAS, J.D. 2008 *Impacto da piscicultura em tanques-rede sobre a estrutura da comunidade zooplanctônica em um reservatório subtropical, Brasil*. Maringá, 40p. (Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Maringá, UEM).
- DURIGAN, J.G.; SIPAÚBA-TAVARES, L.H.; OLIVEIRA, D.B.S. 1992 Estudo limnológico em tanques de piscicultura. Parte I: Variação nictemeral de fatores físicos, químicos e biológicos. *Acta Limnológica Brasileira*, Brasil, 4: 211-223.
- ECHEVARRÍA, F.; CARRILLO, P.; JIMÉNEZ, F.; SÁNCHEZ-CASTILLO, P.; CRUZ-PIZARRO, L.; RODRÍGUEZ, J. 1990 The size abundance distribution and taxonomic composition of plankton in an oligotrophic, high mountain lake (La Caldera, Sierra Nevada, Spain). *Journal of Plankton Research*, Oxford, 12: 415-422.
- ELER, M.N. 1996 *Influência do pacu (Piaractus mesopotamicus, Holmberg, 1887) e do fluxo contínuo de água nas características limnológicas de viveiros de piscicultura*. São Carlos, 158p. (Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo).
- EYTO, E. e IRVINE, K. 2005 Variation in the biomass of functional groups comprising the open-water plankton of shallow lakes in Ireland. *Biology and Environment: Proceedings of the Royal Irish Academy*, Inglaterra, 105 B(1): 53-58.
- FARIA, A.C.E.A.; HAYASHI, C.; SOARES, C.M.; GONÇALVES, G.S. 2000 Avaliação dos grupos zooplanctônicos em tanques experimentais submetidos à adubação com diferentes substratos orgânicos. *Acta Scientiarum*, Maringá, 22(2): 375-381.
- GLIWICZ, Z.M. 2003 *Between hazards of starvation and risk of predation: the ecology of offshore animals*. Excellence in Ecology n.12. International Ecology Institute Publications, Alemanha. 381p.
- GOMES, M., 1989 *Distribuição espacial dos moluscos bivalves na região da plataforma continental de Cabo Frio, Praia de Moçambala, Estado do Rio de Janeiro, Brasil*. Rio de Janeiro, 122p. (Dissertação de Mestrado. Museu Nacional, UFRJ).
- JEPPESEN, E.; MEERHOFF, M.; JACOBSEN, B.A.; HANSEN, R.S.; SØNDERGAARD, M.; JENSEN, J.P.; LAURIDSEN, T.L.; MAZZEO, N.; BRANCO, C.W.C. 2007 Restoration of shallow lakes by nutrient control and biomanipulation the successful strategy varies with lake size and climate. *Hydrobiologia*, Bélgica, 581: 269-285.

- LACHI, G.B. e SIPAÚBA-TAVARES, L.H. 2008 Qualidade da água e composição fitoplanctônica de um viveiro de piscicultura utilizado para fins de pesca esportiva e irrigação. *Boletim do Instituto de Pesca*, São Paulo, 34(1): 29-38.
- LANDA, G.G. e MOURGUÉS-SCHURTER, L.R. 2000 Características físicas, químicas e biológicas (zooplâncton) da água que abastece a estação de piscicultura de Universidade Federal de Lavras - MG. *Boletim do Instituto de Pesca*, São Paulo, 26(2): 223-232.
- LATJA, R. e SALONEN, K. 1978 Carbon analysis for the determination of individual biomass of planktonic animals. *Internationalen Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie*, Alemanha, 20: 2556-2560.
- LAZZARO, X. 1987 A review of planktivorous fishes: their evolution, feeding behaviors, selectivities and impacts. *Hydrobiologia*, Bélgica, 146: 97-167.
- LORENZEN, C.J. 1967 Determination of chlorophyll and phaeopigments: spectrophotometric equations. *Limnology Oceanography*, USA, 12: 343-346.
- MACEDO, C.F. e SIPAÚBA-TAVARES, L.H. 2005 Comunidade zooplancônica em viveiros de criação de peixes, em disposição sequencial. *Boletim do Instituto de Pesca*, São Paulo, 31(1): 21-27.
- MATSUMURA-TUNDISI, T. 1999 Diversidade de zooplâncton em represas do Brasil. In: HENRY, R. (Ed.) *Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais*. Botucatu: FUNDIBIO/FAPESP. p.39-54.
- MATSUMURA-TUNDISI, T.; NEUMANN-LEITÃO, S.; AGUENA, L.S.; MIYAHARA, J. 1990 Eutrofização da Represa de Barra Bonita: estrutura e organização da comunidade de Rotifera. *Revista Brasileira de Biologia*, São Paulo, 50(4): 923-935.
