



## Redução da riqueza de organismos do zooplâncton (com ênfase em Copepoda e Cladocera) nas lagoas do médio Rio Doce/MG

Fabírcia Sousa de Miranda<sup>1,2</sup>; Ricardo Motta Pinto-Coelho<sup>1</sup> & Alan Vieira Gonzaga<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratório de Gestão de Reservatórios Tropicais, Depto. Biologia Geral, Instituto Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais/ [fabricia.sm@gmail.com](mailto:fabricia.sm@gmail.com); [rmpc@icb.ufmg.br](mailto:rmpc@icb.ufmg.br)

<sup>2</sup>Programa de Pós Graduação em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre/ICB/UFMG

**Abstract. Loss in species richness of zooplankton community (especially Cladocera and Copepoda) in middle Rio Doce Valley Lakes (MG- Brazil).** This work aimed to verify if there is species loss in the zooplankton community in Rio Doce Lake District, with emphasis in Copepoda and Cladocera. The study investigated the modifications of structural aspects of this community (richness and abundances) in the last years, even considering the seasonal effects. A comparison was made considering an intensive sampling program and former literature sources. Two groups of lakes were selected: (a) lakes in the state park of Rio Doce (PERD) and (b) lakes situated in the area dominated by *Eucalyptus* plantations. Sampling was done in seven lakes on July 2004, January 2005, and August 2005, using vertical net hands of 68 and 150  $\mu\text{m}$  mesh size for micro and mesozooplankton, respectively. The samplings covered the whole water column. The samples were preserved with 4% buffered in neutral pH. The counting was carried out using Sedgewick–Rafter chamber. Nine species of Copepoda and 13 of Cladocera were identified. The comparison with previous investigations revealed a conspicuous reduction in the species numbers in several lakes. This species loss was probably the result of the simultaneous and synergistic action of several factors such as introduction of exotic fish species, climatic changes (eg: larger availability of UV radiation in the water column), bad practices of land use (e.g: uncontrolled expansion of *Eucalyptus* plantations), and the lack of a long term strategic plan aimed to combine regional sustainable development with the improvement and effective adoption of new practices of conservation, biomanipulation and management of the studied lakes.

**Keywords:** *Chaoborus*, exotic fish species, microzooplankton, mesozooplankton.

**Resumo.** Este trabalho teve o objetivo de investigar a extensão e possíveis causas da redução do número de espécies da comunidade zooplanctônica no distrito lacustre do médio Rio Doce (MG), com ênfase nos microcrustáceos (copépodes e cladóceros). O objetivo central da pesquisa foi verificar se houve mudanças expressivas em aspectos estruturais das comunidades (riqueza e abundância específica), com ênfase na perda de espécies ao longo dos últimos anos e também entre os lagos com diferentes tipos de manejos. Dois grupos distintos de lagos foram escolhidos: (a) um grupo dentro do parque estadual do rio Doce (PERD) e (b) outro grupo de lagos situados em regiões afetadas por monocultivos de *Eucalyptus*. As amostragens foram feitas em Julho/04, Janeiro/2005 e Agosto/2005, utilizando-se redes de arrasto vertical com diâmetro de malha de 68 e 150  $\mu\text{m}$  para microzooplâncton e mesozoplâncton, respectivamente. Toda a coluna d'água foi considerada. As amostras foram preservadas com formalina 4% tamponada em pH neutro. A contagem foi feita usando câmeras de Sedgewick – Rafter. Foram encontradas nove espécies de Copepoda e treze de Cladocera dentre as sete lagoas amostradas. A comparação com pesquisas anteriores revelou uma redução conspícua no número de espécies em vários ambientes. O estudo discute as possíveis causas dessa redução de espécies que certamente estão associadas à ação sinérgica de vários fatores, tais como: a introdução de espécies exóticas de peixes, mudanças no clima (e.g: maior disponibilidade de radiação UV na coluna de água), o mau uso do solo (especialmente a

expansão desordenada dos monocultivos de *Eucalyptus*) e também à falta de um plano estratégico, de longo prazo, voltado ao desenvolvimento econômico, sócio-ambiental e à conservação integrada desses sistemas lacustres.

**Palavras-chave:** *Chaoborus*, espécies exóticas de peixes, microzooplâncton, mesozoplâncton.

## INTRODUÇÃO

Trabalhos na unidade de conservação no Parque Estadual do Rio Doce (PERD) vêm sendo realizados desde a década de 1970. Entre os anos 1980 -1997 alguns trabalhos estiveram voltados ao zooplâncton: SANTOS (1980). Dentre esses, merece destaque uma importante publicação que resultou do Convênio Brasil-Japão (TUNDISI & SAIJO, 1997) e vários outros tais como: MATSUMURA-TUNDISI & ROCHA (1983), MATSUMURA -TUNDISI (1980), BRITO *et al.* (2002 b), MAIA-BARBOSA *et al.* (2002), MAIA-BARBOSA *et al.* (2003 a e b), MAIA-BARBOSA *et al.* (2007) e BEZERRA-NETO (2007), dentre outros.

Considerando a grande importância dos lagos do médio rio Doce, o CNPq aprovou a criação de um sítio específico de pesquisas de longa duração nessa região (PELD, 2004). Esse projeto, coordenado pelo professor Dr. Francisco Barbosa, lançou as bases para que vários estudos limnológicos pudessem ser realizados. Esses estudos trouxeram e continuam fornecendo importantes contribuições para o entendimento dos processos ecológicos e da complexa dinâmica espaço-temporal das comunidades planctônicas dessas lagoas.

Na presente investigação, a série de dados limnológicos coletados pelo programa PELD-UFMG nos lagos do médio Rio Doce foi de fundamental importância. Os lagos escolhidos e a formação da hipótese de estudo foram uma consequência material dos dados coletados continuamente pelo programa PELD.

O objetivo central dessa pesquisa foi o de amostrar um conjunto de lagos considerados representativos pelo programa PELD em termos de com-

posição, abundância e estrutura do zooplâncton. Optou-se por amostrar lagos que possuíssem uma considerável história de trabalhos publicados, o que seria fundamental para testar a hipótese central do estudo, ou seja, a de investigar se houve ou não uma queda na diversidade de organismos do plâncton nos lagos do médio rio Doce, em anos recentes. Dois grupos distintos de lagos foram escolhidos: (a) um grupo de lagos situados dentro do parque estadual do rio Doce (PERD) e (b) outro grupo de lagos situados em regiões com prevalência de monocultivos de *Eucalyptus*. Sabendo-se que a riqueza de espécies é tida como um parâmetro insuficiente para caracterizar uma comunidade (BEGON *et al.*, 1996), foram também consideradas as densidades dos organismos zooplanctônicos.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Área de estudo

A parte mineira da bacia do rio Doce estende-se pelas porções leste do estado. A região originalmente coberta pela Mata Atlântica encontra-se hoje praticamente reduzida aos 36000 hectares do Parque Estadual do Rio Doce (PERD), além de fragmentos de 10-100 hectares remanescentes na região (FONSECA, 1997). Os sete ambientes lênticos amostrados estão localizados na região do Parque Estadual do Rio Doce, sendo três lagos situados dentro da reserva (lago Dom Helvécio, lagoa Gambazinho e lagoa Carioca) e quatro lagoas localizadas em áreas vizinhas, estão sujeitas a diferentes impactos antrópicos, principalmente de monoculturas da mirtácea *Eucalyptus* (lagoas Palmeirinha, Jacaré, Amarela e Águas Claras, conforme se vê na Tabela 1).

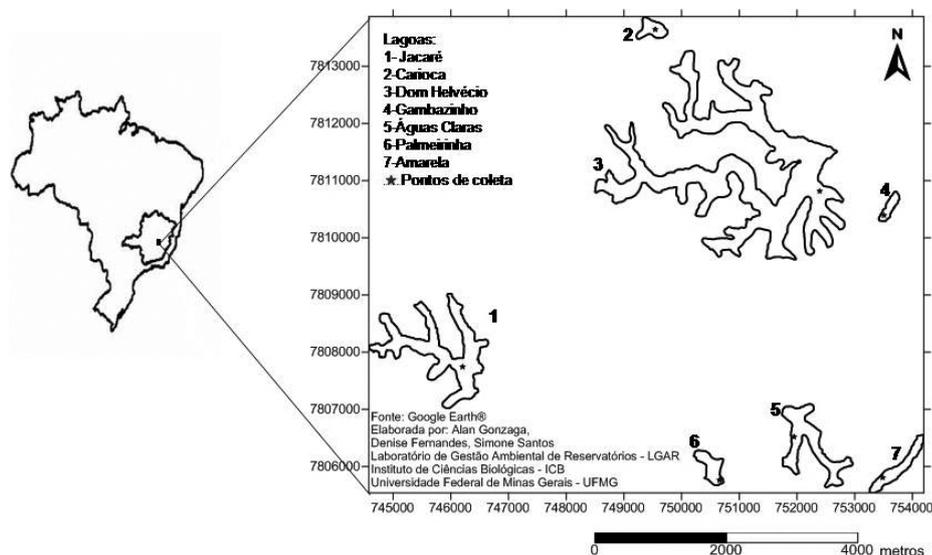
**Tabela 1.** Categoria das lagoas quanto a sua localização e área do espelho d'água. Grupo 1: Lagos internos ao Parque Estadual do Rio Doce. Grupo 2: Lagos externos ao Parque Estadual do Rio Doce.

Lagoa amostrada	Área da lagoa (Km <sup>2</sup> )
<b>Grupo 1</b>	
D. Helvécio	5,27
Carioca	0,13
Gambazinho	0,09
<b>Grupo 2</b>	
Jacaré	1,22
Águas Claras	0,62
Palmeirinha	0,23
Amarela	0,27

Em cada ambiente, foram feitas coletas em um único ponto localizado na região limnética de maior profundidade, em pontos abrangendo toda a coluna de água.

Foram realizadas três coletas com um espaço de tempo de aproximadamente seis meses entre uma e outra, durante o dia (Fig. 1). As amostragens se de-

ram em período de estiagem e de chuva nas seguintes datas: 26-29 julho/2004, 24-28 janeiro/2005, 21-24 agosto/2005. A escolha da região limnética visou eliminar os efeitos de riqueza promovidos pela fauna de microcrustáceos não planctônicos que normalmente está associada aos bancos de macrófitas e aos sedimentos lacustres.



