



Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro  
Centro de Ciências Biológicas e da Saúde (CCBS)  
Instituto de Biociências (IBIO)  
Programa de Pós-graduação em Biodiversidade  
Neotropical (PPGBIO)

**DIVERSIDADE DE CLADÓCEROS E BIOMASSA EM QUATRO  
RESERVATÓRIOS TROPICAIS: POTENCIAL PAPEL DO CONTEÚDO IÔNICO  
PARA DETERMINAR A DISTRIBUIÇÃO DAS ESPÉCIES**

Ana Caroline Brandão Angeletti

Orientadora: Dra. Christina Wyss Castelo Branco  
Co-orientadora: Dra. Betina Kozlowsky-Suzuki

Rio de Janeiro - RJ  
2014

**DIVERSIDADE DE CLADÓCEROS E BIOMASSA EM QUATRO  
RESERVATÓRIOS TROPICAIS: POTENCIAL PAPEL DO CONTEÚDO IÔNICO  
PARA DETERMINAR A DISTRIBUIÇÃO DAS ESPÉCIES**

**Ana Caroline Brandão Angeletti**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Neotropical da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro como requisito parcial para a obtenção do grau de mestre em Ciências Biológicas.

Banca examinadora:

---

Dra. Christina Wyss Castelo Branco  
(orientadora) – UNIRIO

---

Dra. Elisabete Fernandes Albuquerque  
Palermo - UNIRIO

---

Dr. Aloysio da Silva Ferrão Filho - FIOCRUZ

Rio de Janeiro, 28 de novembro de 2014

## Ficha Catalográfica

Angeletti, A. C. B.

Diversidade de cladóceros e biomassa em quatro reservatórios tropicais: potencial papel do conteúdo iônico para determinar a distribuição das espécies.

Orientadora: Dra. Christina Wyss Castelo Branco

Co-orientadora: Dra. Betina Kozlowsky-Suzuki

2014, IX + 35 p.

Dissertação - Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Programa de Pós-graduação em Biodiversidade Neotropical.

Palavras-chave: 1.. Zooplâncton; 2. Biomassa; 3. *Daphnia gessneri*; 4. Conteúdo iônico

*Dedico este trabalho a todas as  
pessoas que têm estado  
incondicionalmente ao meu lado ao  
longo de todo este caminho.*

## **Agradecimentos**

*À minha orientadora Dra. Christina Wyss Castelo Branco, que ao longo destes dois anos esteve sempre ao meu lado, procurando acreditar no meu potencial, usando de bastante paciência e compreensão diante de minhas dificuldades e ansiedades. Muito obrigada, Chris, por me ajudar a cumprir este trabalho.*

*À minha co-orientadora Dra. Betina Kozlowsky-Suzuki, por estar sempre disposta a atender meus pedidos e a compartilhar um pouco de seu grande conhecimento.*

*Aos membros da banca, Dr. Aloysio da Silva Ferrão Filho, Dra. Elisabete Fernandes Albuquerque Palermo e Dra. Maria Isabel de A. Rocha por terem aceitado prontamente serem parte da banca examinadora.*

*À Light Energia S.A. pelo financiamento do projeto de P&D Estocagem de Carbono, Nitrogênio e Fósforo nos Reservatórios da Light, apoio logístico às coletas e pela bolsa de mestrado*

*Aos meus queridos amigos do Nel, Ewerton Fintelman de Oliveira, Leonardo Coimbra e Souza, Priscila Gomes Rosa e Daniel Farias, pelas análises zooplanctônicas.*

*Ao Izidro Ferreira Sousa Filho pelas análises de cromatografia iônica.*

*À minha família, em especial à minha querida mãe, por todo incentivo e amor incondicional dedicado a mim ao longo de todo meu caminho. Mãe, te amo e obrigada por tudo!*

*Aos meus queridos amigos de colégio, faculdade, laboratório, mestrado, de vida. Vocês são parte essencial do meu sorriso e felicidade.*

*Ao meu namorado Leonardo, parte fundamental nesta reta final. Leo, faltam palavras para expressar meu agradecimento por todo seu amor, força e companheirismo. Te amo.*

“O senhor poderia me dizer, por favor, qual o caminho que devo tomar para sair daqui?

Isso depende muito de para onde você quer ir, respondeu o Gato.

Não me importo muito para onde, retrucou Alice.

Então não importa o caminho que você escolha, disse o Gato.

Contanto que dê em algum lugar, Alice completou.

Oh, você pode ter certeza que vai chegar se você caminhar bastante, disse o Gato.”

(Lewis Carroll – Alice no País das Maravilhas)

## Resumo

O zooplâncton desempenha um papel central nos ecossistemas, atuando como bioindicador de qualidade de água. A ordem Cladocera se destaca nessa comunidade por diversas características como variedade de formas, fisiologia e ecologia, apresentando ciclo de vida curto e facilidade de coleta e análise de biomassa. Nas regiões temperadas, várias espécies de *Daphnia* têm sido utilizadas em estudos de composição iônica, sendo reconhecidas como sendo sensíveis à baixo conteúdo corporal de cálcio (Ca) e fósforo (P). No Brasil, *Daphnia gessneri* é uma espécie nativa de ocorrência comum em reservatórios, sendo uma das poucas espécies deste gênero descritas no país. A grande demanda energética tem aumentado a construção de reservatórios, estes a partir de suas diferenças hidrológicas e iônicas influenciam a comunidade zooplanctônica. O objetivo foi verificar se as características iônicas da água influenciam na distribuição da biomassa dos reservatórios. Também objetivou analisar o conteúdo de Ca e P em indivíduos de *D. gessneri*, aumentando o conhecimento iônico em regiões tropicais. O estudo foi realizado em quatro reservatórios do Sistema Light S.A., em épocas de seca (junho ou julho) e chuvosa (janeiro ou fevereiro) de 2011 a 2014. Coletas foram realizadas para obter dados físicos e químicos da água, utilizando redes de tamanhos variados para coletas de zooplâncton e posterior análise dos grupos, biomassa e conteúdo iônico de *D. gessneri*. Foram realizados testes de *Kruskall-wallis*, Monte Carlo e análise multivariada (RDA). Os microcrustáceos (cladóceros e copépodos) dominaram a comunidade zooplanctônica dos quatro reservatórios. Estatisticamente não houve efeito da sazonalidade sobre os grupos zooplanctônicos, mas houve efeito dos reservatórios sobre os grupos, especialmente nos reservatórios oligotróficos, e relação negativa com concentrações elevadas de nutrientes. *D. gessneri* apresentou uma baixa porcentagem por peso seco dos íons P e Ca. A hipótese levantada neste trabalho foi refutada, demonstrando mais a importância das características hidrológicas dos reservatórios sobre a biomassa dos cladóceros. Também foi verificada a baixa porcentagem de P e Ca em *D. gessneri* em comparação às espécies do mesmo gênero de ambientes temperados. Vale enfatizar a necessidade de mais trabalhos voltados ao ambiente tropical que trate do conteúdo iônico desta espécie.

## Abstract

Zooplankton plays a central role in ecosystems, acting as bio-indicator of water quality. The order Cladocera stands out for various parameters such as: variety of forms, physiologies and ecologies, with a short life cycle and ease of collecting, while maintaining a high biomass. In temperate regions, several species of *Daphnia* have been used in studies of ion composition, being recognized as being sensitive to low body content of calcium (Ca) and phosphorus (P). In Brazil, *Daphnia gessneri* is a native species of common occurrence in reservoirs, one of the few species of this genus described in the country. The big energy demand has increased the construction of reservoirs, these from their hydrological and ionic differences influence zooplankton community. The objective was to confirm the hypothesis that the ionic characteristics of the water influence Cladocera more biomass than the hydrological characteristics of the reservoirs. Also aimed to analyze the contents of Ca and P in individuals *D.gessneri*, increasing the ionic knowledge in tropical regions. The study was conducted in four reservoirs System Light SA, in times of drought (June or July) and rainy (January or February) from 2011 to 2014. Samples were collected for physico-chemical data of water using networks of varying sizes for collection and subsequent analysis of zooplankton groups, biomass and ionic content of *D.gessneri*. Kruskal-Wallis tests were performed, Monte Carlo and multivariate analysis (RDA). Microcrustaceans (cladocerans and copepods) dominated the zooplankton community of the four reservoirs. Statistically there was no effect of seasonality on zooplankton groups, but there was effect of reservoirs on the groups, especially in oligotrophic reservoirs, and cladocerans were negatively related to high nutrient concentrations. *D.gessneri* showed a low percentage by dry weight of the ions P and Ca. The hypothesis of this study was refuted, demonstrating again the importance of the hydrological characteristics of the reservoirs. We also observed the low percentage of P and Ca in this tropical species compared to species of the same genus of temperate environments. It is worth of emphasis the need for further studies related to the tropical environment that treats the ionic content of this species.

## Lista de Figuras

Figura 1: <i>Daphnia gessneri</i> .....	2
Figura 2: Mapa indicando os reservatórios de Santa Branca, Ribeirão das Lajes, Vigário e Ponte Coberta. <i>Google Earth</i> .....	7
Figura 3: Contribuição dos grupos zooplancônicos na biomassa total ( $\mu\text{gC.m}^{-3}$ ) do zooplâncton dos quatro reservatórios durante as estações seca e chuvosa de 2011, 2012, 2013 e 2014 .....	15
Figura 4: Os valores de biomassa ( $\mu\text{gC.m}^{-3}$ ) de <i>D. gessneri</i> e outros cladóceros nos quatro reservatórios durante o período de estudo.....	17
Figura 5: Diagrama I da RDA mostrando as variáveis ambientais e amostras dos quatro reservatórios estudados. ....	19
Figura 6: Diagrama II da RDA mostrando as variáveis ambientais e espécies de cladóceros e demais grupos zooplancônicos nos quatro reservatórios estudados. ....	20

## Lista de Tabelas

Tabela I: Características morfométricas e hidrológicas dos reservatórios Ribeirão das Lajes, Santa Branca, Vigário e Ponte Coberta.....	8
Tabela II: dados médios ambientais dos reservatórios nas estações de seca e chuva de 2011 a 2014. ....	13
Tabela III: total de táxons dentro de cladóceros nos quatro reservatórios. ....	16
Tabela IV: Concentrações médias de P e Ca em algumas espécies do gênero <i>Daphnia</i> mensuradas em outros estudos e de <i>Daphnia gessneri</i> mensuradas neste estudo. ....	21

## Sumário

1.	Introdução .....	1
2.	Métodos.....	6
2.1.	Área de estudo.....	6
2.2.	Análises de água .....	8
2.3.	Análises de zooplâncton .....	9
2.3.1.	Amostragem, contagem e estimativa de carbono .....	9
2.3.2.	Amostragem de <i>Daphnia gessneri</i> e análise de conteúdo iônico.....	10
2.4.	Análises dos dados.....	11
3.	Resultados .....	12
3.1.	Dados ambientais .....	12
3.2.	Composição do zooplâncton e biomassa .....	13
3.3.	Variáveis ambientais x biomassa zooplanctônica.....	17
3.4.	Conteúdo de P e Ca em <i>D. gessneri</i> .....	20
4.	Discussão .....	21
5.	Conclusão .....	25
6.	Referências bibliográficas.....	27

# 1. Introdução

O zooplâncton desempenha um papel central em ecossistemas aquáticos, ligando a base da cadeia alimentar, constituída pelo fitoplâncton, aos níveis tróficos superiores, especialmente peixes. O zooplâncton também atua como bioindicador de qualidade da água (Purvis & Hector 2000; Frouin & Lacobellis 2003) tanto em ambientes aquáticos temperados (Jeppesen *et al.* 2011) como tropicais (Branco *et al.*, 2000; 2002). De acordo com Ravera (1996) o zooplâncton tem sido considerado um bom indicador de estado trófico de corpos d'água em razão de responderem a diversos fatores ambientais como: (1) química da água; (2) distúrbios marginais como desmatamento e lixiviação; (3) uso do solo das bacias hidrográficas; (4) elevada predação por invertebrados e vertebrados (Patoine *et al.* 2000; Hulot *et al.* 2000); (5) modificação na comunidade fitoplanctônica levando a alta dominância de cianobactéria (Bruce *et al.* 2006; Briand *et al.* 2002; Marinho & Huszar, 2002)

A diversidade populacional zooplanctônica pode não refletir a biomassa dentro da comunidade, como é observado em grande parte dos reservatórios tropicais nos quais, apesar dos rotíferos serem abundantes, os microcrustáceos são os que contribuem para a maior proporção de biomassa total (Ghidini & Santos-Silva, 2009). Estudos como de Melão (1999) demonstram que apesar de microcrustáceos como cladóceros não ocorrerem em altas densidades, podem apresentar a maior biomassa geral da comunidade. Entre os cladóceros, o tamanho corporal é importante na quantificação da biomassa, podendo ser baixa a abundância de grandes cladóceros quando comparada a pequenos cladóceros, porém sua biomassa é elevada, equilibrando a contribuição desses organismos na comunidade (Corgosinho & Pinto-Coelho, 2006).

