RENATA AKEMI TAKENAKA

**Avaliação da toxicidade de *Microcystis aeruginosa* e de florações
naturais de cianobactérias de reservatórios do rio Tietê, SP**

Tese apresentada à Escola de Engenharia
de São Carlos, da Universidade de São
Paulo, como parte dos requisitos para
obtenção do título de Doutor em Ciências
da Engenharia Ambiental.

Orientador: Profa. Dra. Odete Rocha

São Carlos – SP
2007

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento
da Informação do Serviço de Biblioteca – EESC/USP

 Takenaka, Renata Akemi
T136a Avaliação da toxidade de *Microcystis aeruginosa* e de florações naturais de
cianobactérias de reservatórios do rio Tietê, SP / Renata Akemi Takenaka ; orientador Odete
Rocha. -- São Carlos, 2007.

 Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação e Área de Concentração em Ciências
da Engenharia Ambiental -- Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São
Paulo.

 1. Ecotoxicologia. 2. Microcistinas. 3. Extratos brutos. 4. Fitoplancton. 5. Dafnídeos. I.
Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidata: Bacharel **RENATA AKEMI TAKENAKA**

Tese defendida e julgada em 16-03-2007 perante a Comissão Julgadora:

 Prof.^a. Titular **ODETE ROCHA (Orientadora)**
 (Universidade Federal de São Carlos/UFSCar) APROVADA

 Prof.^a. Dr.^a. **MARIA DA GRAÇA GAMA MELÃO**
 (Universidade Federal de São Carlos/UFSCar) Aprovada

 Prof. Associado **EVALDO LUIZ GAITA ESPÍNDOLA**
 (Escola de Engenharia de São Carlos/USP) APROVADA

 Prof. Titular **LUIZ DI BERNARDO**
 (Escola de Engenharia de São Carlos/USP) APROVADA

 Prof.^a. Dr.^a. **CÉLIA LEITE SANT'ANNA**
 (Instituto de Botânica/IB-SP) APROVADA

 Prof. Titular **MARCELO PEREIRA DE SOUZA**
 Coordenador do Programa de Pós-Graduação
 em Ciências da Engenharia Ambiental

 Prof. Associado **GERALDO ROBERTO MARTINS DA COSTA**
 Presidente da Comissão da Pós-Graduação da EESC

*À minha família,
meu porto seguro...*

AGRADECIMENTOS

À Profa. Odete Rocha, pela orientação, oportunidade, confiança, incentivo, apoio, respeito, exemplo de dedicação e valiosos ensinamentos em mais de 10 anos de convivência.

À Escola de Engenharia de São Carlos, pela oportunidade e infra-estrutura oferecidas para a realização da pós-graduação.

À Universidade Federal de São Carlos, pela infra-estrutura oferecida para a realização do trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq – Brasil, pela concessão da bolsa de doutorado.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, pelo auxílio financeiro (Processo nº. 02/08341-7) para a realização do trabalho.

Ao Prof. Luiz Di Bernardo, por permitir o uso das instalações, de aparelhos e de materiais de seus laboratórios, e contribuir com discussões valiosas sobre o trabalho.

À Dra. Emília K. Kuroda, pela inesquecível experiência na instalação piloto, ajuda no uso do liofilizador, bibliografia fornecida, competência, generosidade, hospitalidade, análises de microcistinas e profissionalismo.

À Dra. Maria José Dellamano-Oliveira, pelo companheirismo, incentivo, atenção e, principalmente, pelas análises do fitoplâncton.

Ao Dr. Alessandro Minillo, pelas sugestões, bibliografia fornecida, ajuda na coleta e no uso do liofilizador, análises do fitoplâncton, atenção e apoio.

À Dra. Rosana M. B. Sotero-Santos, pela bibliografia fornecida, sugestões, apoio, incentivo, carinho e amizade.

Ao doutor, técnico e, sobretudo, amigo José Valdecir de Lucca, pela ajuda fundamental, análises de nutrientes e de clorofila, ensinamentos, apoio, carinho, disposição, paciência, atenção, incentivo, bate-papos e almoços em sua casa com sua família.