**Figura 1.** Localização dos pontos de coleta nas das lagoas do médio Rio Doce (MG) amostradas. Fonte: Mapa do Brasil (modificado). Disponível em <telemigri.infoinvest.com.br/.../mapa\_telemig.gif>. Os dois grupos de lagoas escolhidos foram compostos pelas seguintes lagoas: Grupo 1 (PERD): lagoa da Carioca (2), Lago D. Helvécio (3), Lagoa do Gambazinho (4). Grupo 2 (lagos em região com Eucalipto): (1) Lagoa do Jacaré (1), Lagoa Águas Claras (5), Lagoa da Palmerinha (6) e Lagoa Amarela (7).

As coletas foram realizadas com dois tipos de rede de plâncton, por meio de arrasto vertical, que garantiram a obtenção de duas frações específicas; micro e mesozooplâncton (PINTO-COELHO, 2004). Para coleta de amostras de mesozooplâncton, utilizou-se uma rede de náilon de malha de 150 µm e diâmetro de boca igual a 40 cm. Para a coleta de microzooplâncton empregou-se uma rede de malha de 68 µm e diâmetro de boca igual a 30 cm. Os arrastos foram feitos a cerca de um metro do fundo, até a superfície. O volume filtrado durante o arrasto foi calculado pela fórmula:

$$V_f = \pi \cdot r^2 \cdot d$$

[Equação 1]

Onde:

$V_f$  = volume de água filtrada (m<sup>3</sup>)

$r$  = raio da boca da rede ( $r=0,15$  m para o microzooplâncton e  $r=0,2$  m para o mesozooplâncton);

$d$  = profundidade do arrasto (= comprimento do cabo, em metros).

As amostras foram acondicionadas em um frasco de 200 mL. A fixação foi feita imediatamente após a coleta com uma solução de sacarose (250 g para um litro de fixador) e formalina 4%, tamponada com tetraborato de sódio (em pH neutro). No laboratório, o volume de cada amostra foi medido numa proveta graduada e anotado. A seguir, a amostra foi colocada num béquer e homogeneizada. Com a amostra ainda em agitação não circular, uma subamostra foi tomada com o auxílio de uma pipeta não-seletiva de Hensen-Stempel de 1,0 mL de capacidade. O conteúdo dessa pipeta foi então depositado numa câmara de contagem do tipo

Sedgewick-Rafter (S-R) também de 1 mL de capacidade. O número de organismos zooplânctônicos foi calculado pela seguinte fórmula:

$$\text{No indivíduos/ml} = \frac{\text{n}^\circ \text{ contado FC}}{\frac{\text{n}^\circ \text{ Cub}}{V_f}}$$

[Equação 2]

Onde:

nº contado = número total de indivíduos contados

nº Cub = nº de cubetas (Sedgewick-Rafter) contadas.

$V_f$  = volume filtrado em ml pela rede de coleta.

FC = fator de correção (ml → m<sup>3</sup>).

Como a rede de arrasto vertical faz uma amostra integrada fisicamente, é possível converter uma equação que calcula densidade volumétrica (como a fórmula acima em m<sup>3</sup>) para uma equação que calcula densidade em área (m<sup>2</sup>). Para a estimativa das abundâncias integradas por área amostrada usou-se a seguinte equação:

$$\text{Densidade (indiv/m}^2\text{)} = \frac{\text{n}^\circ \text{ contado} V_a}{\frac{\text{n}^\circ \text{ Cub}}{A}}$$

[Equação 3]

Onde:

$A = \pi r^2$  (raio em metros) (área em metros quadrados)

$A = 0,07065$  m<sup>2</sup> (para uma rede de 30 cm de diâmetro)

$V_a$  = volume da amostra em mL

E os demais parâmetros como nas equações acima. O uso das estimativas de abundância do zooplâncton expressas por unidade de volume e por área permitiu a comparação dos dados da presente investigação com outras pesquisas que ora apresentam uma ou outra forma de expressar esses dados. Os organismos encontrados nas amostras foram não somente contados, identificados, mas também fotografados. Há um catálogo *online* para consulta dos resultados e foto-arquivos desta pesquisa disponível no seguinte endereço : (<http://ecologia.icb.ufmg.br/~rpcoelho/RioDoce/website/fotos.htm>).

As identificações foram realizadas com o auxílio de um microscópio binocular equipado com uma câmera de vídeo (câmara SONY CCD-IRIS e TVT remote software), adotando-se a seguinte bibliografia básica: (LOUREIRO, 1996); (KOSTE, 1978) e (SENDACZ &

KUBO, 1982). A identificação dos Rotifera foi efetuada somente até o nível de gênero. Um número mínimo de 400 (quatrocentos) organismos foi contado por amostra, incluindo-se nesse total, organismos característicos do zooplâncton, tais como copépodes, cladóceros, ostrácodes, dípteros em estágio larval. Utilizou-se o software EXCEL (Microsoft) para elaboração de gráficos. A diferenciação da comunidade zooplânctônica em micro e mesozooplâncton foi feita de acordo com DUSSART (1965), que classifica em microzooplâncton os organismos que possuem dimensões de 20-200 µm e mesozooplâncton aqueles que possuem dimensões entre 200-2000 µm. Os dados de pH, OD, temperatura, condutividade elétrica e turbidez foram disponibilizados pelos pesquisadores do PELD site 4, os quais foram obtidos por meio do multianalisador Horiba (Tab.3)

**Tabela 2.** Densidades de Cianofíceas (organismos por mL) nos períodos da estação de seca de 2004 e chuva (janeiro de 2005) em sete lagoas do médio Rio Doce/MG.

Lagos	Seca (Julho -2004)	Chuva (Janeiro de 2005)
<b>Grupo 1</b>		<b>Lagos PERD</b>
D. Helvécio	2014,63	2964,75
Carioca	5369,00	10767,5
Gambazinho	12744,00	11108,8
<b>Grupo 2</b>		<b>Lagos Eucalyptus</b>
Jacaré	19391,33	11,6
Águas Claras	1489,05	80977,5
Palmeirinha	226,56	337,48
Amarela	61,36	0

## RESULTADOS

Durante o período de seca, a lagoa Amarela esteve com o menor valor de oxigênio dissolvido enquanto na época de chuvas a lagoa Palmeirinha esteve com o menor valor. A temperatura foi mais

elevada no lago Dom Helvécio, durante a estiagem, onde se atingiu 23,8°C. Na época de chuva (verão), a maior temperatura foi registrada para o lago Gambazinho: 30,7°C. Em todo o período de amostragem as águas estiveram levemente ácidas (Tab. 3).

**Tabela 3.** Dados físico-químicos medidos nos lagos em período de seca (Julho de 2004) e em período de chuvas (Janeiro de 2005).

Lagoas	pH		Condutividade ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )		Turbidez (NTU)		OD (mg/L)		Temperatura	
	(Seca)	(Chuva)	(Seca)	(Chuva)	(Seca)	(Chuva)	(Seca)	(Chuva)	(Seca)	(Chuva)
<b>Grupo 1</b>										
<b>D.Helvc.</b>	5,4	5,6	44,7	0,04	32,0	58,1	4,1	10,9	23,81	30,6
<b>Carioca</b>	5,6	5,5	29,6	0,03	10,8	80,3	3,9	8,0	21,8	29,5
<b>Gambz.</b>	5,4	4,7	13,0	0,01	4,2	12,6	5,3	8,9	22,8	30,7
<b>Grupo2</b>										
<b>Jacaré</b>	5,9	5,6	37,5	0,04	21,9	28,3	4,7	8,2	22,5	30,4
<b>A.Clar.</b>	5,9	5,8	42,0	0,05	62,0	18,4	4,4	7,9	23,0	29,8
<b>Palmeirh</b>	5,5	5,6	44,0	0,04	96,9	18,3	4,7	7,7	22,9	29,6
<b>Amarela</b>	6,7	5,7	76,9	0,09	55,4	31,2	2,4	9,6	19,4	28,0

Os dados sobre produtores primários (fitoplâncton) foram generosamente cedidos pela bióloga Maíra O. Campos. Estes dados, disponíveis na Tab. 2, chamam a atenção para a baixa densidade de cianobactérias (Cyanophyceae) na lagoa Amarela e Palmeirinha (externas ao parque) enquanto que uma situação contrária foi observada nos lagos Dom Helvécio, Gambazinho e Carioca (ambientes internos ao parque). Nestes últimos, a densidade foi muito alta tanto nos períodos de seca quanto na estação chuvosa.

Neste estudo foram identificados 41 táxons (Tab. 4): dezessete gêneros de rotífera; um taxa da classe Ostracoda; um gênero da ordem Diptera; nove espécies pertencentes aos Copepoda e treze espécies de Branchiopoda, representados aqui pelos cladóceros. A composição da fauna de cladóceros foi predominantemente constituída por *Diaphanosoma*

*birgei*, *Bosmina* spp., *Daphnia laevis* e *Ceriodaphnia* spp. Os rotíferos estiveram, em sua maioria, representados pelos gêneros: *Brachionus*, *Conochilus*, *Colotheca* e *Ptygura*.

Comparando-se os ambientes estudados e os resultados integrados das duas frações micro e mesozooplâncton, *Thermocyclops minutus* (Lowndes, 1934) foi a espécie de copépode que se apresentou em quase todas as lagoas, exceto na lagoa Amarela. É importante ressaltar que a lagoa Amarela apresentou maior riqueza apesar de ser o ambiente com menor profundidade dentre os outros locais estudados. O espelho d'água é dominado por macrófitas flutuantes fixas. Por outro lado, o ambiente em que houve a menor riqueza foi a lagoa Palmeirinha. Dentro do Parque Estadual do Rio Doce, o lago Dom Helvécio apresentou maior riqueza enquanto o lago Gambazinho, a menor (Tab. 4).