A ordem Cladocera se destaca em relação aos outros grupos zooplanctônicos uma vez que seus representantes habitam diversos locais, apresentando uma grande variedade de formas, fisiologias e ecologias (Threlkeld, 1987; Sarma *et al.* 2005; Santangelo *et al.* 2011). Além disso, eles são fáceis de serem coletados e têm ciclos de vida curtos (Sarma *et al.* 2005), podendo responder rapidamente a alterações ambientais. Entre os cladóceros, o gênero *Daphnia* tem sido usado como um organismo modelo (Edmondson, 1987; Jaromir & Petrusek, 2011; Miner *et al.* 2012) ao longo de décadas. Esses microcrustáceos têm taxas de reprodução alta, desenvolvimento direto, ciclos de vida curtos e

podem atingir uma alta biomassa em águas doces (Sommer & Stibor 2002, Lampert 2006).

Várias espécies de *Daphnia* têm sido utilizadas em estudos ecológicos, incluindo estudos de composição iônica, especialmente nas regiões temperadas (De Mott & Pape, 2005; Jeziorski & Yan 2006; Kyle *et al.* 2006; Hall *et al.* 2004; Wærvågen *et al.* 2002). No Brasil, *Daphnia gessneri* (Herbst, 1967) (Figura 1) é uma espécie nativa de ocorrência comum em reservatórios, sendo uma das poucas espécies deste gênero descrita para o Brasil (Tundisi & Matsumura-Tundisi, 1984; 1986). Esta espécie é bem adaptada a diferentes condições ambientais, especialmente a de baixa pressão de predação e baixa turbidez (Alves *et al.* 2005; Ghidini *et al.* 2009).



Figura 1: *Daphnia gessneri*. Fonte: NEL

Na região tropical, a construção de reservatórios, além de promover a transformação de ambientes lóticos em lênticos, também tem contribuído para

modificar o pulso de inundação dos rios, a montante e a jusante desses sistemas (Junk, 1997). No Brasil, em especial, diversas bacias hidrográficas têm sido alteradas pela construção de reservatórios (Rebouças *et al.* 2002) para atender a crescente demanda energética. O represamento dos rios pode acarretar drásticas implicações ecológicas, alterando suas características físicas, químicas e biológicas (Bollmann & Andreoli, 2005).

Mudanças na dinâmica de nutrientes de um reservatório podem alterar processos de produção e decomposição que afetam diretamente as comunidades aquáticas residentes. Estas alterações podem ser evidenciadas através do estudo de microcrustáceos planctônicos a partir do seu ciclo de vida, desenvolvimento e reprodução, pois os mesmos são influenciados por fatores bióticos e abióticos do ambiente (Branco & Cavalcanti, 1999; Bini *et al.* 2008). Fatores como pH, oxigênio dissolvido e nutrientes (especialmente P e N) afetam diretamente esses organismos, porque influenciam fortemente o desenvolvimento do fitoplâncton (Bonecker *et al.* 2001; Matsumura-Tundisi & Tundisi, 2005).

Características hidrodinâmicas dos reservatórios como tamanho do corpo d'água, profundidade, vazão e tempo de retenção) influenciam a composição zooplanctônica (Patalas, 1971. Porém a estrutura e a dinâmica das populações são fortemente influenciadas pela disponibilidade de alimento e pela quantidade de nutriente disponível no meio (Pinto-coelho, 1998; Eskinazi-Sant'Anna *et al.* 2002). Além dos nutrientes presentes na água, populações de cladóceros também podem oscilar em resposta à predação por outros grupos como larvas de insetos e peixes pequenos (Meschiatti & Arcifa, 2002).

Apesar da existência de diversos estudos correlacionando comunidades zooplanctônicas e fatores limnológicos (Sampaio *et al.* 2002; Dias *et al.* 2005; Almeida *et al.* 2009; Silva *et al.* 2014 ) em regiões tropicais, há um menor conhecimento de como espécies químicas, em especial íons podem atuar sobre a distribuição desses organismos (Freitas & Rocha, 2011; Santangelo *et al.* 2008; Ferrão-Filho *et al.* 2005, 2007) e estruturar as comunidades zooplanctônicas nestes ambientes. Informações das regiões temperadas já apontaram que uma série de elementos químicos poderia limitar a produção do zooplâncton (Sterner, 1997; 2008).

Nitrogênio e fósforo são os principais componentes celulares e sua disponibilidade pode se tornar limitante a produtividade dos organismos, assim como ferro, cálcio, magnésio, sódio e potássio que apesar de serem requeridas em

menores quantidades, suas concentrações influenciam a osmorregulação de organismos zooplancônicos (Wetzel & Likens, 2000; Su *et al.* 2014).

Para espécies de cladóceros, um dos mais importantes parâmetros químicos é a dureza da água, principalmente quanto à alta demanda de cálcio por parte dos organismos (Ashforth & Yan, 2008). Este elemento é o principal cátion de formação estrutural da carapaça de cladóceros (Stevenson, 1985). Nos ecossistemas aquáticos, a dureza da água é normalmente correlacionada com a alcalinidade também da água (Moiseenko *et al.* 2013). Em águas continentais, o cálcio se apresenta como  $\text{CaCO}_3$ , que, apesar de ser relativamente insolúvel em água, é solúvel como  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  na presença de ácido carbônico (Boulton *et al.* 2014).

Tem sido reconhecido que *Daphnia* é considerado o gênero mais vulnerável dentre os cladóceros a baixas concentrações de cálcio, em razão de sua elevada biomassa, que requer maior demanda deste cátion (Ashforth & Yan, 2008; Jeziorski *et al.* 2008). Estes organismos obtêm o cálcio da água por transporte ativo, enquanto que a obtenção pela alimentação assume papel secundário (Cowgill, 1991).

Comparado aos produtores primários dos quais se alimenta, *Daphnia* apresenta tipicamente um alto conteúdo de fósforo corporal (Andersen & Hessen 1991; DeMott *et al.* 1998, DeMott *et al.* 2013). Em razão da necessidade de fósforo, *Daphnia* necessita se alimentar de algas que possuam um elevado conteúdo deste elemento para alcançar seu crescimento ótimo. Há estudos que mostram que a concentração de fósforo disponível pode limitar o crescimento e a reprodução desse grupo (Sterner & Schulz, 1998; Elser *et al.* 2001).

No presente estudo, as biomassas de cladóceros limnéticos de quatro reservatórios tropicais, com características hidrológicas distintas, foram relacionadas às diversas variáveis ambientais, incluindo composição iônica nas estações de seca e de chuva durante três anos consecutivos. Objetivou-se testar a hipótese de que características iônicas da água influenciam mais a biomassa de cladóceros do que as características hidrológicas dos reservatórios. Como *Daphnia gessneri* ocorre nos quatro sistemas objeto deste estudo, o conteúdo de cálcio e fosfato foi analisado em indivíduos desta espécie presentes no Reservatório de Ribeirão das Lajes, objetivando verificar a importância destes dois íons para constituição da biomassa destes organismos, assim como aumentar o

conhecimento da composição iônica de espécies do gênero *Daphnia* em regiões tropicais.

## **2. Métodos**

### **2.1. Área de estudo**

Os Reservatórios de Ribeirão das Lajes, Vigário, Ponte Coberta e Santa Branca estão localizados no sudeste do Brasil (Figura 2), com condições úmido-quentes durante o verão e secas e frias durante o inverno. Esses reservatórios estão direta ou indiretamente ligados ao Rio Paraíba do Sul e submetidos a diferentes níveis de impacto humano. Embora esses quatro sistemas sejam primariamente reservatórios hidrelétricos, eles também são usados para abastecimento doméstico e industrial, irrigação, aquicultura e recreação. Apresentando características morfométricas e hidráulicas distintas (Tabela I).

O Reservatório Ribeirão das Lajes (RLA) foi construído em 1904 e começou a operar em 1908, utilizando um desvio artificial do Rio Piraí - um afluente do Rio Paraíba do Sul. RLA está sob um baixo nível de impacto antropogênico, uma vez que esta tem a maior parte de sua área marginal cercada por Mata Atlântica. O Reservatório Vigário (VIG) foi construído em 1945, a fim de aumentar a disponibilidade de água e a produção de energia elétrica para o Município do Rio de Janeiro, usando um desvio de água diretamente do Rio Paraíba do Sul. Águas dos Reservatórios de RLA e VIG formam o Reservatório Ponte Coberta (PCO) que foi construído em 1962. Suas águas fluem para o sistema do Rio Guandu, a principal fonte de água potável para cerca de nove milhões de pessoas do Rio de Janeiro. Diferentemente do RLA, VIG e PCO são cercados por áreas desmatadas e de pastagem. Com predomínio de macrófitas em VIG, ao longo de todo reservatório. O reservatório de Santa Branca (SBR) está localizado no início do Rio Paraíba do Sul e é formado pela junção dos Rios Paraíba do Sul e Capivari. Este reservatório foi construído em 1961 com o objetivo de regular o fluxo do Rio Paraíba do Sul, além da geração de energia hidrelétrica. Ele é cercado por pequenas aldeias, instalações industriais, pastagens naturais e plantadas, e plantações de eucalipto.

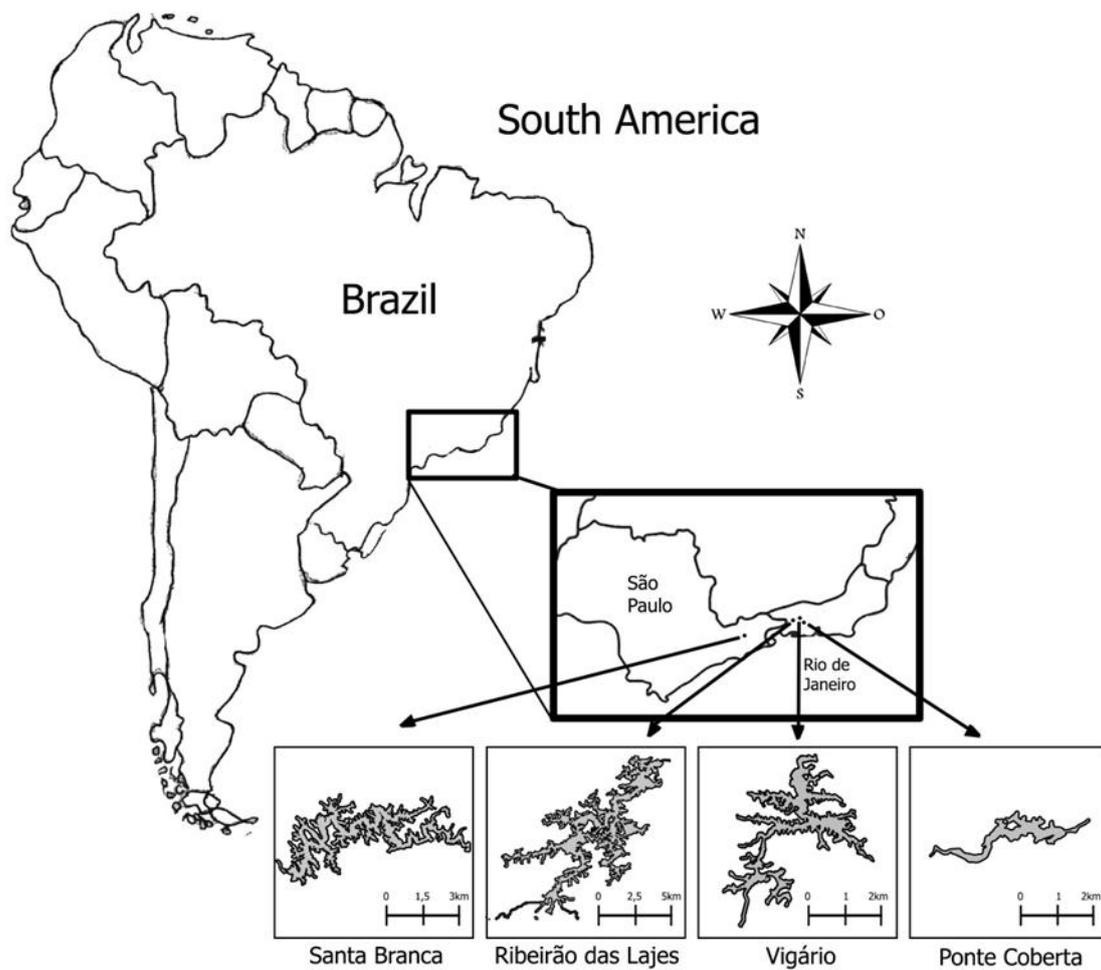


Figura 2. Mapa indicando os reservatórios de Santa Branca, Ribeirão das Lajes, Vigário e Ponte Coberta. *Google Earth*

Tabela I: Características morfométricas e hidrológicas dos reservatórios Ribeirão das Lajes, Santa Branca, Vigário e Ponte Coberta.