- NOGUEIRA, M.G. 2001 Zooplankton composition, dominance and abundance as indicators of environmental compartmentalization in Jurumim Reservoir (Paranapanema River), São Paulo, Brazil. *Hydrobiologia*, Bélgica, 455: 1-18.
- OLIVEIRA-NETO, A.L. 1993 *Estudo da variação da comunidade zooplancônica, com ênfase na comunidade de Rotifera, em curtos intervalos de tempo (variações diárias e nictimerais) na represa do Lobo (Broa) - Itirapina, SP*. São Paulo, 74p. (Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo).
- PARESCHI, D.C. 2001 *Caracterização da fauna de Rotifera em corpos da Serra da Mantiqueira (SP)*. São Carlos, 72p. (Monografia de conclusão de Curso de Graduação. Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Departamento de Hidrobiologia. Universidade Federal de São Carlos).
- PEJLER, B. 1983 Zooplanktic indicators of trophic and their food. *Hydrobiologia*, Bélgica, 101: 111-114.
- PIVA-BERTOLETTI, S.A.E. 2001 *Zooplâncton dos lagos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (SP) e relações entre espécies zooplancônicas e estado trófico em corpos d'água do Estado de São Paulo*. São Paulo, 253p. (Tese de Doutorado. Faculdade de Saúde Pública. Universidade de São Paulo).
- PONTIN, R.M. e LANGLEY, J.M. 1993 The use of rotifer communities to provide a preliminary national classification of small water bodies in England. *Hydrobiologia*, Bélgica, 255/256: 411-419.
- PORTELLA, M.C.; CESTAROLLI, M.A.; VERANI, J.R.; ROJAS, N.E.T. 1997 Produção de organismos planctônicos para alimentação inicial de larvas de peixes de água doce. *Boletim do Instituto de Pesca*, São Paulo, 24: 79-89.
- RIBEIRO, L. P.; MIRANDA, M.O.T.; LIMA, L.C.; HOLANDA, E.D., 2000 Aquicultura empresarial. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, 21(203): 5-9.
- ROCHA, O. e GÜNTZEL, A. 1999 Crustáceos Branchiópodos. In: JOLY, C.A. e BICUDO, C.E.M (orgs.). *Biodiversidade do Estado de São Paulo: Síntese do conhecimento ao final do século XX, 4: Invertebrados de água doce*. São Paulo: FAPESP. p.109-120.
- RODRÍGUEZ, J. e MULLIN, M.M. 1986 Relation between biomass and body weight of plankton in a steady state oceanic ecosystem. *Limnology and Oceanography*, Canadá, 31: 361-370.
- ROSA, P.G. 2008 *Comunidade zooplancônica de cinco reservatórios tropicais do sistema Furnas S.A. (Brasil): abundância e biomassa em carbono*. Juiz de Fora, 113p. (Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Juiz de Fora).

- RUTTNER-KOLISKO A. 1977 Suggestions for biomass calculations of plankton rotifers. *Archiv für Hydrobiologie., Helgoland, 8*: 71-76.
- SAMPAIO, E.V.; ROCHA, O.; MATSUMURA TUNDISI, T.; TUNDISI, J.G. 2002 Composition and abundance of zooplankton in the limnetic zone of seven reservoirs of the Paranapanema River, Brazil. *Brazilian Journal of Biology, São Carlos, 62*(3): 525-545.
- SENDACZ, S.; KUBO, E.; CESTAROLLI, M.A. 1985 Limnologia de reservatórios do sudeste do Estado de São Paulo, Brasil. VII. Zooplâncton. *Boletim do Instituto de Pesca, São Paulo, 12*(1): 187-207.
- SENDACZ, S.; CALEFFI, S.; SANTOS-SOARES, J. 2006 Zooplankton biomass of reservoirs in different trophic conditions in the State of São Paulo, Brazil. *Brazilian Journal of Biology, São Carlos, 66*(1B): 337-350.
- SIPAÚBA-TAVARES, L.H. e BRAGA, F.M.S. 1999 Study on feeding habits of *Piaractus mesopotamicus* (Pacu) larvae in fish ponds. *Naga, The ICLARM Quarterly, 22*(1): 24-30.
- WETZEL, R.G. e LIKENS, G.E. 1990 Inorganic nutrients: nitrogen, phosphorus and other nutrients. In: WETZEL, R.G. e LIKENS, G.E. *Limnological Analyses*. 2<sup>nd</sup> Ed. Springer-Verlag, New York. 81-105p.