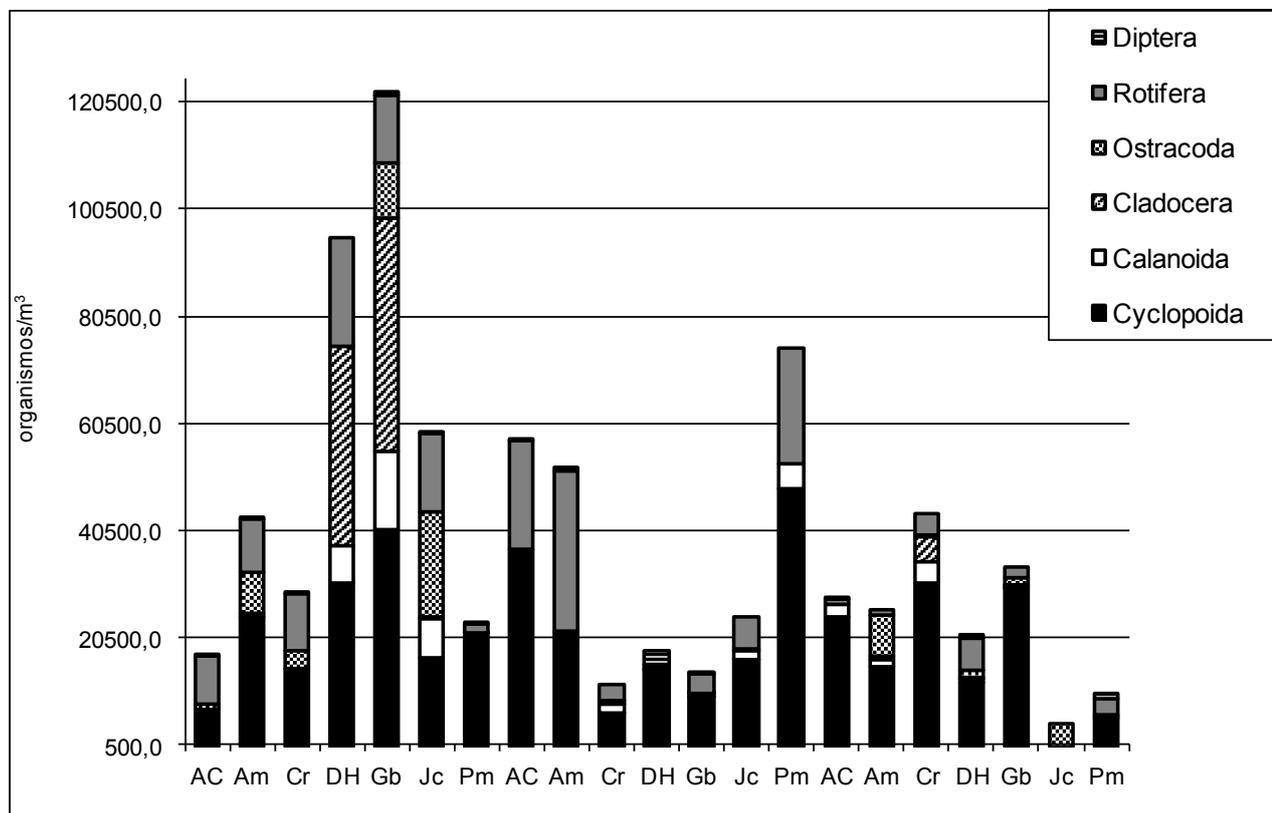
**Tabela 4.** Riqueza de espécies do zooplâncton no Parque Estadual do Rio Doce – registros de 1978 a 2005.

Lagos	Bibliografia	Riqueza Rotifera	Riqueza Cladocera	Riqueza Copepda	Metodologia empregada	Periodicidade do estudo
<b>Águas Claras</b>						
	1985 <sup>5</sup>	6	1	2	Rede AV	11/1985 e 07/1987
	2001 <sup>9</sup>	13	4	3	AV+A.horiz+Bb p/quantt.	06/1999; 08/1999 e 02/2000.
	2002 <sup>7</sup>	2	1	1	Garrf.VD.filtr.10L.	Seca e chuva 2000 a 2002.
	2004	8	0	2	Rede Av.	Seca 2004
	2005	7	1	1	Rede Av.	Seca e chuva 2005
<b>Amarela</b>						
	1980 <sup>12</sup>	6	3	2	Bb+filt. Rede	Coleta bimensal 1978
	2001 <sup>9</sup>	17	7	4	AV+A.horiz+Bb p/quantt.	06/1999; 08/1999 e 02/2000.
	2004	4	3	2	Rede AV	Seca 2004
	2005	8	3	2	Rede AV	Seca e chuva 2005
<b>Carioca</b>						
	1980 <sup>12</sup>	2	4	2	Bb+filt. Rede	Coleta bimensal 1978
	1980 <sup>10</sup>	-	11	-	Bb+ Rede*	Amostras bimensais
	2001 <sup>9</sup>	11	1	3	AV+A.horiz+Bb p/quantt.	06/1999; 08/1999 e 02/2000.
	2001 <sup>8</sup>	25	9	3	Garrf.VD.filtr.10L.	01/2001 à 08/2002
	2002 <sup>13</sup>	12	2	2	Bb+ Rede*	Sc. e ch. 2001 - 2002
	2004	1	0	1	Rede AV	Seca 2004
	2005	4	0	1	Rede AV	Seca e chuva 2005
<b>D. Helvécio</b>						
	1978 <sup>1</sup>	-	-	4	Bb+filt. Rede; 5-5m	Bimensal 01/1978 à 12/1978
	1980 <sup>10&amp;11</sup>	-	8	7	Bb+ Rede*	Amostras bimensais
	1980 <sup>12</sup>	3	8	6	Bb+filt. Rede	Coleta bimensal 1978
	1983 <sup>2</sup>	4	5	5	Bb+filt. Rede; 5-5m	07/1983
	1985 <sup>3</sup>	6	5	5	Bb+filt. Rede**	11/1985
	1987 <sup>4</sup>	-	3	4	Bb metalimn + rede epilimnio	12/1985; 07/1987
	2002 <sup>6</sup>	25	7	4	Garrf VD+filtr.10L	01/2001 – 08/2002
	2003 <sup>8</sup>	16	8	3	Bb+filt.Redes;4 profd	02/2001 e 07/2001
	2004	3	3	2	Rede AV	Seca 2004
	2005	5	2	2	Rede AV	Seca e chuva 2005

- não amostrado.

Na fração microzooplânctônica a participação dos copépodos Cyclopoida foi predominante em todos os ambientes. No entanto as altas densidades se deveram principalmente à participação massiva

dos nauplii. Nossos resultados mostraram que na maioria das vezes os adultos não representavam 10% dos indivíduos amostrados (Fig. 2).



**Figura 2.** Densidade do microzooplâncton em sete lagoas do Médio Rio Doce (2004-2005). Os histogramas indicam as densidades do microzooplâncton nas lagoas amostradas em 2004-2005. OBS.: Os nomes (siglas das lagoas) se repetem duas vezes porque se referem às respectivas coletas (Jul/04; Jan/05; Ago/05). AC = Águas Claras; Cr = Carioca; DH = D. Helvécio; Gb = Gambazinho; Jc = Jacaré; Pm = Palmeirinha.

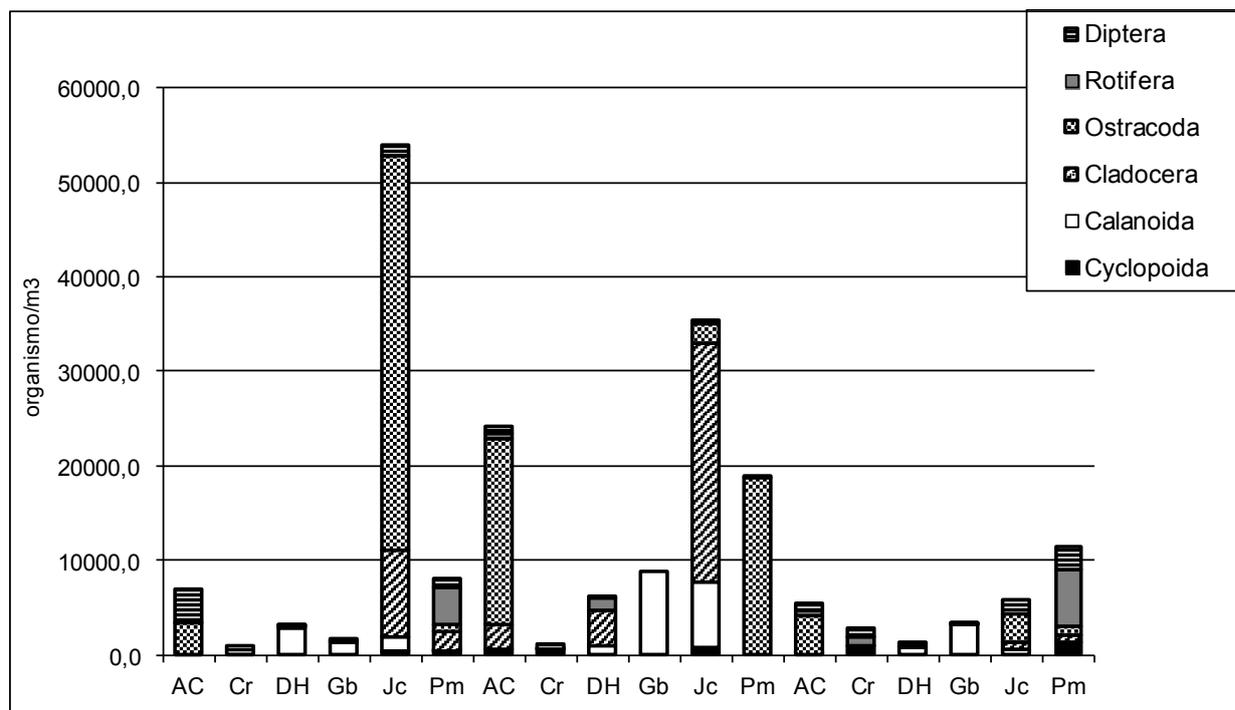
Cada ambiente apresentou dominância em uma categoria taxonômica diversa na fração microzooplânctônica. Na lagoa Águas Claras, os copépodos Cyclopoida dominaram juntamente com os rotíferos. A classe Branchiopoda (aqui representada pelos cladóceros) foi dominante na lagoa Amarela, bem como copépodos da ordem Calanoida e Cyclopoida. Ainda neste ambiente foram registradas as seguintes espécies de copépodos: *Ectocyclops ru-*

*bescens*; *Mesocyclops brasiliensis*; *Mesocyclops longisetus*; *Microcyclops anceps*; *Microcyclops ceibaensis*. Os cladóceros encontrados nesse ambiente foram: *Ceriodaphnia cornuta*, *Daphnia laevis*, *Macrothrix elegans*, *Alona sp.*, *Bosmina sp.* Observou-se que na lagoa Amarela houve boa representação para os grupos de copépodos, cladóceros, rotíferos e ostrácodes enquanto a presença de chaoborídeos foi praticamente nula. Na lagoa Carioca a participação

dos copépodes cyclopoida foi maior, bem como dos rotíferos. No lago Dom Helvécio, espécies de Copepoda cyclopoida e calanoida foram dominantes, além dos rotíferos. Constatou-se uma participação expressiva de *Chaoborus* neste ambiente. A lagoa Gambazinho mostrou dominância de copépodes e rotíferos. A lagoa Jacaré foi dominada por copépodes e rotíferos, mas é importante observar que sobressaíram densamente indivíduos da classe Ostracoda, tanto neste ambiente quanto na lagoa Palmeirinha que também é externas ao parque (Fig. 2 e Fig. 3). Na fração mesozooplânctônica, ou seja, aquela que inclui todos os organismos acima de 200 $\mu$ m (DUSSART, 1967) houve padrões diferenciados entre os grupos dominantes. Na lagoa Águas Claras, por exemplo, Ostracoda e larvas do Diptera

*Chaoborus* dominaram. Na lagoa Carioca houve ausência de qualquer representante de cladóceros na zona limnética, no entanto dominaram as larvas do gênero *Chaoborus*.