<b>Características/ Reservatório</b>	<b>Ribeirão das Lajes</b>	<b>Santa Branca</b>	<b>Vigário</b>	<b>Ponte Coberta</b>
Área (Km <sup>2</sup> )	30.700	27.230	3.330	1.090
Volume útil (hm <sup>3</sup> )	450.400	307.300	11.700	4.100
Volume Total (hm <sup>3</sup> )	467.300	438.500	27.600	16.900
Vazão (m <sup>3</sup> /s)	17.988	81.000	158.000	170.000
Profundidade média (m)	15	35	8.6-9.8	16
Profundidade máxima (m)	40	50	20	-
Tempo de retenção (dias)	300.676	62.657	2.022	1.151

Adaptado de ANEEL e CETESB

## 2.2. Análises de água

As amostras de água foram coletadas na região limnética de cada reservatório estudado. Nos dois reservatórios menores, em termos de superfície de espelho d'água, VIG e PCO, três e duas estações foram amostradas, respectivamente, enquanto que nos dois maiores, RLA e SBR, quatro estações foram amostradas em cada reservatório. As amostragens foram realizadas nos períodos secos (junho ou julho) e chuvosos (janeiro ou fevereiro) de 2011 a 2014. A temperatura da água (°C), oxigênio dissolvido (mg.L<sup>-1</sup>) e a condutividade elétrica (µS.cm<sup>-1</sup>) foram medidos por um dispositivo multi-sonda (YSI modelo-85), o pH foi medido com o auxílio de um medidor de pH para campo (Thermo Scientific Orion 5 ®) e a turbidez (NTU) por um turbidímetro portátil Instrutherm (TD-300). A transparência da água foi estimada em função da profundidade do disco de Secchi (SD) e a zona de mistura da água foi calculada a partir de perfis verticais da temperatura e do oxigênio dissolvido. As amostras de água para as análises dos nutrientes foram coletadas na subsuperfície e foram mantidas congeladas até o momento das análises. Fosfato total foi determinado em amostras de água não

filtradas, por digestão com persulfato em autoclave, seguida por determinação colorimétrica em um espectrofotômetro segundo APHA, 2005. O teor de bicarbonato foi estimada a partir de dados de alcalinidade, temperatura, pH e condutividade elétrica por meio de cálculos de acordo com Mackereth *et al.* (1978) e Golterman *et al.* (1978).

As amostras de água para análises químicas de íons (cloreto, nitrito, nitrato, sulfato, fosfato, sódio, amônio, potássio, magnésio, cálcio e bicarbonato) foram filtradas *in situ* (Whatman GF / C), congeladas e analisadas por cromatografia iônica (CI). Análises de cátions e ânions foram realizadas em cromatógrafos Dionex / TermoFisher Científico modelos ICS1000 e ICS2100, respectivamente, equipado com bomba isocrática e amostrador automático. Os sistemas separados compreendem colunas analíticas de troca iônica: Dionex IonPac CS-12A e IonPac AS-19A, para cátions e ânions, respectivamente, equipado com uma coluna Dionex. O método empregado para cátions utilizou um dispositivo de injeção de amostra de 100 µL e 11 mM de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> como eluente, A supressão da condutividade foi realizada por ASRS300. O volume de injeção para ânion foi de 25 µL, sendo utilizado um gradiente de 15 mM KOH nos primeiros 8 minutos, aumentando para 45 mM de 8 a 20 minutos, quando a análise iônica foi finalizada. A fase móvel foi obtida por um módulo gerador de eluente EGC II e a supressora utilizada foi ASRS300. O *software* Chromelleon® 6,8 foi utilizado para controle dos aparelhos e para coleta e processamentos dos dados.

As amostras para análise de clorofila-*a* foram filtradas *in situ* utilizando um sistema de filtro sob pressão. O filtro usado foi microfibras de vidro com 25 milímetros de diâmetro (Millipore Vidro Microfibras - 0,7 µm). Os filtros foram armazenados congelados, protegidos da luz e à temperatura de -24 °C. A clorofila-*a* foi analisada seguindo a metodologia de Nusch & Palme (1975).

## **2.3. Análises de zooplâncton**

### **2.3.1. Amostragem, contagem e estimativa de carbono**

O zooplâncton foi coletado através de arrastos verticais utilizando uma rede com malha de 68 µm do limite inferior da zona eufótica à superfície. O limite da zona eufótica foi estimado pela multiplicação da profundidade de secchi por 2,7 (Cole, 1994). As amostras foram imediatamente fixadas em formol tamponado com sacarose numa concentração final de 4%. As análises qualitativas foram realizadas

em um microscópio óptico integrado ao equipamento de microfotografia usado para otimizar a identificação das espécies. A estimativa da biomassa em Peso Seco foi feita por sub-amostragem e depois extrapolada para a população total. A contagem de zooplâncton foi realizada em uma câmara de contagem de Sedgwick-Rafter. O peso seco de cladóceros e copépodos foi medido usando uma microbalança de alta precisão analítica (Mettler Toledo, MX-5), após secagem durante 24 horas a 60°C. O peso seco de biovolume de protozoários, rotíferos e náuplios de copépodes foi calculado de acordo com Manca & Comoli (1999), assumindo peso seco como equivalente a 10% do biovolume. O teor de carbono foi estimado assumindo o carbono como 50% de peso seco (Latja & Salonen, 1978).

### **2.3.2. Amostragem de *Daphnia gessneri* e análise de conteúdo iônico**

Indivíduos de *D. gessneri* foram coletados na estação seca de 2013 e chuvosa de 2014, em dois locais do reservatório de Ribeirão das Lajes, simultaneamente às coletas de zooplâncton total. Essas amostras foram coletadas através de arrastos verticais na zona eufótica usando redes com malha de tamanhos 130 µm e 290 µm. Os animais vivos foram levados imediatamente para o laboratório e adultos de *D. gessneri* com tamanho semelhante e sem embriões foram separados sob uma lupa. Quatro réplicas de 50 indivíduos foram separadas de cada local de amostragem, resultando num total de oito amostras de *D. gessneri* com um total de 400 indivíduos por estação. Após a separação, os indivíduos foram imediatamente transferidos para tubos de ensaio de plástico com água deionizada e congelados (-20°C). Amostras congeladas foram depois liofilizadas em Liofilizador (TERRONI, FAUVEL, LB 1500 TT) durante 24 horas a uma temperatura de 22 °C em uma bomba de alto vácuo 15 cfm. A liofilização é mais suave do que a secagem em forno e resulta comparativamente em maior massa seca, de 2 a 3% (Postel *et al.* 2000). Ao mesmo tempo, a remoção do gelo por sublimação impede a perda de teor iônico de cladóceros desidratados. As amostras liofilizadas de zooplâncton resultam em pesos secos, bem como a composição química mais preservada, comparativamente a amostras secas em forno (Omori, 1978) e são comumente utilizadas em estudos ecofisiológicos (Berberovic & Pinto-Coelho, 1989) e para as análises da composição bioquímica de organismos zooplanctônicos (Macedo & Pinto-Coelho, 2001; Santeiro *et al.*

2006). Uma vez que as amostras de plâncton secas são frequentemente higroscópicas, as amostras liofilizadas de *Daphnia* foram mantidas em dessecador até pesagem em microbalança (Mettler MX-5). Imediatamente após a pesagem, 10 ml de água com 18 MΩ, 1 mL de reagente Caro (Dionex 2010), e 5 µL 8 N de hidróxido de sódio foram adicionados às amostras. Subsequentemente, as amostras foram autoclavadas durante 60 minutos com o reagente de Caro e, após esta digestão, as amostras foram filtradas com filtro de 0,22 µm. De acordo com Dionex (2010) amostras tratadas com peroximonossulfato de potássio (reagente de Caro) e aquecidas, tem todo o fósforo convertido em ortofosfato, o que pode ser determinado posteriormente por cromatografia iônica (CI).

O tratamento com persulfato de potássio e digestão em autoclave tem sido frequentemente utilizado em estudos de zooplâncton (Postel *et al.* 2000) para a digestão da matéria orgânica. Cromatografia iônica tem sido utilizada como ferramenta rotineira para a determinação de espécies de fósforo, cálcio e magnésio em várias matrizes biológicas (Colombini *et al.* 1998; Colina & Gardiner, 1999; Weiss, 2004; Ruiz-Calero & Glaceran, 2005; Michalskii & Kurzyca, 2006). Com isso, no presente estudo, foi explorado o uso de CI para determinar o teor de  $\text{Ca}^+$  e  $\text{PO}_4^{3-}$  em amostras de cladóceros, utilizando-se uma mesma corrida cromatográfica. Para todos os procedimentos foram preparadas soluções por dissolução de sais de grau analítico em água ultra-pura (18 Mfl  $1\text{cm}^{-1}$  de qualidade) produzida por um sistema Milli-Q.

#### **2.4. Análises dos dados**

Diferenças estatísticas da biomassa zooplanctônica entre reservatórios e estações foram testadas em teste não paramétrico chamado Kruskal-Wallis ( $p < 0,05$ ). O teste de Monte Carlo ( $p < 0,05$ ) foi usado para informar a probabilidade dos autovalores dos eixos terem ou não sido distribuídos ao acaso. Com o objetivo de explorar as relações entre conteúdo iônico da água e biomassa de cladóceros foi utilizada uma análise de redundância (RDA). Para as análises de regressão todas as variáveis foram transformadas em  $\log(x+1)$ , exceto pH. As análises estatísticas foram executadas nos programas Statistica 7.0 (StatSoft Inc, Tulsa, OK, USA) e Canoco 5.0.

### 3. Resultados

#### 3.1. Dados ambientais

Os valores médios de todas as variáveis ambientais foram calculados para cada reservatório durante as estações seca e chuvosa (Tabela II). Entre as variáveis químicas, no período seco, menores concentrações médias ( $0,01 \text{ mg L}^{-1}$ ) de  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$  foram encontrados em SBR e RLA, enquanto a maior média  $\text{HCO}_3^{2-}$  ( $53,19 \text{ mg.L}^{-1}$ ) foi estimada em VIG. Um cenário muito semelhante foi observado na estação chuvosa como menores concentrações médias ( $0,01 \text{ mg L}^{-1}$ ) de  $\text{PO}_4^{3-}$ , P total e  $\text{NH}_4^+$  foram encontrados no SBR e RLA e maior média  $\text{HCO}_3^{2-}$  ( $31,95 \text{ mg.L}^{-1}$ ) foi novamente obtido em VIG. Os reservatórios de SBR e RLA apresentaram valores mais baixos de nutrientes comparados aos outros dois reservatórios (VIG e PCO).