Aos técnicos Airton Soares e Alcídio Culósio Filho, pelas coletas, disposição, apoio, carinho, incentivo, respeito e amizade.

Às queridas companheiras de laboratório: Denise, Emanuela, Fernanda e Mariana, pela ajuda imprescindível, compreensão, paciência, dedicação, competência, cooperação, palavras de apoio e de incentivo, gestos de carinho, atenção, respeito, convivência harmoniosa, momentos de descontração e, principalmente, pela amizade.

A todos os companheiros do DEBE: Zezé, Ana Lúcia, Roberta, Katiúscia, Patrícia, Kátia, Inessa, Elisa, Magno, Raphael, Fábio Toshiro, Fernando, Fábio Matheus, pela ajuda, apoio, incentivo, momentos de descontração e bate-papos.

Aos estagiários Pedro Colombo, André e, em particular, à Adrianny, pela oportunidade de ensinar e aprender, ajuda indispensável, compreensão e incentivo.

A todos os professores e funcionários do DEBE, em especial à Dorinha, ao Elias e às queridas Edna e Malu, pela disposição, atenção, ajuda, companhia e carinho.

A todos os companheiros do CRHEA: Ricardo (pela ajuda no uso do liofilizador) & Wilma, Sabrina, Márcia Manfrinato, Janete, Clarice, Sandra Zago, Fernanda Marciano, Ariane, Gracinha, Andréa Novelli, Simone, Netto, Júlia & Rinaldo, Caio & Juliana, Domingos, Ricardo Reis, Carolina & Maurício, pela ajuda, caronas e valiosas trocas de experiências.

A todos os professores e funcionários do CRHEA, em especial à Claudete e à Mara, pela ajuda, disposição e atenção.

Ao querido amigo Sandro A. T. de Mendonça, pelo zelo, hospitalidade, almoços, caronas, momentos de descontração, ajuda, ensinamentos, presença, incentivo, carinho e amor.

Às queridas amigas Kátia Maria, Suzelei Rodgher e Vanessa Colombo, por tudo o que compartilhamos desde a graduação e toda a ajuda dispensada.

A todos os amigos: Paulo Pamplin, Rogério Herlon, Sandra Maintinguer, Evandro & Mércia, Júlia, Mário, Glória, Judith, Milady, Gláucia, Daniela, Valquíria & Edmundo, Cléber, Vitor, Daniel, Rosinha, Rodrigo, Ana Maria, Sandra, Ana Paula, Ivani, Ilma, que, perto ou longe, sempre incentivaram, apoiaram, torceram e acreditaram.

A todos os meus familiares, especialmente aos meus pais, Roberto & Sonoe, por proporcionarem todas as condições para que eu chegasse até aqui; aos meus irmãos Roberta, Vanessa e Eduardo, e aos meus cunhados, Airton e Reginaldo, pela ajuda, atenção, apoio, carinho, amizade e amor; e ao meu amado, lindo e fofo sobrinho Gustavo, por toda a alegria e luz que tem trazido às nossas vidas.

RESUMO

TAKENAKA, R.A. **Avaliação da toxicidade de *Microcystis aeruginosa* e de florações naturais de cianobactérias de reservatórios do rio Tietê, SP.** 2007. 330p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