No lago Dom Helvécio, copépodes Calanoida e cladóceros sobressaíram, mas houve uma participação, nada negligenciável, de larvas de *Chaoborus*. Foi observado na lagoa Gambazinho a ausência de representantes de cladóceros, uma baixa densidade de predadores invertebrados (*Chaoborus*), bem como ausência de ostrácodes na coluna d'água. Na lagoa Jacaré dominaram cladóceros e os ostrácodes (estes em alta densidade). A lagoa Palmeirinha apresentou densidade relativamente elevada de Ostracoda (Fig.3).



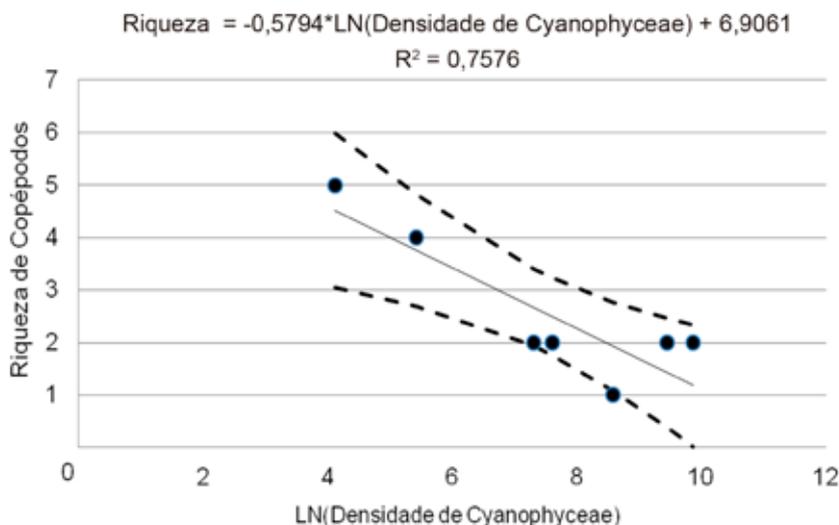
**Figura 3.** Densidade do mesozooplâncton em sete lagoas do médio Rio Doce (2004-2005). Os histogramas indicam as densidades do mesozooplâncton nas lagoas amostradas em 2004-2005. OBS.: Os nomes (siglas das lagoas) se repetem duas vezes porque se referem às respectivas coletas (Jul/04; Jan/05; Ago/05). AC = Águas Claras; Cr = Carioca; DH = D. Helvécio; Gb = Gambazinho; Jc = Jacaré; Pm= Palmeirinha.

A densidade de *Chaoborus* neste ambiente foi menor. A comunidade zooplânctônica desses lagos foi bem maior no passado (Tab.4). A comparação dos dados atuais com pesquisas realizadas no passado revela uma grande diminuição de riqueza entre os grupos de organismos. A modificação temporal dos táxons presentes nas lagoas do médio rio Doce pode ser constatada, por exemplo, pela acentuada perda de espécies de cladóceros nos lagos Carioca e Dom Helvécio. Para este último, observou-se uma queda principalmente para o grupo de Copepoda (Tab.4).

O baixo número de espécies identificadas no presente estudo, na fração mesozooplânctônica, para a lagoa Águas Claras, demonstra redução da riqueza deste ambiente (Tab.4). As espécies de Copepoda presentes nesta mesma lagoa são: *Mesocyclops brasiliensis* e *T. minutus*. Os cladóceros identificados foram *Bosmina hagmani*, *Diaphanosoma birgei* e *Daphnia gessneri*. Na lagoa Carioca todas as espécies de copépodes antes presentes foram reduzidas apenas à *Thermocyclops minutus*. Não foi

observada a presença de cladóceros para este ambiente em nenhuma das frações pesquisadas (microzooplâncton e mesozooplâncton). As espécies de Copepoda encontradas durante os três períodos amostrais no lago D. Helvécio foram: *Notodiaptomus isabelae* e *T. minutus*. Os cladóceros identificados foram: *Ceriodaphnia cornuta*, *D. birgei*, *Bosmina tubicen*, *Bosminopsis deitersi* e *Simocephalus* sp. As espécies de Copepoda identificadas na lagoa Gambazinho foram: *N. isabelae* e *T. minutus*. As espécies de Copepoda identificadas na lagoa Jacaré foram: *N. isabelae*, *T. minutus*. As espécies de cladóceros identificados nesse ambiente foram: *Daphnia laevis*, *B. tubicen* e *C. silvestrii*. Por fim, as espécies de Copepoda identificadas na lagoa Palmeirinha foram *Argyrodiaptomus* sp., *N. isabelae*, *Mesocyclops* sp e *T. minutus*.

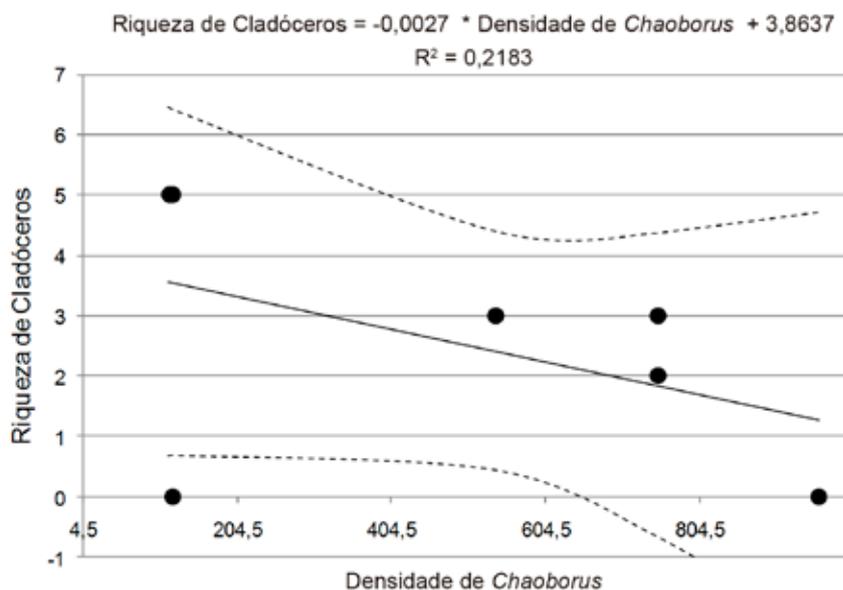
A fim de verificar uma possível associação entre a presença de cianobactérias e a riqueza do zooplâncton, procedeu-se a uma análise de correlação entre densidade de cianobactérias e riqueza de copépodos (Fig.4).



**Figura 4.** Correlação entre densidade de cianobactérias e riqueza de copépodos na época de seca (Julho de 2004).

Esta regressão mostrou uma tendência significativa de aumentar a riqueza dos copépodes à medida que a concentração (densidade) de cianobactérias diminui; ou seja, a riqueza dos ambientes foi mais alta quando a densidade das cianobactérias era mais baixa. A possível influência da predação na estrutura do zooplâncton foi investigada a partir do estudo entre a densidade de chaoborídeos e outros

táxons do zooplâncton. Através de um modelo de regressão linear, observou-se que houve uma tendência à queda da riqueza de cladóceros à medida que a densidade de *Chaoborus* aumentava (Fig.5). Esta tendência chega ao extremo na lagoa Carioca onde a ausência de representantes de cladóceros na zona limnética pode estar associada às elevadas densidades de larvas de *Chaoborus*.



**Figura 5.** Correlação entre densidade de *Chaoborus* spp. e riqueza de cladóceros na seca de 2005.

Nas duas primeiras coletas (Julho/04 e Janeiro/05) a lagoa Águas Claras exibiu densidades de *Chaoborus* por medida de área ( $m^2$ ) superiores a todos outros ambientes: 18027,3 e 12093,9 ind/ $m^2$ , respectivamente. Dentre as lagoas internas ao Parque, a lagoa Carioca apresentou 4040,6 ind/ $m^2$  em Janeiro/05 e a lagoa Dom Helvécio 8917 ind/ $m^2$  em Agosto/2005.

A comparação de densidades de *Chaoborus* só poderia ser feita a partir de densidades expressas por unidade de volume ( $m^3$ ). No presente estudo,

a lagoa Águas Claras foi aquela que apresentou as maiores densidades de *Chaoborus*, ou seja, 3.603 ind. $m^3$  (Jan/2004). A menor densidade foi observada na lagoa Gambazinho, ou seja, 96 ind. $m^3$  (Ago/05).

## DISCUSSÃO

O primeiro aspecto a ser destacado no presente estudo é a clara perda de várias espécies importantes na comunidade zooplanctônica de vários lagos da região do médio rio Doce. Na tabela 4, pode ser observada a perda de algumas espécies de Cope-

poda e Cladocera desde a década de 1970 até o presente, embasado nas referências bibliográficas compiladas nesse estudo. Nota-se a ausência de um Calanoida de grande porte: *Argyrodiaptomus furcatus* (Sars, 1901) que fora registrado inicialmente em 1978 por MATSUMURA - TUNDISI & TUNDISI no lago Dom Helvécio. Hoje, a espécie não é mais coletada em nenhum dos lagos.

A lagoa Águas Claras que possui poucos dados publicados sobre sua riqueza, mostrou uma simplificação muito grande na comunidade zooplancônica entre 1985 e o presente estudo. Nota-se a ausência de *Notodiaptomus isabelae* e *Tropocyclops prasinus* (copépodes), *Simocephalus serrulatus*, *Macrothrix laticornis*, *Bosmina tubicen*, *Ceriodaphnia silvestrii*, dentre outros cladóceros.