Os valores das variáveis pouco variaram, sazonalmente. Estatisticamente, essa variação não foi observada para a maioria das variáveis ambientais ( $p > 0,05$ ), com a exceção da temperatura, pH e turbidez ( $p < 0,05$ ), maiores nos períodos úmidos.

Tabela II: dados médios ambientais dos quatro reservatórios estudados, nas estações de seca e chuva de 2011 a 2014.

Variáveis/Reservatórios	Seca				Chuva			
	SBR	RLA	VIG	PCO	SBR	RLA	VIG	PCO
	Média				Média			
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg.L <sup>-1</sup> )	0.02	0.01	0.03	0.03	0.01	0.01	0.04	0.03
P Total (mg.L <sup>-1</sup> )	0.04	0.02	0.08	0.06	0.02	0.01	0.09	0.08
Chl- <i>a</i> (µg.L <sup>-1</sup> )	1.00	1.10	1.51	0.33	1.14	1.40	1.25	2.35
CE (µs.cm <sup>-1</sup> )	29.12	26.82	81.05	77.02	34.35	30.32	83.32	81.38
Turb (NTU)	3.29	0.18	10.30	7.90	7.19	1.17	40.87	31.55
TDS (mg.L <sup>-1</sup> )	14.17	12.50	37.17	35.33	17.00	14.33	35.83	39.17
OD (mg.L <sup>-1</sup> )	5.98	6.20	5.13	7.52	6.49	6.88	5.25	6.63
Temp (°C)	20.60	22.03	21.15	21.63	26.18	28.87	26.55	27.70
pH	6.92	6.84	7.07	6.76	7.05	7.41	7.16	7.12
SD (m)	2.63	5.23	0.98	1.17	2.24	3.07	0.39	0.56
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg.L <sup>-1</sup> )	0.01	0.04	0.14	0.06	0.04	0.01	0.07	0.05
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg.L <sup>-1</sup> )	0.01	0.01	0.11	0.11	0.02	0.02	0.09	0.03
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg.L <sup>-1</sup> )	0.52	0.24	4.48	3.98	0.56	0.23	2.81	1.84
Ca <sup>2+</sup> (mg.L <sup>-1</sup> )	3.43	2.40	7.68	7.41	3.52	3.33	8.10	7.39
Mg <sup>2+</sup> (mg.L <sup>-1</sup> )	0.94	1.02	1.42	1.37	0.81	1.31	0.97	0.89
Na <sup>+</sup> (mg.L <sup>-1</sup> )	2.68	0.77	6.43	6.18	2.49	1.30	5.01	2.90
K <sup>+</sup> (mg.L <sup>-1</sup> )	1.88	0.58	1.45	1.39	1.83	0.93	1.84	1.53
HCO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (mg.L <sup>-1</sup> )	28.37	18.65	53.19	45.11	25.46	17.52	31.95	30.62
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg.L <sup>-1</sup> )	1.43	0.32	3.35	3.80	0.88	1.25	12.51	8.81
Cl <sup>-</sup> (mg.L <sup>-1</sup> )	1.86	1.61	5.98	5.21	1.96	2.23	2.64	1.97

### 3.2. Composição do zooplâncton e biomassa

No total foram encontrados 192 táxons de zooplâncton distribuídos em 5 grupos principais. O somatório da biomassa total do zooplâncton dos quatro reservatórios no período de seca (5.457.382 µgC.m<sup>-3</sup>) foi maior em relação à estação chuvosa (3.820.327 µgC.m<sup>-3</sup>). Em termos de biomassa (Figura 3) os microcrustáceos dominaram a comunidade zooplanctônica. Na estação seca dos quatro reservatórios, do total de zooplâncton, copépodos contribuíram em 83,2 % seguidos por cladóceros (15,6%), outros (0,7%), rotíferos (0,4%) e protozoários (0,1%). Já no período chuvoso, quanto à porcentagem de biomassa, copépodos

continuaram apresentando maior biomassa dentro dos grupos, porém com valor menor (55,1%), seguido por um aumento expressivo na biomassa de cladóceros (43,4%). Já os grupos dos outros (0,8%), rotíferos (0,6%) e protozoários (0,1%) tenderam a se manter inalterados ao longo das estações.

Assim, os copépodos e os cladóceros representaram quase que a totalidade da biomassa em praticamente todos os reservatórios ao longo dos períodos estudados. No grupo dos copépodos, as ordens Calanoida e Cyclopoida, em suas formas lavares (náuplios), juvenis (copepoditos) ou adultos, foram os táxons mais importantes. Já no grupo do cladóceros, as espécies pertencentes aos gêneros *Ceriodaphnia*, *Daphnia* e *Diaphanosoma* mostraram grande relevância quanto à biomassa. Já os rotíferos apresentaram uma contribuição em termos de biomassa um pouco maior que os protozoários. O grupo Outros dominado por invertebrados (principalmente larvas de insetos) obteve maior biomassa em VIG especialmente em 2011 e 2012.

De acordo com os resultados da análise de Kruskal-Wallis, não houve efeito da sazonalidade sobre cada um dos grupos zooplânctônicos. Os resultados foram não significativos para protozoários ( $p=0,5254$ ), rotíferos ( $p=0,6861$ ), cladóceros ( $p=0,9540$ ), copépodos ( $p=0,6033$ ) e outros ( $p=0,2983$ ).

Entretanto, esta análise se mostrou significativa para protozoários ( $p= 0,0280$ ), rotíferos ( $p=0,0229$ ), cladóceros ( $p=0,0002$ ), copépodos ( $p=0,0003$ ) quando realizada comparando cada grupo de zooplâncton nos diferentes reservatórios. O único grupo que o teste não mostrou efeito foi o dos Outros ( $p=0,1252$ ).

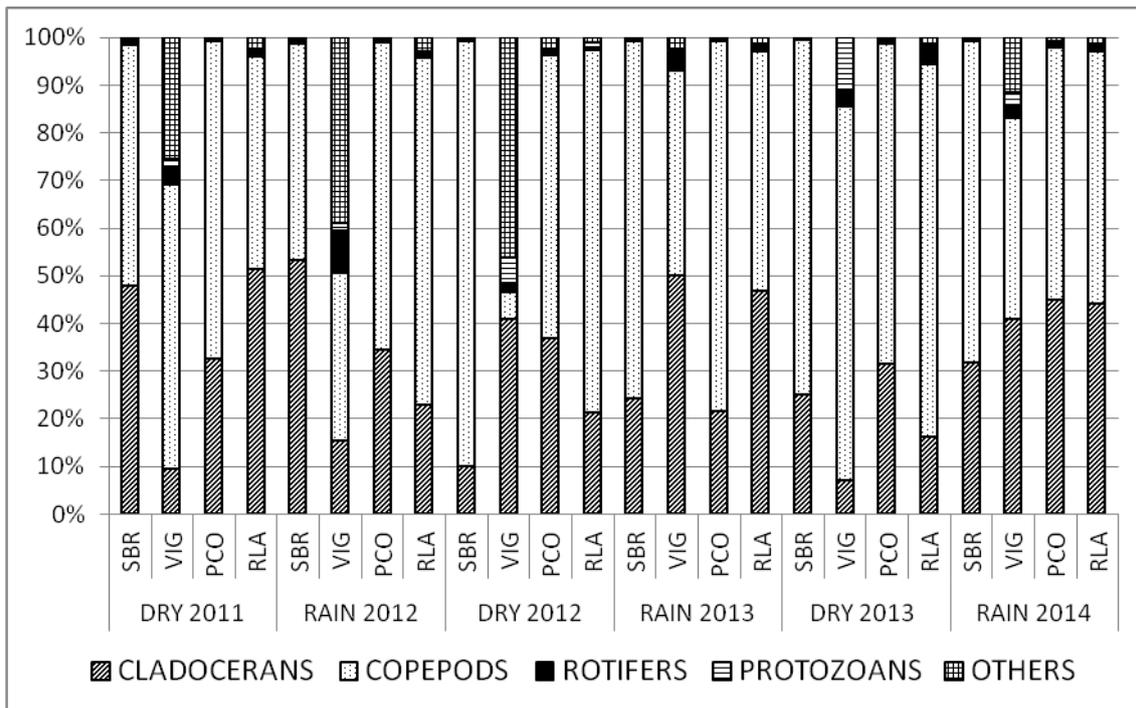


Figura 3: Contribuição dos grupos zooplancônicos na biomassa total relativa do zooplâncton dos quatro reservatórios durante as estações seca e chuvosa de 2011, 2012, 2013 e 2014

Foram encontrados 22 táxons de cladóceros (Tabela III) distribuídos em 7 famílias (*Bosminidae*, *Daphniidae*, *Sididae*, *Ilyocryptidae*, *Macrothricidae*, *Moinidae*, *Chydoridae*). Destes, 14 táxons foram encontrados tanto em SBR e RLA, enquanto 11 táxons foram registrados em VIG e PCO. Houve uma grande variação na frequência relativa de ocorrência, com *Ceriodaphnia* sp., *Daphnia laevis*, *Simocephalus* cf. *latirosris*, *Diaphanosoma brevireme*, *Ilyocryptus spinifer*, *Alona gutata*, *Coronatella* cf. *poppei*, *Coronatella* sp, *Disparalona* sp. e *Leydigia* sp. ocorrendo em um único reservatório. *Ceriodaphnia paradoxa* foi encontrada em todas as amostras de RLA, enquanto *Ceriodaphnia silvestrii* e *Daphnia gessneri* foram registradas 100% ao longo do estudo em SBR. *D. gessneri* foi a única espécie que ocorre em mais de 20% das amostras em todos os reservatórios.

Tabela III: total de táxons de cladóceros encontrados nos quatro reservatórios.

Família	Táxon	Frequência de Ocorrência (%)			
		SBR	RLA	VIG	PCO
Bosminidae	<i>Bosmina longirostris</i>	96	38	6	67
	<i>Bosmina hagdmani</i>	29	50	6	0
	<i>Bosmina</i> sp.	0	0	33	8
	<i>Bosminopsis deitersi</i>	33	58	6	0
Daphniidae	<i>Ceriodaphnia cornuta</i>	33	92	6	17
	<i>Ceriodaphnia paradoxa</i>	83	100	0	42
	<i>Ceriodaphnia silvestrii</i>	100	17	11	83
	<i>Ceriodaphnia</i> sp.	0	79	0	0
	<i>Daphnia gessneri</i>	100	21	72	83
	<i>Daphnia laevis</i>	0	29	0	0
	<i>Simocephalus</i> cf. <i>latirosris</i>	0	4	0	0
Sididae	<i>Diaphanosoma brevireme</i>	0	75	0	0
	<i>Diaphanosoma</i> cf. <i>spinulosum</i>	96	29	6	67
Ilyocryptidae	<i>Ilyocryptus spinifer</i>	4	0	0	0
Macrothricidae	<i>Macrothrix</i> sp.	13	25	11	0
Moinidae	<i>Moina minuta</i>	67	0	39	42
Chydoridae	<i>Alona gutata</i>	0	0	0	17
	<i>Alona</i> sp.	38	0	39	25
	<i>Coronatella</i> cf. <i>poppei</i>	0	42	0	0
	<i>Coronatella</i> sp.	0	0	0	17
	<i>Disparalona</i> sp.	4	0	0	0
	<i>Leydigia</i> sp.	4	0	0	0

A biomassa dos cladóceros alcançou 245.517  $\mu\text{gC}\cdot\text{m}^{-3}$  em SBR na estação chuvosa de 2012 e foi sempre comparativamente maior em SBR dentro de um determinado período (Figura 4). Apesar da ocorrência em todos os reservatórios, *D. gessneri* apresentou baixa biomassa em comparação a outros cladóceros, mesmo em SBR onde as espécies alcançaram maior biomassa.

SBR e RLA possuem, comparativamente aos outros dois reservatórios, as maiores biomassas de cladóceros ao longo deste estudo.