Os efeitos de cianobactérias sobre organismos aquáticos planctônicos foram avaliados, visando caracterizar e quantificar as cianotoxinas e determinar a toxicidade de uma linhagem em cultura monoespecífica e de florações naturais de reservatórios do rio Tietê, SP. Assim, cultivou-se uma linhagem (NPLJ-4) de *Microcystis aeruginosa*, reconhecidamente tóxica, em meio ASM-1 a 25°C e fotoperíodo de 12h luz/12h escuro em câmara incubadora, avaliando-se sua toxicidade em diferentes estágios do crescimento populacional (meio e final da fase exponencial, fase estacionária e fase senescente), por meio de testes ecotoxicológicos com os organismos-teste *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii*. Esses testes foram realizados de acordo com normas padronizadas pela ABNT, sendo utilizados também para avaliar a toxicidade das florações naturais e a eficiência de diferentes processos de tratamento de água na remoção de células, microcistinas e subprodutos de cianobactérias. Os resultados indicaram aumento na concentração de microcistinas com o crescimento populacional da cianobactéria. Os extratos na fase estacionária tiveram menor toxicidade, enquanto nas demais fases causaram efeito tóxico agudo, resultando em valores de CE50;48h de: $1,4 - 4,7 \times 10^6$ cel/mL (meio fase exponencial), $1,6 - 8,7 \times 10^6$ cel/mL (final fase exponencial), $7,5 - 14,1 \times 10^6$ cel/mL (fase estacionária) e $1,9 - 4,6 \times 10^6$ cel/mL (fase senescente) para *C. dubia*; e $1,9 - 5,4 \times 10^6$ cel/mL (meio fase exponencial), $1,6 - 10,9 \times 10^6$ cel/mL (final fase exponencial), $10,2 - 15,4 \times 10^6$ cel/mL (fase estacionária) e $2,0 - 4,2 \times 10^6$ cel/mL (fase senescente) para *C. silvestrii*. Células livres de *Microcystis* (*M. aeruginosa*, *M. panniformis* e *M. protocystis*) e *Pseudanabaena mucicola* foram as cianobactérias dominantes nas florações dos reservatórios de Barra Bonita e células livres de *Microcystis* (*M. aeruginosa* e *M. panniformis*), no de Promissão. A dominância das cianobactérias em ambos os reservatórios pode estar relacionada a períodos de estabilidade da coluna de água, razões N/P de 8 – 13 (Barra Bonita) e 19 – 20 (Promissão) na superfície, temperatura da água de 19 – 30°C (Barra Bonita) e 26 – 28°C (Promissão) e disponibilidade de nutrientes (0,05 – 0,26 mg/L de fósforo total para Barra Bonita e 0,01 – 0,05 mg/L P-total para Promissão), devido ao grau de trofia dos

reservatórios. A água de ambos os reservatórios, coletada durante as florações, apresentou toxicidade aos dafnídeos, sendo que a água de Barra Bonita foi mais tóxica do que a de Promissão. Todos os extratos brutos de material oriundo das florações naturais apresentaram microcistinas (239 – 1647 µg/L para Barra Bonita e 192 – 1295 µg/L para Promissão) e causaram toxicidade aguda aos dafnídeos, com valores de CE50;48h de: 87 – 282 mg/L (Barra Bonita) e 146 – 428 mg/L (Promissão) para *C. dubia*, e 98 – 546 mg/L (Barra Bonita) e 110 – 391 mg/L (Promissão) para *C. silvestrii*. Concentrações dos extratos a partir de 80 mg/L (Barra Bonita) e 100 mg/L (Promissão) afetaram adversamente a sobrevivência e a reprodução dos dafnídeos. Os resultados mostram riscos à biota natural e à saúde humana, bem como comprometimento dos usos múltiplos dos reservatórios, exigindo ações remediadoras e, sobretudo, preventivas para conter o processo de eutrofização.

Palavras-chave: cianobactérias; *Microcystis*; linhagem NPLJ-4; microcistinas; extratos brutos; fitoplâncton; testes de toxicidade; dafnídeos.

ABSTRACT

TAKENAKA, R.A. **Toxicity evaluation of *Microcystis aeruginosa* cultures and natural cyanobacteria blooms from reservoirs of Tietê River, SP.** 2007. 330p. Thesis (Doctoral) – School of Engineering of São Carlos, University of São Paulo, São Carlos, 2007.