Outro exemplo de extinção local é a completa ausência de *Notodiaptomus dubius* (DUSSART & MATSUMURA-TUNDISI, 1986) na lagoa Amarela ou de *Microcyclops varicans* (Sars, 1863) na lagoa Carioca (MATSUMURA-TUNDISI, 1980). Há que se mencionar também a ausência de *Notodiaptomus inheringi* (Wright, 1935) na lagoa Amarela, registrado em 2001 por MORETTO (2001).

É relevante observar que a lagoa Carioca já abrigou uma rica fauna de cladóceros tais como *Ceriodaphnia cornuta* (registros de OKANO, 1980), *Daphnia gessneri* (registros de BRANDÃO, 2002), etc. Hoje em dia não há registro de cladóceros para este ambiente.

No lago Dom Helvécio, o presente estudo notou a ausência de registros de outros vários copépodes registrados além de *Argyrodiaptomus furcatus*, *Scolodiaptomus corderoi* (Wright, 1936) que foram registrados por MATSUMURA -TUNDISI *et al.*, (1997a); MATSUMURA -TUNDISI (1997b) e MATSUMURA -TUNDISI

(1997c); *Attheyella* sp. (gênero descrito por : Brady, 1880) registrado por OKANO (1980) e SANTOS (1980); e *Thermocyclops prasinus meridionalis* (Kiefer, 1931) registrado por: MATSUMURA -TUNDISI *et al.*, (1997a), OKANO (1980) e SANTOS (1980). Essa lagoa também sofreu perda de cladóceros: *Daphnia gessneri* (Herbst, 1967) registrado por MATSUMURA-TUNDISI (1980), MATSUMURA-TUNDISI (1997b), MATSUMURA-TUNDISI (1997c), OKANO (1980) e SANTOS (1980); *Moina minuta* (Hansen, 1899) registrado por OKANO (1980), SANTOS (1980) e MATSUMURA-TUNDISI (1980); *Diaphanosoma brachyurum* (Lievin, 1848) registrado por OKANO (1980); SANTOS (1980); MATSUMURA - TUNDISI (1980); MATSUMURA -TUNDISI, (1997c).

Uma vez que os dados disponíveis sobre a lagoa Gambazinho foram fornecidos pela equipe do PELD e tais pesquisadores passaram a monitorá-la somente em 2002 (BRANDÃO *et al.*, 2002), há poucos dados a serem comparados.

Para as lagoas Palmeirinha e Jacaré também há poucos dados publicados: o primeiro em 1985 -TUNDISI *et al.* (1997a) - e o último em 2002 - BRITO *et al.* (2002b).

Pelos dados que dispomos, é possível observar que a espécie *Mesocyclops brasiliensis* é ausente no lago Jacaré, conforme registro em 1985 (TUNDISI *et al.*, 1997a). Mas tal espécie continua presente na lagoa Palmeirinha. Ao contrário de perdas, os últimos registros apontam para incremento da espécie *Argyrodiaptomus* sp. (Brehm, 1933), na lagoa Palmeirinha. Entretanto pode-se afirmar que *Bosminopsis deitersi* já não mais consta nos registros da lagoa Palmeirinha (TUNDISI *et al.*, 1997a). Através dessas informações percebe-se que não houve grandes modificações nas faunas de copépodes e cladóceros para esses dois ambientes. A modificação na

estrutura zooplanctônica ao longo do tempo pode ser explicada por três fatores principais: sucessão natural dos lagos, aumento de cianobactérias, cascata trófica invertida.

## 1 SUCESSÃO NATURAL DOS LAGOS

As perdas em diversidade zooplanctônica na lagoa Amarela se devem provavelmente ao acelerado processo de eutrofização natural que a lagoa passa, levando à redução de espécies de zona limnética, vez que tal ambiente se encontra ocupado em grande parte por macrófitas flutuantes fixas (PEDRALLI, 2003); o que tende a restringir a população zooplanctônica para aquelas de zona litorânea (MAIA-BARBOSA, 2002). Esse ambiente se trata de um caso especial já que conta ainda hoje, com uma riqueza relativamente grande de cladóceros.

Outro fator que mostra mudanças na estrutura do zooplâncton é o período amostrado. As densidades aumentaram na maioria das vezes no período de chuvas, fato previsto em vários estudos como explicam MAIA-BARBOSA *et al.* (2003a) ao mencionar a influência da mistura das águas e maior disponibilidade de nutrientes. As maiores densidades e também riquezas vistas na lagoa Amarela já haviam sido registradas em relatórios anteriores realizados pelo PELD (MAIA-BARBOSA *et al.* 2002).

Quanto à densidade de copépodes de todos os ambientes – garantida em grande parte pela participação dos estágios naupliares – é importante lembrar que o predomínio de estágios juvenis parece ser uma situação comum para vários ambientes aquáticos tropicais (MATSUMURA-TUNDISI, 1997b). Como grande parte dos predadores nas águas continentais atuam de forma muito seletiva em favor do maior tamanho de presas (CLARO, 1987; BEZERRA-NETO & PINTO-COELHO, 2002a), é provável que esse pa-

drão resulte na grande pressão de predação exercida tanto pelos vertebrados quanto pelos invertebrados nesses ambientes tropicais.

Para os ambientes externos ao PERD há além dos fatores citados acima, outros fatores que afetam a composição de organismos zooplanctônicos tais como: substituição da mata nativa pelas espécies exóticas do monocultivo de *Eucalyptus spp.*- TUNDISI *et al.* (1997b) -, bem como pela influência do corte dessas árvores e material alóctone que chega às lagoas (SABARÁ, 1994).

Outro resultado que chama a atenção e vale ressaltar é que independente de qual ambiente seja, os cladóceros foram pouco representados em todos os outros lagos. A participação de cladóceros tem sido muito pequena em vários estudos, e sua abundância raramente representa mais de 5% do zooplâncton total (MAIA-BARBOSA *et al.*, 2004). Na lagoa Gambazinho, por exemplo, somente um representante em estágio juvenil de *Diaphanosoma sp.* foi encontrado.

## 2 AUMENTO DE CIANOBACTÉRIAS

A perda de algumas espécies de copépodes pode ser explicada pelo aumento de cianobactérias em alguns ambientes, tais como o lago Dom Helvécio. MAIA-BARBOSA *et al.* (2003a) comenta sobre a diferente estrutura da comunidade do lago Dom Helvécio apontando alterações devidas possivelmente ao predomínio de células rígidas da cianofíceia *Cylindrospermopsis raciborskii* que inviabilizaram a persistência dos Calanoida no lago. Em anos anteriores a estruturação da comunidade zooplanctônica era bastante diferente da atual, com *Scolodiatomus corderoi* (Wright, 1936) predominando entre os copépodes e *T. minutus*, embora encontrado com frequência, apresentava baixas densidades (MAIA-BAR-

BOSA *et al.*, 2003b). De acordo com MATSUMURA-TUNDISI *et al.* (1997a), *T. minutus* poderia utilizar diferentes fontes alimentares tais como bacterioplâncton, grande células do fitoplâncton, pequenos organismos do zooplâncton (por ser espécie omnívora); além de Cyanophyceae, como observado por RIETZLER & ESPÍNDOLA (1998).

Apesar de alguns pesquisadores defenderem o ponto de vista a favor da importância de cianobactérias como fonte alimentar para copépodes (PANOSSO *et al.*, 2003) há outros que demonstram se tratar de seres com pouco valor nutricional e inadequados para o zooplâncton herbívoro (ARAÚJO & PINTO-COELHO, 1998). Além disso, existe uma forte seletividade do zooplâncton conforme o tamanho corporal (WILSON *et al.*, 2006).

Alguns pesquisadores afirmam que os filtradores mais eficientes da comunidade zooplanctônica (geralmente *Daphnia*) como sendo pouco capazes de realizar a filtração e remoção de algas e bactérias coloniais ou filamentosas que costumam dominar em lagos quentes (JEPPESEN *et al.*, 2000; DANTAS, 2009; PINTO-COELHO *et al.* 2005).

### 3 ALTERAÇÃO NA CASCATA TRÓFICA

Um terceiro fator que explica muito acerca da realidade atual da comunidade zooplanctônica nesses lagos é o fenômeno que chamamos de “cascata trófica invertida”.

Os resultados observados sugerem que a pressão de predação exercida por *Chaoborus* nessas comunidades zooplanctônicas é muito intensa. Pesquisas anteriores demonstraram o impacto que esses invertebrados exercem sobre a estrutura de comportamento do zooplâncton (NEIL, 1981; FERREIRAS, 1994; ARCIFA, 2000; BEZERRA-NETO, 2001; BEZERRA-

-NETO & PINTO-COELHO, 2002A; BEZERRA-NETO & PINTO-COELHO, 2002B; YOUNG, & RIESSEN, 2005; BEZERRA-NETO, 2007; CASTILHO-NOLL & ARCIFA, 2007; PUJONI, 2010).

Um fato extremamente relevante é a total ausência de cladóceros na lagoa Carioca. PINTO-COELHO *et al.* (2005) haviam observado a tendência à prevalência de organismos de menor porte na comunidade zooplanctônica à medida que tal comunidade sofre as pressões de predação de peixes planctívoros. Mas no presente estudo é mais provável que a participação do invertebrado *Chaoborus* sp. nessa comunidade seja o fator determinante. Pois, sabendo-se que os peixes planctívoros foram submetidos à predação das espécies piscívoras introduzidas há muito na maioria dos ambientes estudados, (MOTA, 2005), chega-se ao quadro atual; ou seja, uma alteração nos quatro níveis ecológicos desses ambientes: indivíduos, população, comunidades, ecossistema. As espécies introduzidas como tucunaré (*Cichla ocellaris*) e piranha (*Pygocentrus* sp.) tomaram o lugar dos peixes nativos de vários lagos do médio rio doce. Estes por sua vez, controlariam a população dos predadores invertebrados do zooplâncton (*Chaoborus*).