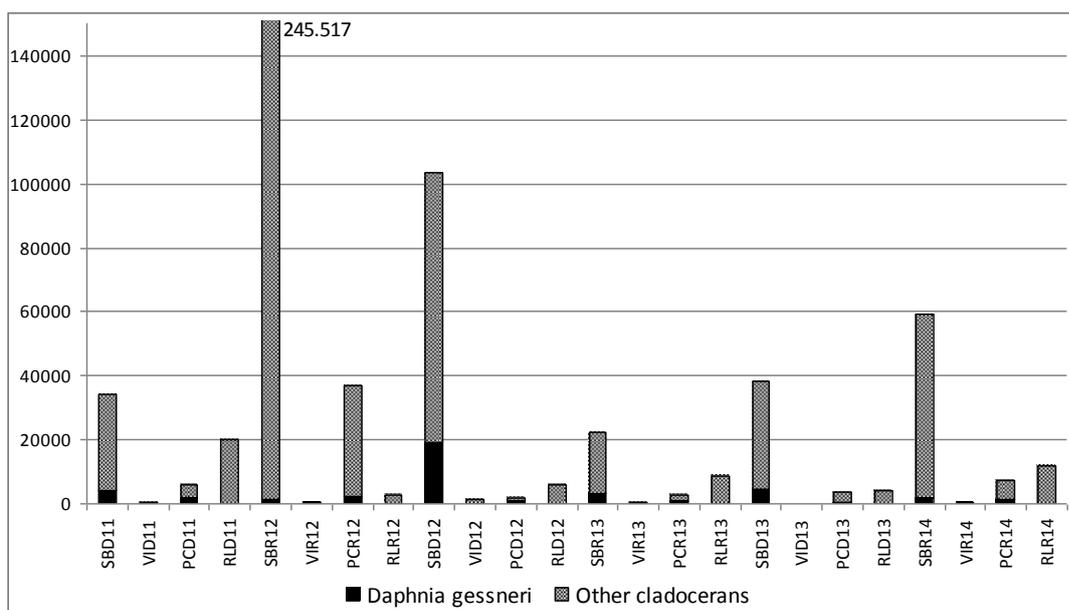


Figura 4: Os valores de biomassa ( $\mu\text{gC.m}^{-3}$ ) de *D. gessneri* e outros cladóceros nos quatro reservatórios durante o período de estudo.

### 3.3. Variáveis ambientais x biomassa zooplânctônica

Os dois primeiros eixos nos diagramas de RDA (Figuras 5 e 6) apresentaram valores próprios de 0,27 e 0,19, e explicaram 46% da distribuição de biomassa zooplânctônica e 79% do zooplâncton em relação ao meio ambiente. Tanto o primeiro como todos os eixos canônicos juntos foram significativas ( $p = 0,002$ ) no teste de Monte Carlo. O primeiro eixo sozinho explicou 46% da variação da biomassa do zooplâncton em relação ao meio ambiente, ao passo que o segundo eixo foi responsável por 33% dessa variação. As correlações entre os eixos de ordenação e variáveis ambientais indicaram que no primeiro eixo os reservatórios foram separados de acordo com os gradientes hidrológicos (Zmix e SD) e de trofia. De um lado SBR, com zona de mistura (Zmix) mais profunda e transparência da água elevada (SD) e menor disponibilidade de nutrientes e sólidos totais dissolvidos (TDS), enquanto que no outro lado, PCO e VIG com menor Zmix e maiores concentrações de nutrientes, especialmente  $\text{NO}_3$ , Fósforo total (TP),  $\text{NH}_4$  e SRP. O segundo eixo canônico foi altamente influenciado pela transparência da água, que atingiu maiores valores em RLA, contrastando com elevados TDS e turbidez encontrada em PCO e VIG. Também importante notar neste segundo eixo um gradiente de disponibilidade iônica, com altas concentrações de  $\text{HCO}_3$  seguido de Ca e  $\text{SO}_4$ , foram maiores em PCO e VIG, intermediárias em SBR e menores em RLA.

A biomassa da maioria dos grupos de zooplâncton e de espécies de cladóceros foi localizada no lado positivo do primeiro eixo (Figura 6) ocorrendo principalmente em SBR e RLA, evidenciando uma relação negativa com os nutrientes, que estiveram localizados no lado negativo deste eixo. Assim, enquanto a biomassa de *D. laevis* atingiu o pico em RLA, *D. gessneri* teve maior biomassa em SBR. Com relação aos cladóceros as famílias Chidoridae, Macrothricidae, Ilyocryptidae apresentaram baixas biomassas e seus indivíduos estiveram associados à VIG e PCO. Quanto à Daphnidae, este grupo foi muito representativo em termos de biomassa, apresentando uma associação negativa com altos níveis tróficos. As espécies do gênero *Ceriodaphnia*, em especial, mostraram uma nítida relação negativa com os nutrientes e positiva com a transparência da água, de acordo com a distribuição das variáveis no diagrama. Destaca-se a associação de *C. silvestrii*, juntamente com rotíferos e copépodos, com valores maiores da zona de mistura.

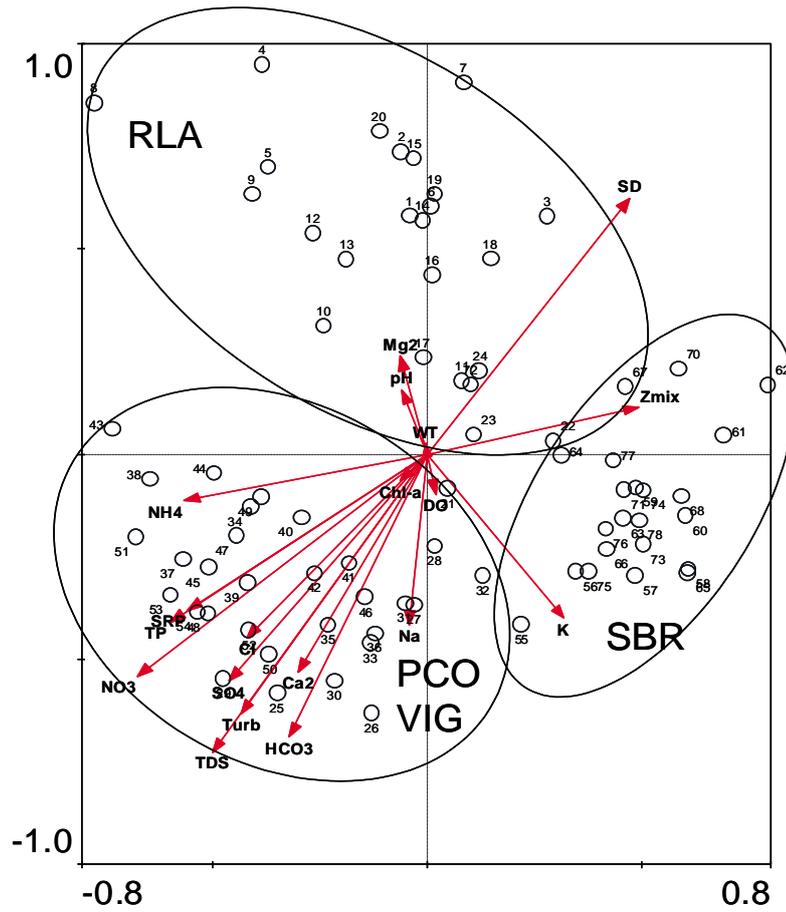


Figura 5: Diagrama I da RDA mostrando as variáveis ambientais e amostras dos quatro reservatórios estudados.

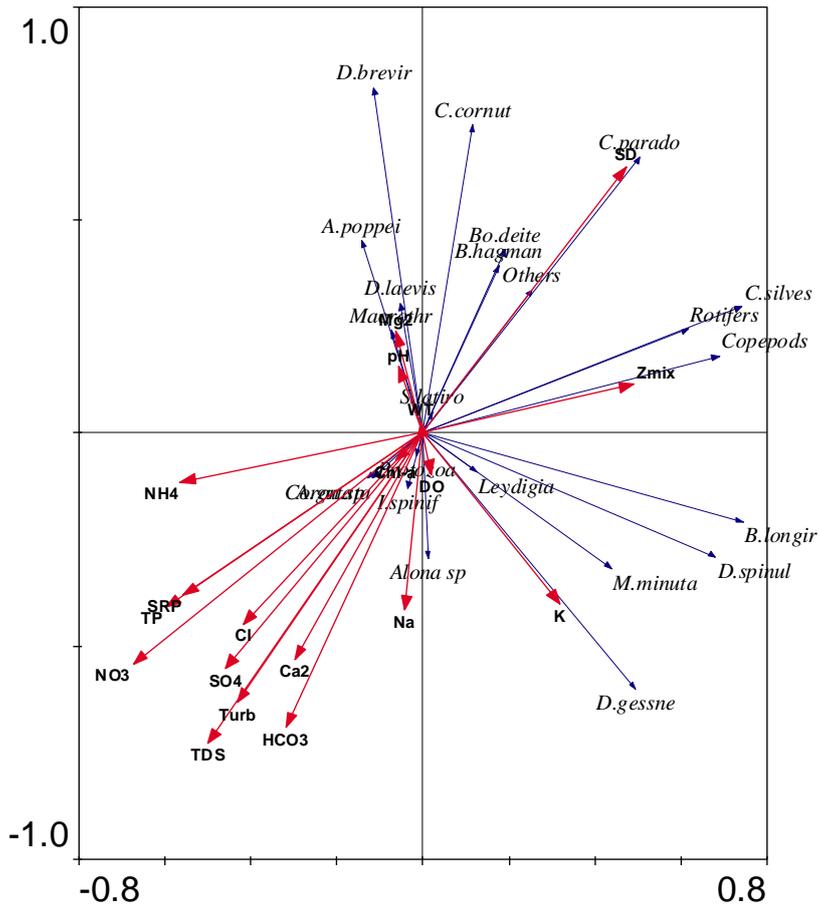


Figura 6: Diagrama II da RDA mostrando as variáveis ambientais e espécies de cladóceros e demais grupos zooplancônicos nos quatro reservatórios estudados.

### 3.4. Conteúdo de P e Ca em *D. gessneri*

No presente estudo as porcentagens de P e Ca em peso seco (PS) encontrados em *Daphnia gessneri* apresentaram padrão de variação similar (tabela IV), com pouca variação sazonal, e uma discreta elevação da porcentagem destes íons no período de seca.

Nesta mesma tabela foi apresentada uma compilação de dados oriundos de outros trabalhos envolvendo outras espécies de *Daphnia*. Observando o nosso estudo a espécie *D. gessneri* apresentou menores conteúdos de P e Ca comparado a outras espécies do mesmo gênero.

Tabela IV: Concentrações médias de P e Ca em algumas espécies do gênero *Daphnia* mensuradas em outros estudos e de *Daphnia gessneri* mensuradas neste estudo.

Espécie	Conteúdo P (%PS)	Conteúdo Ca (%PS)	Referência
<i>Daphnia gessneri</i>	0,18	1,59	presente estudo (seca)
<i>Daphnia gessneri</i>	0,13	1,02	presente estudo(chuva)
<i>Daphnia gessneri</i>	1,06		Fileto et al., 2007
<i>Daphnia ambigua</i>	1,00		Fileto et al., 2007
<i>Daphnia parvula</i>	1,52		Demott & Pape, 2005
<i>Daphnia pulicaria</i>	1,22		Demott & Pape, 2005
<i>Daphnia pulex</i>	1,24		Demott & Pape, 2005
<i>Daphnia sp.</i>	1,20		Hall et al., 2004
<i>Daphnia sp.</i>		2,5 - 7,7	Jeziorki, 2006
<i>Daphnia magna</i>		4,4	Waervagen et al., 2002
<i>Daphnia magna</i>		7,7	Cowgill, 1986
<i>Daphnia tenebrosa</i>		2,5	Waervagen et al., 2002
<i>Daphnia hyalina</i>		6,0	Baudouin & Ravera, 1972

#### 4. Discussão

Ao longo do período estudado, houve variação significativa de algumas variáveis mensuradas nos reservatórios entre as épocas de seca e chuva, tais como temperatura da água, pH e turbidez que apresentaram valores maiores no período de chuva. Já outras variáveis, como nitrato, magnésio e sódio, tenderam a apresentar valores menores na época de chuvas. Este período corresponde ao verão das regiões tropicais, que apresenta elevadas temperaturas do ar e intensa energia solar, que de acordo com Von Sperling (1997) influencia na temperatura superficial do corpo d'água levando até a constantes condições de estratificação térmica e química na coluna d'água (Henry, 1999). Quanto ao pH, os quatro reservatórios apresentaram valores que os classificam como ligeiramente ácidos (Van Dam *et al.* 1994). Bueno *et al.* (2005); Horbe *et al.* (2005) em seus trabalhos mencionam a tendência dos rios brasileiros de apresentar pH ligeiramente ácido porém sem causar danos ao meio ambiente. O aumento nos valores tanto da turbidez como nos de pH, no período de chuva, pode ter sido associado com uma maior diluição dos compostos dissolvidos e escoamento mais rápido (Carvalho *et al.* 2000).

De um modo geral, os reservatórios de Santa Branca e Ribeirão das Lajes apresentaram concentrações de íons menores em relação à Vigário e Ponte Coberta, aparentando graus de trofia distintos. Em estudo que tratou sobre os

parâmetros físicos e químicos do reservatório de Ribeirão das Lajes, Guarino *et al.* (2005) observaram baixas concentrações de íons ao longo do corpo d'água classificando-o como oligotrófico. Quanto à Santa Branca, Duarte (2007) considerou o reservatório, assim como Lajes, oligotrófico.

Já os reservatórios de Vigário e Ponte Coberta, que tem o maior volume de água oriundo das águas transpostas do Rio Paraíba do Sul, tem sido considerados como sistemas eutróficos. O que pode explicar o porquê das variáveis turbidez, sólidos dissolvidos totais e concentração de íons terem estado associadas a estes dois reservatórios mais impactados e mais eutrofizados (Dejen *et al.* 2004). Estudos como de Gomes *et al.* (2008) e Pitelli *et al.* (2008) observaram uma proliferação de macrófitas aquáticas ao longo do espelho d'água do reservatório de Vigário. Bottino (2011) correlacionou os altos níveis de nutrientes à proliferação de plantas aquáticas nos diversos corpos d'água. As águas do reservatório de Ponte Coberta recebem parte da carga de sedimentos de Vigário (Molisani *et al.* 2006), o que pode explicar a similaridade química entre os dois reservatórios.

A partir das análises de biomassa do zooplâncton ao longo dos 3 anos de estudo, observou-se que os microcrustáceos (cladóceros e copépodos) dominaram a biomassa da comunidade zooplânctônica dos quatro reservatórios deste estudo. Esse quadro corrobora trabalhos anteriores que mencionam que cladóceros e copépodos são os grupos mais importantes do zooplâncton de reservatórios, representando a maior parte da biomassa dentro da comunidade de zooplâncton (De Manuel & Jaume, 1994; Rocha *et al.* 1995; Ghadouani *et al.* 1998). Destes microcrustáceos independente do período (seca/ chuva) as populações de copépodos apresentaram a maior biomassa seguida de cladóceros. Nogueira *et al.* (2008) registraram dentro da comunidade zooplânctônica do reservatório de Paranapanema a tendência observada em outras regiões, de uma alta densidade de cladóceros acompanhada de uma elevada biomassa acompanhada de copépodos (Rocha *et al.* 2002).

Em termos de biomassa total não foi observada uma tendência de aumento na biomassa no período de seca e diminuição no período de chuva. Diversos trabalhos de regiões tropicais chegaram a resultados diferentes, como Sendacz *et al.* (2006) que observaram nos reservatórios de Guarapiranga e Ponte Nova a mesma tendência. Ainda o mesmo autor justifica essa diminuição da biomassa no período chuvoso, pois foi quando os pigmentos totais (clorofila) e sólidos suspensos totais apresentaram menores valores. Já Lisette *et al.* (2013) justificam

que a diluição causada pela precipitação no período chuvoso irá levar uma queda na biomassa total de zooplâncton.

Do total de táxons de cladóceros encontrados, Daphniidae e Bosminidae foram as famílias mais frequentes nos quatro reservatórios. Em geral, Daphniidae, Bosminidae e Moinidae são famílias dominantes em reservatórios como verificado por Sampaio *et al.* (2002), Lansac-Tôha *et al.* (2005) e Ghidini *et al.* 2009. Entre todas as espécies de cladóceros *D. gessneri* foi a única espécie que ocorre em mais de 20% das amostras em todos os reservatórios, corroborado por estudos como de Pinto-Coelho (1998) que demonstrou a presença constante desta espécie. *D. gessneri* se mostra de ocorrência comum em reservatórios tropicais, sendo bem adaptada a diferentes condições ambientais (Ghidini *et al.* 2009).

Estatisticamente, não houve efeito da sazonalidade sobre os grupos de zooplâncton, o que pode ser em razão da baixa variação sazonal dos parâmetros ambientais entre os reservatórios. Mas houve efeito dos reservatórios sobre os diversos grupos de zooplâncton, estando a maior biomassa de zooplâncton, com ênfase nas espécies de cladóceros, localizada principalmente nos reservatórios oligotróficos, e apresentando uma relação negativa com concentrações elevadas de nutrientes. Em diversos reservatórios com graus de trofia distintos do Estado de São Paulo, Sendacz & Santos-Soares (2006) observaram diferenças no padrão de biomassa associada com condições tróficas. Eles também observaram que espécies de cladóceros estiveram mais associadas aos reservatórios menos impactados.

Dentre os cladóceros, a família Daphniidae, mais representativa neste estudo, apresentou uma clara relação negativa com altos níveis de trofia enfatizando espécies como *Ceriodaphnia cornuta*, *Ceriodaphnia paradoxa*, *Ceriodaphnia silvestrii* que estiveram fortemente associadas à transparência da água. Nogueira *et al.* (2008) encontraram a dominância de espécies de Daphniidae em ambientes oligo/ mesotróficos. Em estudos ambientais o gênero *Daphnia* tende a estar relacionado positivamente ao nutriente fósforo presente na água (Hall *et al.* 2004) sendo este nutriente o fator limitante para o sucesso deste gênero nos corpos d'água. Em nosso estudo a biomassa de *Daphnia gessneri* não apresentou relação significativa com o elemento fósforo e isso pode ser dado pela baixa presença deste íon nos reservatórios, que, na condição limitante, pode estar sendo prontamente absorvido pela biota aquática.

Sob outro aspecto, uma possível explicação para essa família ser claramente relacionada negativamente aos nutrientes pode ser em razão do seu caráter filtrador (Elmoor-Loureiro, 2007) que seria dificultada sua alimentação por elevadas concentrações de nutrientes e sólidos dissolvidos totais no meio aquático.

Representantes das famílias *Chydoridae*, *Macrothricidae*, *Ilyocryptidae* foram menos comuns neste estudo, apresentando baixa biomassa e associadas aos nutrientes. Estas famílias vivem em zona litorânea ou próximo (Serafim-Júnior *et al.* 2003), e a presença destas famílias é menor em zonas limnéticas. Elmoor-Loureiro (2007) observou que a maior riqueza e abundância de *Chydoridae* e *Macrothricidae* ocorreu em ambientes dominados por macrófitas, já que os indivíduos destas famílias são tipicamente raspadores de substrato. Essa pode ser explicação para termos encontrado uma associação com os nutrientes já que ambientes eutróficos facilitam o estabelecimento de macrófitas.

A biomassa zooplancônica de Santa Branca se mostrou nitidamente maior comparado aos outros três reservatórios. Uma possível explicação poderia ser em razão das comunidades de peixes residentes nos quatro reservatórios. Estas comunidades foram diferenciadas entre si tanto quanto à dominância de espécies como na composição de guildas tróficas. De acordo com Araújo (dados não publicados) nos reservatórios de Ribeirão das Lajes e Vigário, dominaram em termos de biomassa espécies onívoras. No primeiro as espécies com maiores biomassas foram *Loricariichthys castaneus* (cascudo viola) e *Geophagus brasiliensis* (acará), ambas consideradas onívoras e no segundo *Leporinus* spp.. No reservatório de Ponte Coberta, onívoros e detritívoros tiveram participação semelhante seguidos de piscívoros. Neste reservatório a espécie com maior biomassa foi o *Hypostomus punctatus* (cascudo-pintado), detritívoro, seguindo de *Leporinus* sp. (pintado-vermelho). O reservatório de Santa Branca apresentou comparativamente a menor proporção de onívoros e a maior de detritívoros. Neste reservatório, a espécie com maior biomassa na comunidade foi *Prochilodus* sp. (curimatã), seguido do piscívoro *Hoplias malabaricus* (traíra), podendo ter ocorrido menor pressão de predação sobre a comunidade de zooplâncton presente neste corpo d'água.

A composição iônica também tem sido relacionada diretamente como limitante a presença de espécies de cladóceros (Hessen, 2000, 2006). Notadamente *Daphnia* spp tem sido observada como tendo a sua produtividade

limitada em deficiência tanto de fósforo como cálcio. Este último tem sido apontado como importante para a muda, o crescimento e a produção de ovos, como o avaliado em *Daphnia magna* (Hessen, 2000). No presente estudo, avaliando-se o conteúdo de P e Ca em *D. gessneri*, foi encontrada uma pequena diferença sazonal, com maior concentração no período de seca. A explicação pode ser em razão da diluição dos compostos presentes na água no período de chuva que leva a uma diminuição em sua biomassa e conseqüentemente do seu conteúdo iônico. O cálcio por ser o componente mais importante na carapaça de *Daphnia* necessita estar em elevada quantidade. Comparando o conteúdo de cálcio e fósforo em *D. gessneri* houve uma porcentagem maior de peso seco de Ca em relação a P.

Outra observação do presente estudo (visto na tabela IV), a espécie analisada *D. gessneri* apresentou uma menor porcentagem por peso seco tanto de P quanto de Ca em sua biomassa, quando comparada a outras espécies do mesmo gênero. Este menor conteúdo iônica de *D. gessneri* pode ser em razão de apresentar uma menor biomassa quando comparada à espécies tipicamente temperadas (Gillooly, 2000). No estudo de Fileto *et al.* (2007) com a mesma espécie foi encontrado uma concentração maior de P, porém ocorreu em condições experimentais, que pode ter levado a diferenças no procedimento. Waervagen *et al.* (2002) observou em seu estudo com *Daphnia tenebrosa* e *Daphnia magna* conteúdos menores de Ca em comparação a outros estudos com as mesmas espécies. Estes autores, em seus resultados, acreditam que o congelamento de organismos para posterior análise pode levar à perda de biomassa em comparação a animais frescos.

## **5. Conclusão**

A hipótese levantada neste trabalho de que as características iônicas influenciam mais a biomassa de cladóceros do que as características hidrológicas dos reservatórios foi refutada. Foi observado que a biomassa de cladóceros está relacionada negativamente à concentrações iônicas e positivamente à zona de

mistura e à transparência da água, que levou às diversas espécies de cladóceros limnéticos estarem mais associados a estes dois parâmetros, principalmente nos reservatórios de Santa Branca e Ribeirão das Lajes.

Foi verificada a importância dos íons cálcio e fósforo, sob a forma de fosfato, como constituinte da biomassa em peso seco de indivíduos da espécie *D. gessneri*. Assim como foi observado que a porcentagem destes íons foi presente em menor concentração em comparação às espécies do mesmo gênero de ambientes temperados.

Vale enfatizar a necessidade de mais trabalhos voltados ao ambiente tropical que tratem do conteúdo iônico desta e de outras espécies de cladóceros, aumentando assim o conhecimento sobre o metabolismo destes organismos em diversos graus de trofia.