A ausência de Cladocera (de qualquer estágio de desenvolvimento) na região limnética ou profunda da lagoa Carioca revela a força de predação das larvas de *Chaoborus* sobre o sistema (Fig. 5), fato demonstrado por experimentos locais (CLARO *et al.*, 1987). ARCIFA (2000) registrou os diferentes hábitos alimentares de *Chaoborus* de acordo com o estágio de desenvolvimento. Os estágios iniciais se alimentam de algas dinofíceas, enquanto os últimos instares se alimentam predominantemente de *Bosmina tubicen*, seguido por *Daphnia gessneri*, copépodes e rotíferos. A mesma autora ressalta

ainda, que altas densidades de *Bosmina* e *Daphnia* coincidiram com altas densidades de *Chaoborus* no lago em 1985/1986 (ARCIFA *et al.*, 1992 *apud* CASTILHO-NOLL & ARCIFA, 2007). Desenvolvendo experimentos com quatro instares desse Diptera oriundos das lagoas Dom Helvécio e Carioca, CLARO *et al.* (1987) relataram que as preferências alimentares de *Chaoborus* se voltam para presas de grande tamanho (0.6 - 1.0mm) tais como *Scolodiptomus corderoi*, *Argyrodiptomus furcatus exillis* e *Diaphanosoma brachyurum*. Quando estão presentes na coluna de água (normalmente no período noturno), as larvas de *Chaoborus* exercem uma forte pressão de predação na comunidade zooplanctônica (PINTO-COELHO & BEZERRA-NETO, 2002). É curioso observar que onde houve altas densidades de *Chaoborus* sp., houve também uma predominância de organismos de menores dimensões tais como os rotíferos (Fig. 2 e 3).

Conforme a literatura aponta (BEZERRA-NETO & PINTO-COELHO, 2002a), valores elevados das densidades de *Chaoborus*, não eram esperados uma vez que as coletas do zooplâncton ocorreram durante o dia, momento em que tais larvas – teoricamente - não estariam migrando, ou ocorreriam em baixa densidade na coluna d'água (ESTEVES, 1998; BEZERRA-NETO & PINTO-COELHO, 2002a).

Em outros ambientes brasileiros, pesquisadores fornecem valores diferentes da densidade desses dípteros na coluna d'água. Por exemplo, ROCHA & PIVELI (2000) encontraram no máximo 5.111 organismos/m<sup>2</sup> em suas pesquisas na represa de Guarapiranga (São Paulo) enquanto BEZERRA-NETO & PINTO-COELHO (2002b) encontraram uma densidade bem maior em área uma lagoa de área urbana: 6000 organismos/m<sup>2</sup>. Outro exemplo de registros

de densidades para este organismo em volume foi apresentado por KEPPELER (1999), que registrou o valor de 11500 ind/m<sup>3</sup> na bacia amazônica (Estado do Acre). Já na região Sudeste - num lago situado em área urbana; BEZERRA-NETO (2002) registrou o máximo de 2000 *Chaoborus* por m<sup>3</sup> e menor valor 100 ind/m<sup>3</sup>. No presente estudo, a lagoa Águas Claras foi a que apresentou maior densidade (3603,6 ind/m<sup>3</sup> em julho de 2004); enquanto a lagoa Gambazinho, a menor densidade: 95,5 ind/m<sup>3</sup> (Ago/05). Estes últimos registros caracterizam as lagoas do médio rio Doce como altamente povoadas por esses dípteros (Fig. 3).

Como mais um fator agravante, vários sistemas do médio rio Doce possuem a ictiofauna alterada pela presença de espécies exóticas, o que interfere em todos os níveis da teia alimentar (SANTOS *et al.*, 1994).

De acordo com MOTA (2005) quase todos os ambientes estudados encontram-se alterados em sua composição pela presença de espécies de peixes de outras bacias. *Pygocentrus nattereri* (Kner, 1858) por exemplo, ocorre nas lagoas amostradas nesta pesquisa, exceto a lagoa Gambazinho. Já *Hoplosternun litoralle* (Hancock, 1828) ocorre nas seguintes lagoas: Carioca, Amarela, Palmeirinha, Jacaré. Ainda nesta última, indivíduos da espécie *Astronotus ocellatus* (Pellegrin, 1904) foram encontrados. A presença de tucunaré *Cichla cf. monoculus* (Spix & Agassiz, 1831) foi detectada pelo mesmo pesquisador nas lagoas Carioca e Águas Claras (MOTA, 2005).

Essa predominância de Chaoboridae é sugerida por MIRANDA *et al.* (2005) como uma hipótese de que o predador *Chaoborus* teria suas populações aumentadas em consequência do "relaxamento das tensões ecológicas" que regulam as suas po-

pulações. Em uma recente publicação, PINTO-COELHO *et al.* (2008) propuseram a “teoria da cascata trófica invertida” que procura sumarizar os efeitos das introduções de peixes piscívoros nos lagos do PERD. Essa teoria modela a cadeia de eventos cujos resultados finais são exatamente contrários aos previstos pela teoria clássica da “cascata trófica” *sensu* Carpenter. Uma das predições da teoria da cascata invertida fala exatamente do aumento dos chaoboridae e dos efeitos danosos desse aumento em toda a cadeia trófica da comunidade planctônica dos lagos afetados. O fato mais importante a reter, nesse ponto, é que a introdução de espécies exóticas não somente eliminou muitas espécies de peixes nativos, os quais regulariam a presença das larvas de *Chaoborus*, mas também pode ter causado profundas modificações em todos os compartimentos da biota aquática dos lagos do médio rio Doce, afetados por essas introduções desastrosas. A principal modificação é a grande eutrofização natural a que esses lagos vêm sendo submetidos e que é causada não por aporte externo de nutrientes, mas sim pela grande perda de eficiência de transferência de energia observada na comunidade planctônica. Essa comunidade passa a ser dominada por pequenos organismos geralmente com baixa eficiência trófica, mas que são muito resistentes à pressão de predação exercida pelos chaoboridae.

As modificações na estrutura da comunidade do zooplâncton foram identificadas também na regressão entre densidade de cianobactérias e riqueza de copépodes que se mostraram praticamente inversamente proporcionais (Fig.4). Tal fato pode ser explicado pela impalatabilidade proveniente da toxicidade comum às cianobactérias (DEMOTT & MOXTER, 1991), o que torna a pressão de predação sobre elas inviável. Segundo DANTAS (2009) houve uma

participação pouco significativa do zooplâncton na predação do fitoplâncton em um reservatório no semi-árido brasileiro; pois a remoção do zooplâncton raramente afetou o crescimento fitoplanctônico. Tal fato somado à predominância de herbívoros de menor porte favorece a persistência desses procariontes em ambientes tropicais (ESKINAZI-SANT’ANNA *et al.*, FERNANDO, 1994; JEPPESEN *et al.*, 2007). Tais introduções desastrosas passaram a ser assunto importante em livros didáticos por serem experiências que se repetiram em outras partes do mundo (TOWSEND *et al.*, 2006).

### COMPARAÇÃO ENTRE METODOLOGIAS

Comparando-se as metodologias empregadas na amostragem, é possível destacar diferenças entre: periodicidade amostral, métodos e equipamentos de coleta utilizados (vários trabalhos utilizaram equipamentos diferentes como bomba ou garrafa de Van Dorn durante as coletas, ou mesmo diferiram quanto ao volume de água filtrado a cada profundidade). PINTO-COELHO (2003) cita as vantagens e desvantagens dos métodos mais utilizados na maioria das pesquisas: a) As bombas permitem obter unidades amostrais integradas da coluna d’água de modo relativamente fácil, sendo capazes de filtrar grande volume de água em pouco tempo; por outro lado, danificam os organismos além de alterarem a composição do zooplâncton por concentrarem organismos maus nadadores ou aqueles que não possuem pressoreceptores em suas antenas ou outros mecanismos de fuga. b) As garrafas além de possuírem um pequeno diâmetro de boca, possuem mecanismos de fechamento relativamente complicados; conseqüentemente podem deixar escapar organismos zooplanctônicos que apresentam pressoreceptores ou que possuem capacidade

natatória vigorosa além de tal mecanismo gerar ondas de pressão relativamente fortes, que poderão causar danos a colônias delicadas como as de *Conochilus unicornis* ou a organismos gelatinosos como *Collotheca* sp. Quanto às vantagens, esses amostradores são muito confiáveis e de fácil operação. c) As redes de plâncton constituem-se na forma mais antiga de coletar plâncton, a eficiência de amostragem é muito variável uma vez que o volume filtrado nem sempre corresponde exatamente ao que foi efetivamente filtrado, uma vez que as redes sofrem colmatagem de seus poros à medida que vão atravessando a coluna d'água. As redes, no entanto, quando são operadas por pessoal devidamente treinado, e estão adequadas tanto em termos de tamanho e abertura de malha ao ambiente em que estão quanto à fração a ser estudada são, ainda, os melhores amostradores do zooplâncton.

É possível, no entanto afirmar que as espécies acima mencionadas como ausentes realmente se encontram nessa condição. Este fato é confirmado quando comparamos os dados do presente estudo com outros trabalhos que utilizaram outras metodologias (BRITO *et al.*, 2002a) e se depararam com ausência das mesmas espécies aqui assinaladas como extintas localmente.

É muito importante destacar que muitas investigações envolvendo a determinação da riqueza do zooplâncton não se ativeram somente à região limnética dos ambientes estudados. No entanto somente resultados da região limnética foram considerados neste trabalho a fim de serem comparáveis ao presente.

### CONCLUSÕES

O presente estudo demonstrou quatro grandes “desvios” ou “problemas” ecológicos que são per-

sistentes na estrutura do zooplâncton desses lagos do médio rio Doce: I- Densidade excessivamente elevada de *Chaoborus* em várias lagoas da região; II- Baixa densidade de Cladocera; III- Queda na diversidade de Copepoda com a grande predominância de pequenos *Thermocyclops minutus*, que chega mesmo a dominar em vários dos ambientes estudados; IV- Grande perda de espécies tanto de Calanoida quanto de cladóceros em vários lagos da região. Essas constatações se fundamentam ao compararmos as características estruturais da comunidade zooplânctonica atual com as indicações bibliográficas que procuram nos esclarecer como deveria ser essa estrutura no estado prístino desses ambientes. Tais “desvios” sugerem que esses lagos estão sofrendo um agudo processo degenerativo causado pela monocultura de *Eucalyptus* (efeito *bottom-up*) e pelo aporte de peixes exóticos (*top-down*) e também sugerem que algo deve ser feito para corrigir a “saúde” ecológica desses ambientes.