## 6. Referências bibliográficas

- Almeida, V.L.S., Dantas, Ê.W., Melo-Júnior, M.D., Bittencourt-Oliveira, M.C. & Moura, A.N. 2009. Zooplanktonic community of six reservoirs in northeast Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 69(1), 57-65.
- Alves, G.M., Velho, L.F.M., Lansac-Toha, F.A., Robertson, B. & Bonecker, C.C. 2005. Effect of the connectivity on the diversity and abundance of cladoceran assemblages in lagoons of the upper Parana river floodplain. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 17(3), 317-327.
- American Public Health Association. APHA. 2005. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 21th ed. Washington, DC: APHA.
- Andersen, T. & Hessen, D.O. 1991. Carbon, nitrogen, and phosphorus content of freshwater zooplankton. *Limnology and Oceanography*, 36: 807–814.
- Ashforth, D., & Yan, N.D. 2008. The interactive effects of calcium concentration and temperature on the survival and reproduction of *Daphnia pulex* at high and low food concentrations. *Limnology and Oceanography*, 53(2), 420.
- Baudouin, M.F., Ravera, O. 1972. Weight, size, and chemical composition of some freshwater zooplankters: daphnia hyaline (leydig). *Limnology oceanography*, 17 (4), 645-649.
- Berberovic, R.; Pinto-coelho, R.M. 1989. Dry first, measurement later: a new procedure to preserve and measure zooplankton for eco-physiological studies. *Journal of Plankton Research*, Oxford, 11, 1109-1116.
- Bini, L. M., Da Silva, L. C. F., Velho, L. F. M., Bonecker, C. C., & Lansac-Tôha, F. A. 2008. Zooplankton assemblage concordance patterns in Brazilian reservoirs. *Hydrobiologia*, 598(1), 247-255.
- Bollmann, H.A. & Andreoli, O.R. 2005. Água no Sistema Urbano. In: Andreoli, C.V. & Carneiro, C. (ed). *Gestão Integrada de Reservatórios de Abastecimento Eutrofizados*. Curitiba: Ed. Graf. Capital Ltda, pp.85-120.
- Bonecker, C.C., Lansac-tôha, FA., Velho, L.F.M., Rossa, D.C. 2001. The temporal distribution pattern of copepods in Corumbá reservoir, State of Goiás, Brazil. *Hydrobiologia*, 453/454 (1), 375-384.
- Bottino, F. 2011. Diversidade, biomassa e decomposição de macrófitas aquáticas no Reservatório Itupararanga-SP. (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).
- Boulton, A., Brock, M., Robson, B., Ryder, D., Chambers, J. & Davis, J. 2014. *Australian freshwater ecology: processes and management*. John Wiley & Sons.

- Branco, C.W.C., Baltazar, I.C.L., Gomara, G., Pinto, G., Filippo, R. 2002. Limnological features of Funil Reservoir (RJ, Brazil) and indicator properties of rotifers and cladocerans of the zooplankton community. *Lakes & Reservoirs (Online)*, 7, 87 - 92.
- Branco, C.W.C., Cavalcanti, C.G.B., & Henry, R. 1999. A ecologia das comunidades planctônicas no lago Paranoá. *Ecologia de Reservatórios: estrutura, função e Aspectos Sociais*, 575-595.
- Branco, C.W.C., Suzuki, B.K., Esteves, F.A., Souza, L.C.E. 2000. Rotifers as environmental indicators in three coastal lagoons of Rio de Janeiro State In: V Simpósio de Ecossistemas Brasileiros, Vitória. Anais do V Simpósio Brasileiro de Ecossistemas. Vitória: UFES, 2000, 2, 429 – 448.
- Briand, J.F., Robillot, C., Quiblier-Lloberas, C., Humbert, J.F., Couté, A. & Bernard, C. 2002. Environmental context of *Cylindrospermopsis raciborskii* (Cyanobacteria) blooms in a shallow pond in France. *Water Research*, 36(13), 3183-3192.
- Bruce, L.C., Hamilton, D., Imberger, J., Gal, G., Gophen, M., Zohary, T., Hambright, K. D. 2006. A numerical simulation of the role of zooplankton in C, N and P cycling in Lake Kinneret, Israel. *Ecological Modelling*.193:412-436.
- Bueno, L.F., Galbiatti, J.A., Borges, M.J. 2005. Monitoramento de variáveis de qualidade da água do Horto Ouro Verde - Conchal - SP. *Engenharia Agrícola*, 25(3), 742-748.
- Carvalho, A.R., Schlittler, F.H.M.; Tornisielo, V.L. 2000. Relações da atividade agropecuária com parâmetros físicos químicos da água. *Química Nova*, 23(5), 618-622.
- Cole, G. 1994. Textbook of limnology. 2nd ed. Saint Louis : The C.V. Mosby. 283.
- Colina, M. & Gardiner, P.H.E. 1999. Simultaneous determination of total nitrogen, phosphorus and sulphur by means of microwave digestion and ion chromatography. *Journal of Chromatography A*, 847(1), 285-290.
- Colombini, S., Polesello, S. & Valsecchi, S. 1998. Use of column-switching ion chromatography for the simultaneous determination of total nitrogen and phosphorus after microwave assisted persulphate digestion. *Journal of Chromatography A*, 822(1), 162-166.
- Corgosinho, P.H.C. & Pinto-Coelho, R.M. 2006. Zooplankton biomass, abundance and allometric patterns along an eutrophic gradient at Furnas Reservoir (Minas Gerais-Brazil). *Acta Limnologica Brasiliensia*, 18(2): 213-224.
- Cowgill U.M, Milazzo D.P. 1991. Demographic effects of salinity, water hardness and carbonate alkalinity on *Daphnia magna* and *Ceriodaphnia dubia*. *Archiv für Hydrobiologie*, 122, 33-56.

- Cowgill, U.M., Emmel, H.W., Hopkins, D.L., Applegath, S.L., Takahashi, I.T. 1986. The influence of water on reproductive success and chemical composition of laboratory reared populations of *Daphnia magna*. *Water Research*, 20(3), 317-323.
- De Manuel, J., Jaume D. 1994. Zooplankton from reservoirs of the Guadalquivir River basin (Spain). *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol.*, 40, 107-116.
- Dejen, E., Vijverberg, J., Nagelkerke, L.A., & Sibbing, F.A. 2004. Temporal and spatial distribution of microcrustacean zooplankton in relation to turbidity and other environmental factors in a large tropical lake (L. Tana, Ethiopia). *Hydrobiologia*, 513(1-3), 39-49.
- DeMott, W.R. 1998. Utilization of a cyanobacterium and a phosphorous-deficient green alga as complementary resources by daphnids. *Ecology*, 79, 2463–2481.
- DeMott, W.R., & Van Donk, E. 2013. Strong interactions between stoichiometric constraints and algal defenses: evidence from population dynamics of *Daphnia* and algae in phosphorus-limited microcosms. *Oecologia*, 171(1), 175-186.
- DeMott, W.R., Pape, B.J. 2005. Stoichiometry in an ecological context: testing for links between *Daphnia* P-content, growth rate and habitat preference. *Oecologia*, 142, 20–27.
- Dias, A.C.M.I., Branco, C.W.C., & Lopes, V.G. 2005. Estudo da dieta natural de peixes no reservatório de Ribeirão das Lajes, Rio de Janeiro, Brasil. *Acta Scientiarum, Biological Sciences*, 27, 355-364.
- Dionex. 2010. Determination of Total Phosphorus in Wastewater Using Caro's Reagent and Ion Chromatography. Application Note 254, Dionex Corporation.
- Duarte, S. Estudo do sistema digestório de duas espécies de peixes Siluriformes
- Edmondson, W.T. 1987. *Daphnia* in experimental ecology: notes on historical perspective. In: Peters RH, de Bernardi R (eds) *Daphnia*, vol 45. *Memorie dell'Instituto Italiano de Idrobiologia. Consiglio Nazionale delle Ricerche*, Palanza, 11-30.
- Elmoor-Loureiro, L. 2007. Phytophilous cladocerans (Crustacea, Anomopoda and Ctenopoda) from Paranã River Valley, Goiás, Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 24(2), 344-352.
- Elser, J.J., Hayakawa, K., Urabe, J. 2001. Nutrient limitation reduced food quality for zooplankton: *Daphnia* response to seston phosphorus enrichment. *Ecology*, 82, 898-903.
- Eskinazi-Sant'anna, E. M., Maia-Barbosa, P. M., & Barbosa, F. A. R. 2002. On the natural diet of *Daphnia laevis* in the eutrophic Pampulha reservoir (Belo Horizonte, Minas Gerais). *Brazilian Journal of Biology*, 62(3), 445-452.

- Fileto, C., Arcifa, M.S., & Silva, L.H.S. 2007. Testing mineral food quality for tropical cladocerans from a shallow Brazilian lake. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 19(3), 257-271.
- Freitas, E.C. & Rocha, O. 2011. Acute and chronic effects of sodium and potassium on the tropical freshwater cladoceran *Pseudosida ramosa*. *Ecotoxicology*, 20(1), 88-96.
- Frouin, R. & Lacobellis, S. 2003. The absorption power of plankton. *Annual report of Scripps Institution of Oceanography*, 4, 2-3.
- Ghadouani, A., Alloul, B.P., Zhang, Y. 1998. Relationships between zooplankton community structure and phytoplankton in two lime-treated eutrophic hardwater lakes. *Freshwater Biology*, 39(4), 775-790.
- Ghidini, A.R. & Santos-Silva, E.N. 2009. Biomassa de quatro espécies de Cladocera (Crustacea: Branchiopoda) e sua variação nictemeral no Lago Tupé, Amazonas, Brasil. SANTOS-SILVA, EM. and SCUDELLER, VV., orgs. Diversidade Biológica e Sociocultural do Baixo Rio Negro, Amazônia Central. Manaus: UEA Edições, 53-62.
- Ghidini, A.R., Serafim-Júnior, M., Perbiche-Neves, G. & Brito, L. 2009. Distribution of planktonic cladocerans (Crustacea: Branchiopoda) of a shallow eutrophic reservoir (Paraná State, Brazil). *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 4(3), 294-305.
- Gillooly, J.F., Dodson, S.I. 2000. Latitudinal patterns in the size distribution and seasonal dynamics of new world, freshwater cladocerans. *Limnology and Oceanography*, 45(1), 22-30.
- Golterman, H.L., Clymo, R.S. & Ohmstad, M.A.M. 1978. Methods for physical and chemical analysis of fresh waters. *IBP Handbook*, 8, 215.
- Gomes, J.H.C., Dias, A.C.I.M., Branco, C.C. 2008. Fish assemblage composition in three reservoirs in the State of Rio de Janeiro. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 20(4), 117-130.
- Guarino A. W. S., Branco C. W. C., Diniz G. P., Rocha, R. 2005. Limnological characteristics of an old tropical reservoir (Ribeirão das Lajes Reservoir, RJ, Brazil). *Acta Limnologica Brasiliensia*. 17 (2), 129–41.
- Hall, S.R., Leibold, M.A., Lytle, D.A. & Smith, V.H. 2004. Stoichiometry and planktonic grazer composition over gradients of light, nutrients, and predation risk. *Ecology*, 85(8), 2291-2301.
- Henry, R. 1999. A comparative study of thermal structure, heat content and stability of stratification in three lakes. In: TUNDISI, J. G.; SAIJO, Y. Limnological studies on the Rio Doce Valley lakes, Brazil. São Paulo: Braziliand Academy of Sciences, University of São Paulo, School of Engineering at S. Carlos e Center for water Resources and Applied Ecology, 69-77.

- Herbst, V.H.Y. 1967. Copepoda und Cladocera (Crustacea) aus Südamerika. *Gewass. Abwass*, 44/45: 96 lg.
- Hessen, D.O., Alstad, N.E., Skardal, L. 2000. Calcium limitation in *Daphnia magna*. *Journal of Plankton Research*, 22(3), 553-568.
- Hessen, D.O., Faafeng, B.A., Brettum, P., Andersen, T. 2006. Nutrient enrichment and planktonic biomass ratios in lakes. *Ecosystems*, 9(4), 516-527.
- Horbe, A.M.C., Gomes, I.L.F., Miranda, S.F., Silva, M.S.R. 2005. Contribuição à hidroquímica de drenagens no Município de Manaus - AM. *Acta Amazonica*, 35(2), 119-124.
- Hulot, F.D., Lacroix, G., Lescher-Moutoué, F. & Loreau, M. 2000. Functional diversity governs ecosystem response to nutrient enrichment. *Nature (Lond.)*, 405, 340–344.
- Jaromir, S.E.D.A. & Petrusek, A. 2011. *Daphnia* as a model organism in limnology and aquatic biology: introductory remarks. *Journal of Limnology*, 70(2), 337-344.
- Jeppesen, E., Nöges, P., Davidson, T.A., Haberman, J., Nöges, T., Blank, K. & Amsinck, S.L. 2011. Zooplankton as indicators in lakes: a scientific-based plea for including zooplankton in the ecological quality assessment of lakes according to the European Water Framework Directive (WFD). *Hydrobiologia*, 676(1), 279-297.
- Jeziorski, A., Yan, N.D. 2006. Species identity and aqueous calcium concentrations as determinants of calcium concentrations of freshwater crustacean zooplankton. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 63,1007–1013.
- Jeziorski, A., Yan, N.D., Paterson, A.M., DeSellas, A. M., Turner, M. A., Jeffries, D. S. & Smol, J.P. 2008. The widespread threat of calcium decline in fresh waters. *Science*, 322(5906), 1374-1377.
- Junk, W.J. 1997. General aspects of floodplain ecology with special reference to Amazonian floodplains. In *The Central Amazon Floodplain. Springer Berlin Heidelberg*, 3-20.
- Kyle, M., Acharya, K., Weider, L.J., Looper, K. & Elser, J.J. 2006. Coupling of growth rate and body stoichiometry in *Daphnia*: a role for maintenance processes? *Freshwater Biology*, 51(11), 2087-2095.
- Lampert, W. 2006. *Daphnia*: Model herbivore, predator and prey. *Polish Journal of Ecology*, 54(4), 607-620.
- Lansac-Tôha, F.A., Bonecker, C.C., Velho, I.F.M. 2005. Estrutura da Comunidade Zooplanctônica em Reservatórios. In: RODRIGUES, L.; THOMAZ, S. M.; AGOSTINHO, A. A. & GOMES, L.C. eds. Biocenoses em reservatórios: padrões espaciais e temporais. São Carlos, Rima. 115-127.
- Latja,R.; Salonen, K. 1978. Carbon analysis for determination of individual biomasses. *Limnology*, 58(2), 131-135.

- Lisette, N., Domis, S., James, J.E., Alena, S.G., Huszar, V.L., Miquel, L.Ü. 2013. Plankton dynamics under different climate conditions in tropical freshwater systems (a reply to the comment by Sarmiento, Amado & Descy, 2013). *Freshwater Biology*, 58, 2211-2213.
- Macedo, C.F., & Pinto-Coelho, R.M. 2001. Nutritional status response of *Daphnia laevis* and *Moina micrura* from a tropical reservoir to different algal diets: *Scenedesmus quadricauda* and *Ankistrodesmus gracilis*. *Brazilian Journal of Biology*, 61(4), 555-562.
- Mackereth, F.J.H., Heron, J., & Talling, J.F. 1978. Water analyses. London: *Freshwater Biological Association*, 120.
- Manca, M., & Comoli, P. 1999. Studies on zooplankton of Lago Paione Superiore. *Journal of Limnology*, 58(2), 131-135.
- Marinho, M.M., & De Moraes Huszar, V.L. 2002. Nutrient availability and physical conditions as controlling factors of phytoplankton composition and biomass in a tropical reservoir (Southeastern Brazil). *Archiv für Hydrobiologie*, 153(3), 443-468.
- Matsumura-Tundisi, T. & Tundisi, J. G. 2005. Plankton richness in a eutrophic reservoir (Barra Bonita Reservoir, SP, Brazil). *Hydrobiologia*, 542(1), 367-378.
- Matsumura-Tundisi, T. 1984. Occurrence of species of the genus *Daphnia* in Brazil. *Hydrobiologia*, 112(3), 161-165.
- Melão, M.G.G. 1999. A produtividade secundária do zooplâncton: métodos, implicações e um estudo na Lagoa Dourada. In: Henry, R. (ed) *Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais*. Fapesp: Funbio, 151-183.
- Meschiatti, A. J., & Arcifa, M. S. 2002. Early life stages of fish and the relationships with zooplankton in a tropical Brazilian reservoir: Lake Monte Alegre. *Brazilian Journal of Biology*, 62(1), 41-50.
- Michalskii, R., Kurzyca, I. 2006 Determination of Nitrogen Species (Nitrate, Nitrite and Ammonia Ions) in Environmental Samples by Ion Chromatography. *Polish Journal of Environmental Studies*, 15 (1), 5-18.
- Miner, B.E., De Meester, L., Pfrender, M.E., Lampert, W. & Hairston, N.G. 2012. Linking genes to communities and ecosystems: *Daphnia* as an ecogenomic model. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 279(1735), 1873-1882.
- Moiseenko, T.I., Skjelkvåle, B.L., Gashkina, N.A., Shalabodov, A.D., Khoroshavin, V.Y. 2013. Water chemistry in small lakes along a transect from boreal to arid ecoregions in European Russia: effects of air pollution and climate change. *Applied Geochemistry*, 28, 69-79.

- Molisani, M.M., Kjerfve, B., Silva, A.P., Lacerda, L.D. 2006. Water discharge and sediment load to Sepetiba Bay from an anthropogenically-altered drainage basin, SE Brazil. *Journal of Hydrology*, 331(3), 425-433.
- Nogueira, M.G., Reis-Oliveira, P.C., Britto, Y.T. 2008. Zooplankton assemblages (Copepoda and Cladocera) in a cascade of reservoirs of a large tropical river (SE Brazil). *Limnetica*, 27(1), 151-170.
- Nusch, E.A. & Palme, G. 197. Biologische methoden für die praxis der gewässeruntersuchung. *GWF-Wasser/Abwasser*, 116(12), 562-565.
- Omori, M. 1978. Some factors affecting on dry weight, organic weight and concentration of carbon and nitrogen in freshly prepared and in preserved zooplankton. *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie*, 63, 261–269.
- Patalas, K. 1971. Crustacean plankton communities in forty-five lakes in the Experimental Lakes Area, northwestern Ontario. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 28, 231-244.
- Patoine, A., Pinel-Alloul, B., Prepas, E. & Carignan, R. 2000. Do logging and forest fires influence zooplankton biomass in Canadian Boreal Shield lakes? *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 57(2), 155–164.
- Pinto-Coelho, R.M. 1998. Effects of eutrophication on seasonal patterns of mesozooplankton in a tropical reservoir: a four years study in Pampulha Lake, Brazil. *Freshwater Biology*, 40, 159–174.
- Pitelli, R.L.C.M., Toffaneli, C.M., Vieira, E.A., Pitelli, R.A., & Velini, E.D. 2008. Dinâmica da comunidade de macrófitas aquáticas no reservatório de Santana, RJ. *Planta daninha*, 26(3), 473-480.
- Postel, L., Fock, H., & Hagen, W. 2000. Biomass and abundance. *ICES zooplankton methodology manual*, 83-192.
- Purvis, A. & Hector, A. 2000. Getting the measure of biodiversity. *Nature*, 405, 212-219.
- Ravera, O. 1996. Zooplankton and trophic state relationships in temperate lakes. *Memorie Dell'Istituto Italiano Di Idrobiologia*, 54, 195–212.
- Rebouças, A.D.C., Braga, B.P.F., & Tundisi, J.G. 2002. Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação. Escrituras.
- Rocha, O., Matsumura-Tundisi, T., Espíndola, E.L.G., Roche, K.F., Rietzler, A.C. 2002. Ecological theory applied to reservoir zooplankton, 457-476. In: J. G. Tundisi & M. Straškraba (eds.), *Theoretical reservoir ecology and its applications*. International Institute of Ecology/Backhuys Publishers, São Carlos, 592p.

- Rocha, O., Sendacz, S., & Matsumura-Tundisi, T. 1995. Composition, biomass and productivity of zooplankton in natural lakes and reservoirs of Brazil. *Limnology in Brazil*, 151-165.
- Ruiz-Calero, V., & Galceran, M.T. 2005. Ion chromatographic separations of phosphorus species: a review. *Talanta*, 66(2), 376-410.
- 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*, 62(3), 525-545.
- 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*, 62(3), 525-545.
- Santangelo, J.M., Bozelli, R.L., Rocha, A.D.M., & Esteves, F.D.A. 2008. Effects of slight salinity increases on *Moina micrura* (Cladocera) populations: field and laboratory observations. *Marine and Freshwater Research*, 59(9), 808-816.
- Santangelo, J.M., Esteves, F.D.A., Tollrian, R., Bozelli, R.L. 2011. A small-bodied cladoceran (*Moina micrura*) reacts more strongly to vertebrate than invertebrate predators: a transgenerational life-table approach. *Journal of Plankton Research*, 33 (11), 1767-1772.
- Santeiro, R.M., Pinto-Coelho, R.M., & Sipaúba-Tavares, L.H. 2006. Diurnal variation of zooplankton biochemical composition and biomass in plankton production tanks. *Acta Scientiarum Biological Sciences*, 28(2), 103-108.
- Sarma, S.S.S., Nandini, S., Gulati, R.D. 2005. Life history strategies of cladocerans: comparisons of tropical and temperate taxa. *Hydrobiologia*, 542, 315-333.
- 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*, 66(1b), 337-350.
- Serafim-Júnior, M., Bonecker, C.C., Rossa, D.C., Tôha, F.A.L. 2003. Rotifers of the upper Paraná river floodplain: additions to the checklist. *Brazilian Journal of Biology*, 63(2), 207-212.
- Silva, L.H., Huszar, V.L., Marinho, M.M., Rangel, L.M., Brasil, J., Domingues, C.D. & Roland, F. 2014. Drivers of phytoplankton, bacterioplankton, and zooplankton carbon biomass in tropical hydroelectric reservoirs. *Limnologica-Ecology and Management of Inland Waters*, 48, 1-10.
- Sommer U, Stibor H. 2002. Copepoda–Cladocera–Tunicata: the role of three major mesozooplankton groups in pelagic food webs. *Ecological Research*, 17, 161–174.
- Sterner, R.W. & Schulz, K.I. 1998. Zooplankton nutrition: recent progress and a reality check. *Aquatic Ecology*, 32, 261–279.

- Sterner, R.W. 1995. Elemental stoichiometry of species in ecosystems. Linking species and ecosystems. Springer US, 240-252.
- Sterner, R.W. 2008. On the Phosphorus Limitation Paradigm for Lakes. *Internat. Rev. Hydrobiologia*, 93, 433– 445.
- Stevenson, J.R. 1985. Dynamics of the integument. *The biology of Crustacea*, 9, 1-42.
- Su, M., Yu, J., Pan, S., An, W. & Yang, M. 2014. Spatial and temporal variations of two cyanobacteria in the mesotrophic Miyun reservoir, China. *Journal of Environmental Sciences*, 26(2), 289-298.
- Threlkeld, S.T. 1987. Daphnia life history strategies and resource allocation patterns. In: Peters RH, de Bernardi R (eds) *Daphnia*, vol 45. *Memorie dell'Instituto Italiano de Idrobiologia*, 353-366.
- Tundisi, J.G. & Matsumura-Tundisi, T. 1986. Eutrophication processes and trophic state for 23 reservoirs in S. Paulo State, Southern Brazil. Fourth Brazil/Japan Symposium on Science and Technology, Supplementary volume, Publ. Academy of Sciences, São Paulo State, 26.
- Van Dam, H., Mertens, A. & Sinkildam, J. 1994. A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands. *Journal of Aquatic Ecology*, 28,117-133.
- Von Sperling, E. 1997. The process of biomass formation as the key point in the restoration of tropical eutrophic lakes. *Hydrobiologia mikolajki*, 351-354.
- Wærvågen, S.B., Rukke, A.N. & Hessen, D.O. 2002. Calcium content of crustacean zooplankton and its potential role in species distribution. *Freshwater Biology*, 47(10), 1866-1878.
- Weiss, J. 2004. *Handbook of Ion Chromatography*. Wiley-vch Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, Germany.
- Wetzel, R.G. & Likens, G.E. 2000. *Inorganic nutrients: nitrogen, phosphorus and other nutrients*. Springer New York, 85-111.