### AGRADECIMENTOS

Agradecemos às Dra. Janet Reid e Dra. Lourdes El Moor Loureiro pela identificação dos espécimes de Copepoda e Cladocera; à pesquisadora e bióloga Rosa Maria Menendez pelos ensinamentos iniciais e toda a equipe da profa. Dra. Paulina Maia-Barbosa pela ajuda nos trabalhos laboratoriais e de campo. Agradecemos ainda à pesquisadora Alessandra S. Jardim e ao Dr. José F. Bezerra-Neto pelas sugestões e correções durante a elaboração do trabalho, bem como à bióloga Maíra O. Campos pela gentileza em ceder dados não publicados do fitoplâncton. Agradecimento especial às biólogas Simone Santos e Denise Fernandes que confeccionaram o mapa exibido na figura 1 e ao biólogo (Msc) Diego Pujoni pela auxílio nas análises estatísticas e confecção dos

gráficos. Finalmente, à FAPEMIG pela concessão de bolsa de iniciação científica e apoio e fomentos ao projeto em si.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARCIFA, M.S. 2000. Feeding habits of *Chaoborus* in a tropical Brazilian reservoir. **Revista Brasileira de Biologia** **60**: 591-597
- ARCIFA, M.S.; GOMES, E.A.T. & MESCHIATTI, A.J. 1992. Composition and fluctuations of the zooplankton of a tropical Brazilian reservoir. **Archiv Fur Hydrobiologie** **123**: 479-495 *apud* CASTILHO-NOLL & ARCIFA, M.S. 2007. *Chaoborus* diet in a tropical lake and predation of microcrustaceans in laboratory experiments. **Acta Limnologica Brasiliensia** **19** (2): 163-174.
- BARBOSA, F.A.R.; SABARÁ, M.G.; GARCIA, F.C.; SOUZA, R.; CASTRO, T. 2005. Caracterização física e química de rios e lagos do médio Rio Doce- MG. Relatório Técnico-Científico das atividades de janeiro a dezembro 2004. Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração. Site 4 - Mata Atlântica e Sistema Lacustre do médio Rio Doce – MG. Disponível em: <<http://www.icb.ufmg.br/~peld/ufmg>>. Acesso em: 20 maio 2005.
- BASU, B.K., KALFF, J. & PINEL-ALLOUL, B. 2000. The Influence of macrophyte beds on plankton communities and their export from fluvial lakes in the St Lawrence River. **Freshwater Biology** **45**: 373-382.
- BEGON, M.; HARPER, J.L.; TOWNSEND, C.R. 1996. **Ecology: individuals, populations and communities**. 3rd ed. Oxford: Blackwell Science, 1068 p.
- BEZERRA-NETO, J.F. 2001. **A influência da larva de *Chaoborus* (Insecta: Diptera) na distribuição espacial da comunidade zooplanctônica na Lagoa do nado, Belo Horizonte – MG**. Dissertação de Mestrado, Instituto de Ciências Biológicas, da Universidade Federal de Minas Gerais, 206 p.
- BEZERRA-NETO, J.F. & PINTO-COELHO, R.M. 2002A. Migração vertical das larvas de *Chaoborus brasiliensis* (THEOBALD, 1901) (Diptera, Chaoboridae) em um reservatório tropical: lagoa do nado, Belo Horizonte, Estado de Minas Gerais, **Acta Scientiarum** **24** (2): 329-336.
- BEZERRA-NETO, J.F. & PINTO-COELHO, R.M. 2002B. Population dynamics and secondary production of *Chaoborus brasiliensis* (Diptera, Chaoboridae) in a small tropical reservoir: Lagoa do Nado, Belo Horizonte, Minas Gerais-Brazil, **Acta Limnologica Brasiliensia** **14** (3): 61-72.
- BEZERRA-NETO J.F. 2007. **Migração vertical diária e cascata trófica em corpos aquáticos tropicais: influência da larva do díptero *Chaoborus***. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Biológicas.
- BRANDÃO, E.C.L.; BRAZ, S. A.; BRITO, S.L.; C. F.; MENENDEZ, R.M. & MAIA-BARBOSA, P.M. 2002. Flutuação mensal do zooplâncton dos lagos Carioca, Dom Helvécio e Gambazinho (Parque Estadual do Rio Doce). Relatório Técnico-Científico das atividades 2001-2002. Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração. Site 4 - Mata Atlântica e Sistema Lacustre do médio Rio Doce – MG. Disponível em: <<http://www.icb.ufmg.br/~peld/ufmg>>. Acesso em: 08 nov. 2005.
- BRITO, S.L.; MAIA-BARBOSA, P.M. & BARBOSA, F.A.R. 2002A. Composição e distribuição espacial do zooplâncton total no lago Dom Helvécio, Parque Estadual do Rio Doce. Relatório Técnico-Científico das atividades 2001-2002. Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração. Site 4 - Mata Atlântica e Sistema Lacustre do médio Rio Doce – MG. Disponível em: <<http://www.icb.ufmg.br/~peld/ufmg>>. Acesso em: 08 nov. 2005.

- BRITO, S.L.; VALADARES, C.F.; MENENDEZ, R.M. & MAIA-BARBOSA, P.M. 2002b. Estrutura da comunidade zooplanctônica em três lagoas do entorno do Parque Estadual do Rio Doce (MG). Relatório Técnico-Científico das atividades 2001-2002. Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração. Site 4 - Mata Atlântica e Sistema Lacustre do médio Rio Doce – MG. Disponível em: <<http://www.icb.ufmg.br/~peld/ufmg/>>. Acesso em: 08 nov. 2005.
- BRITO, S.L. 2003. **Composição, Distribuição espacial e biomassa do zooplâncton total no Lago Dom Helvécio, Parque Estadual do Rio Doce-MG**. Monografia. Universidade Federal de Minas Gerais. 45p.
- CASTILHO-NOLL & ARCIFA, M.S. 2007. *Chaoborus* diet in a tropical lake and predation of microcrustaceans in laboratory experiments. **Acta Limnologica Brasiliensia** **19** (2): 163-174.
- CLARO, S. M.; FUKUARA, H.; TORRES, G. 1987. Predation by *Chaoborus* larval and its impact on the zooplankton community - Limnology of lake systems from middle Rio Doce. In: Symposium Cooperation Project Brazil/ Japan In Limnology, Universidade De São Carlos, São Paulo.
- COPYRIGHT. 2004 – 2008. Sua Pesquisa on line. Mapa do Brasil (modificado). Disponível em: <[www.suapesquisa.com/mapas/mp-brasil.jpg](http://www.suapesquisa.com/mapas/mp-brasil.jpg)> acesso em 21/06/2008.
- ESTEVES, F.A. 1998. **Fundamentos em Limnologia**, 2. ed. Rio de Janeiro, Interciência: FINEP, 602 p.
- DANTAS, D. D. F. 2009. **Efeitos de manipulações ascendentes e descendentes sobre a comunidade fitoplanctônica em um reservatório eutrófico no semi-árido brasileiro**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 39 p.
- DEMOTT, W. R. & MOXTER, F. 1991. Foraging Cyanobacteria by Copepods: Responses to Chemical Defense and Resource Abundance. **Ecology** **72**: 1820–1834.
- DUSSART, B.H. 1965. Les diferentes catégories de plancton. **Hidrobiología** **26**: 72-74.
- FERNANDO, C.H. 1994. Zooplankton, fish and fisheries in tropical freshwaters. **Hydrobiologia** **272**:105-1123.
- FONSECA, G.A.B. 1997. Impactos Antrópicos e biodiversidade terrestre, pp. 455-468. In: PAULA, J.A. (Ed). **Biodiversidade, população e economia**. CEDEPLAR/ECMVS. Belo Horizonte, 671 p.
- KEPPELER, E.C. 1999. **Estudo das Populações Zooplanctônicas em um lago de meandro abandonado da planície de inundação do Rio Acre (Lago Amapá, Rio Branco-Ac, Brasil)**. Dissertação de Mestrado. Rio Branco. 106 p.
- KOSTE, W. 1978. **Rotatoria Die Rädertier Mitteleuropas**, 4ª ed., Gebrüder Borntraeger, Berlin, Stuttgart.
- MAIA-BARBOSA, P. M.; MENENDEZ, R.; VALADARES, C.F.; BRANDÃO, E.C. L.; BRAZ, S. A.; BRIT, S.L. 2002. Flutuação mensal do zooplâncton dos lagos Carioca, Dom Helvécio e Gambazinho (Parque Estadual do Rio Doce). Relatório Técnico-Científico das atividades de janeiro a dezembro 2004. Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração. Site 4 - Mata Atlântica e Sistema Lacustre do médio Rio Doce – MG. Disponível em: <<http://www.icb.ufmg.br/~peld/ufmg/>>. Acesso em: 08 nov. 2005.
- MAIA-BARSBOSA, P.M.; ESKINAZI-SANT'ANNA, E.M. & BARBOSA, F.A.R. 2003A. Zooplankton composition and vertical distribution in a tropical, monomictic lake (Dom Helvécio Lake, Southeastern Brazil). **Acta Limnologica Brasiliensia** **5** (1): 65-74.
- MAIA-BARBOSA, P. M.; MENENDEZ, R.; VALADARES, C.F.; BRANDÃO, E.C.L.; BRAZ, S.A.; BRITO, S.L. 2003B. Subprojeto:

- Composição da comunidade zooplanctônica de rios e lagos do trecho médio da bacia do Rio Doce. Relatório Técnico-Científico das atividades de janeiro a dezembro 2004. Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração. Site 4 - Mata Atlântica e Sistema Lacustre do médio Rio Doce – MG. Disponível em: <<http://www.icb.ufmg.br/~peld/ufmg/>>. Acesso em: 08 nov. /2005.
- MAIA-BARBOSA, P.M.; MENENDEZ, R.; VALADARES, C.F.; BRAZ, S.A.; BRITO, S.L.; AOKI, A.; MELLO, N.A.S.T. 2004. Comunidade zooplanctônica. Relatório Técnico-Científico das atividades das atividades de janeiro a dezembro 2004. Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração. Site 4 - Mata Atlântica e Sistema Lacustre do médio Rio Doce – MG. Disponível em: <<http://www.icb.ufmg.br/~peld/ufmg/>>. Acesso em: 08 nov. 2005.
- MARTIN, J.W. & DAVIS, G.E. 2001. **An Updated Classification of the Recent Crustacea**. Natural History Museum of Los Angeles County, Science Series nº 39.
- MATSUMURA-TUNDISI, T. & TUNDISI, J.G. 1980. **Biomass and zooplankton community structure of three lakes of river Doce Valley (MG-Brazil)**. Supplement of the fifth Japan- Brazil symposium on science and technology - October Tokio, Japan.
- MATSUMURA-TUNDISI, T. & ROCHA, O. 1983. Ocorrência de Copepoda (Calanoida, Cyclopoida and Harpacticoida) from "Broa" Reservoir (São Carlos, São Paulo, Brazil). **Revista Brasileira de Biologia** 43 (1): 1-16.
- MATSUMURA-TUNDISI, T.; OKANO, W.; TUNDISI, J. G. 1997A. Vertical migration of copepod populations in the tropical monomictic lake Dom Helvécio, 297-307 pp. *In*: TUNDISI, J.G. & SAIJO, Y. (Eds.). **Limnological Studies on the Rio Doce Valley Lakes, Brazil**. Brazilian Academy of Sciences. University of São Paulo. 528p.
- MATSUMURA-TUNDISI, T. 1997B. Composition and vertical distribution of zooplankton in Lake Dom Helvécio, 265-274 pp. *In*: TUNDISI, J.G. & SAIJO, Y. (Eds.). **Limnological Studies on the Rio Doce Valley Lakes, Brazil**. Brazilian Academy of Sciences. University of São Paulo. 528p.
- MATSUMURA-TUNDISI, T.; TUNDISI, J.G.; ROCHA, O.; CALJURI, M.C. 1997C. The ecological significance of the metalimnion in lakes of middle Rio Doce Valley, 373-390 pp. *In*: TUNDISI, J.G. & SAIJO, Y. (eds.). **Limnological Studies on the Rio Doce Valley Lakes, Brazil**. Brazilian Academy of Sciences. University of São Paulo. 528p.
- MIRANDA, F.S.; PINTO-COELHO, R.M.; MARQUES, M.M.; MOTA, T.G.; CAMPOS, M. 2005. Diversidade aquática no Parque Estadual do Rio Doce: Grupos funcionais de alimentação no zooplâncton das lagoas Carioca e Gambazinho. X Congresso Brasileiro De Limnologia, Ilhéus/Ba. 887.
- MORETO, E.M. 2001. **Diversidade zooplanctônica e variáveis limnológicas das regiões limnética e litorânea de cinco lagoas do Vale do Rio Doce-MG, e suas relações com o entorno**. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Carlos. 268p.
- MOTA, T.G. 2005. Relação de Peixes do Médio Rio Doce/ MG *online*. Disponível em: <<http://ecologia.icb.ufmg.br/~rpcoelho/RioDoce/website/peixes.htm>>. Acesso em: 08 nov. 2005.
- MOTA, T.G.; PINTO-COELHO, R.M.; MIRANDA, F.S.; CAMPOS, M.; MARQUES, M.M. 2005. Diversidade aquática no Parque Estadual do Rio Doce: Levantamento da Comunidade Ictiofaunística. X Congresso Brasileiro De Limnologia, Ilhéus/Ba. p.742.
- NEILL, W. E. 1981. Impact of *Chaoborus* predation upon the structure and dynamics of a crustacean zooplankton community. **Oecologia** 48: 164-177.

- OKANO, W.Y. 1980. **Padrão de migração vertical e flutuação sazonal das principais espécies de Copepoda (Crustacea) do lago Dom Helvécio - Parque Florestal do Rio Doce- MG.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do São Carlos, São Paulo. 162 p.
- PANOSSO, R.; CARLSSON, P.; KOZLOWSKY-SUZUKI, B.; AZEVEDO, S.M.F.O. & GRANÉLI, E. 2003. Effect of grazing by a neotropical copepod, *Notodiaptomus*, on a natural cyanobacterial assemblage and on toxic and non-toxic cyanobacterial strains. **Journal of Plankton Research** **25** (9):1169-1175.
- PINTO-COELHO, R.M. 1983. **Efeitos do zooplâncton na composição qualitativa e quantitativa do fitoplancton no Lago Paranoá, Brasília, DF, Brasil.** Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília, DF. 163 p.
- PINTO-COELHO, R.M. 1998. Effects of eutrophication on seasonal patterns of mesozooplankton in a tropical reservoir: a 4-year study in Pampulha Lake, Brazil. **Freshwater Biology** **40**: 159-173.
- PINTO-COELHO, R.M. & BEZERRA-NETO, 2002. A influência da larva de *Chaoborus brasiliensis* (Theobald, 1901) (Díptera, Chaoboridae) na distribuição vertical da comunidade zooplantônica da lagoa do Nado, Belo Horizonte, Estado de Minas Gerais. **Acta Scientiarum** **24** (2): 337-344.
- PINTO-COELHO, R.M. 2004. Amostragem em Limnologia - Métodos de Coleta, preservação e enumeração de organismos zooplantônicos. *In*: **Amostragem em Limnologia**. São Carlos, Rima Editora.
- PINTO-COELHO, R.M.; BEZERRA-NETO, J.F. & DEL AGUILLA, L.R. 2005. The importance of nutrient input, invertebrate predation and oxygen deficit governing the temporal and spatial distribution of plankton community in tropical reservoirs, pp. 271-300. *In*: REDDY, M.V. (Ed.). **Restoration and management of tropical eutrophic lakes**. Science Publishers. 534p.
- PINTO-COELHO, R.M.; BEZERRA-NETO, J.F.; MIRANDA, F.; MOTA, T.G.; SANTOS, A.M.; MAIA-BARBOSA, P.; MELLO, N.; MARQUES, M.M.; CAMPOS, M. & BARBOSA, F.A. 2008. The inverted trophic cascade in tropical planktonic communities: impacts of exotic fish introduction in the middle rio Doce lake district, Minas Gerais, Brazil. **Brazilian Journal of Biology** **68** (4,Suppl.):1025-1037.
- PUJONI, D. G. F. 2010. **A comunidade zooplantônica da região limnética de dezoito lagoas do Médio Rio Doce e as implicações para a conservação ambiental: um olhar biogeográfico.** Dissertação de Mestrado, Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais, 115 p.
- RIETZLER, A.C. & ESPINDOLA, E.L.G. 1998. *Mycrocystis* as a food source for copepods in a subtropical eutrophic reservoir. **Verhandlungendes Internationalen Verein Limnologie** **26**: 2001-2005.
- ROCHA, O. & MATSUMURA-TUNDISI, T. 1997. Respiration rates of zooplankton community of epilimnion and metalimnion layer of Lake Dom Helvécio during stratified and overturn periods, pp. 285-296. *In*: TUNDISI, J.G. & SAJO, Y. (Eds.). **Limnological studies on the Rio Doce Valley Lakes, Brazil**. Brazilian Academy of Sciences. University of São Paulo. 528p.
- ROCHA, S.M. & PIVELI, R.P. 2002. Macroinvertebrados bentônicos como indicadores de poluição na represa do Guarapiranga, São Paulo, Brasil. *In*: Xxviii Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. Fortaleza. Anais V-057.
- SANTOS, G.B.; MAIA-BARBOSA, P.M.; VIEIRA, F. & LOPEZ, C.M. 1994. Fish and zooplankton community structure in reservoir of Southeastern Brazil: Effects of the

- introduction of exotic predatory fish. *In*: PINTO-COELHO, R.M.; GIANI, A. & SPERLING, E. VON (Eds.). **Ecology and human impact on lakes and reservoirs in Minas Gerais with special reference to future development and management strategies**. SEGRAC, Belo Horizonte (MG). 115-132 p.
- SANTOS, L.C. 1980. **Estudos das populações de Cladocera em cinco lagos naturais (Parque Estadual do Rio Doce) que se encontram em diferentes estágios de evolução**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de São Carlos, São Paulo. 260 p.
- SENDACZ, S. & KUBO, E. 1982. Copepoda (Calanoida e Cyclopoida) de reservatórios do Estado de São Paulo. **Boletim do Instituto de Pesca 9** (único): 51-89.
- TOWSEND, C. R.; BEGON, M. HARPER, J.L. 2006. A ecologia e como estudá-la, pp. 23-59. *In* **Fundamentos em Ecologia** 2ed. – Porto Alegre: Artmed. 592p.
- TUNDISI, J.G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; BARBOSA, F.A.; GENTIL, J.G.; RUGANI, C., PONTES, M.C.F.; ALEIXO, R.C.; OKANO, W.Y. & SANTOS, L.C. 1978. **Estudos Limnológicos no Sistema de Lagos no Parque Florestal do Rio Doce, M.G.** Secretaria de Ciência e Tecnologia do Estado de Minas Gerais-CETEC / UFSCAR. 146p.
- TUNDISI, J.G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; FUKUARA, H.; MITAMURA, O.; GUILLÉN, S.M.; HENRY, R.; ROCHA, O.; CALIJURI, M.C.; IBAÑEZ, M.S.R. DE; ESPÍNDOLA, E.L.G. & GOVONI, S. 1997A. Limnology of fifteen lakes, pp. 409-439. *In*: TUNDISI, J.G. & SAJO, Y. (Eds.). **Limnological studies on the Rio Doce Valley Lakes, Brazil**. Brazilian Academy of Sciences. University of São Paulo. 528p.
- TUNDISI, J.G.; SAJO, Y. & SUNAGA, T. 1997B. Ecological effects of human activities in the middle Rio Doce Lakes, pp. 477-482. *In*: TUNDISI, J.G. & SAJO, Y. (eds.). **Limnological studies on the Rio Doce Valley Lakes, Brazil**. Brazilian Academy of Sciences. University of São Paulo. 528p.
- TUNDISI, J.G. & SAJO, Y. 1997. **Limnological Studies on the Rio Doce Valley Lakes, Brazil**. Brazilian Academy of Sciences. University of São Paulo. 528p.
- VALADARES, C.F.; MAIA-BARBOSA, P.M. & BARBOSA, F.A.R. 2002. Composição e distribuição espacial as populações de Copepoda da Lagoa Carioca-MG. Relatório Técnico-Científico das atividades 2001-2002. Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração. Site 4 - Mata Atlântica e Sistema Lacustre do médio Rio Doce – MG. Disponível em: <<http://www.icb.ufmg.br/~peld/ufmg/>>. Acesso em: 08 nov. 2005.
- WILSON, A. E.; SARNELLE, O.; TILLMANN, A. R. 2006. Effects of cyanobacterial toxicity and morphology on the population growth of freshwater zooplankton: Meta-analyses of laboratory experiments. **Limnology and Oceanography 51** (4): 2006, 1915–1924.
- YOUNG, J.D. & RIESSEN, H.P. 2005. The interaction of *Chaoborus* size and vertical distribution determines predation effects on *Daphnia*. **Freshwater Biology 50**: 993–1006.

Recebido: 20/08/2008

Revisado: 29/02/2012

Aceito: 08/10/2013