The effects of cyanobacteria upon aquatic organisms were evaluated, aiming to characterize and quantify the toxins of both, a monospecific cyanobacterial culture and material from natural blooms occurring in the reservoirs of Tietê River, SP. The already known toxic strain NPLJ-4 of *Microcystis aeruginosa* was cultured in ASM-1 medium at 25°C and 12h light/12h dark in the incubator, in order to evaluate its toxicity at different stages of the culture growth by ecotoxicological tests using the cladocerans *Ceriodaphnia dubia* and *C. silvestrii* as test-organisms. These tests were carried out according to the procedures standardized by ABNT, in order to evaluate also the toxicity of natural blooms and the efficiency of different water treatment processes in removing cells, microcystins and by-products of cyanobacteria. The results obtained indicated an increase in the concentration of microcystins along the cyanobacterial culture growth. Extracts from the stationary phase of the culture were less toxic compared with those from the other phases which had acute toxicity and adversely affected cladoceran survival, resulting in EC_{50;48h} values of $1,4 - 4,7 \times 10^6$ cells/mL (middle exponential phase), $1,6 - 8,7 \times 10^6$ cells/mL (final exponential phase), $7,5 - 14,1 \times 10^6$ cells/mL (stationary phase) and $1,9 - 4,6 \times 10^6$ cells/mL (senescent phase) for *C. dubia*; and $1,9 - 5,4 \times 10^6$ cells/mL (middle exponential phase), $1,6 - 10,9 \times 10^6$ cells/mL (final exponential phase), $10,2 - 15,4 \times 10^6$ cells/mL (stationary phase) and $2,0 - 4,2 \times 10^6$ cells/mL (senescent phase) for *C. silvestrii*. Cells of *Microcystis* (*Microcystis aeruginosa*, *M. panniformis* and *M. protocystis*) and *Pseudanabaena mucicola* were cyanobacteria species dominant in the Barra Bonita reservoir and cells of *Microcystis* (*M. aeruginosa* and *M. panniformis*), in the Promissão reservoir. The dominance of cyanobacteria in both studied reservoirs was related to the stability of the water column, N/P ratios of 8 to 13 (Barra Bonita) and 19 to 20 (Promissão), high water temperatures (19 – 30°C for Barra Bonita and 26 – 28°C for Promissão) and high nutrient availability (0,05 – 0,26 mg/L total phosphorus for Barra Bonita, and 0,01 – 0,05 mg/L total P for Promissão) as a consequence of the trophic state of the reservoirs. The water from Barra Bonita reservoir during the cyanobacterial blooms was more toxic

to daphnids than that from Promissão reservoir. Crude extracts from all cyanobacteria blooms tested presented microcystins (239 – 1647 µg/L for Barra Bonita and 192 – 1295 µg/L for Promissão) and caused acute toxicity to daphnids, resulting in EC₅₀;48h values of 87 – 282 mg/L (Barra Bonita) and 146 – 428 mg/L (Promissão) for *C. dubia*, and 98 – 546 mg/L (Barra Bonita) and 110 – 391 mg/L (Promissão) for *C. silvestrii*. Crude extracts concentrations above 80 mg/L to Barra Bonita and 100 mg/L to Promissão adversely affected the survival and reproduction of daphnids. The results obtained evidenced the risks to the natural biota and possibly to the human health, and can therefore jeopardize the multiple uses of the reservoirs. They reveal the urgent necessity for remedial action, particularly to slow down and to prevent eutrophication.

Keywords: cyanobacteria; *Microcystis*; NPLJ-4 strain; microcystins; crude extracts; phytoplankton; toxicity tests; daphnids.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1	Mapa do Estado de São Paulo, apresentando os reservatórios do sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê, com destaque (*) para os de Barra Bonita e Promissão.....	16
Figura 1.2	Vista geral do ponto de coleta nos reservatórios de Barra Bonita (a) e Promissão (b), Médio rio Tietê, SP.....	19
Figura 1.3	Perfil de pH na coluna de água dos reservatórios de Barra Bonita e Promissão, Médio rio Tietê, SP, em diferentes datas de 2006, durante florações de cianobactérias.....	25
Figura 1.4	Perfil de condutividade elétrica na coluna de água dos reservatórios de Barra Bonita e de Promissão, Médio rio Tietê, SP, em diferentes datas de 2006, durante florações de cianobactérias.....	26
Figura 1.5	Perfil de temperatura na coluna de água dos reservatórios de Barra Bonita e Promissão, Médio rio Tietê, SP, em diferentes datas de 2006, durante a ocorrência de florações de cianobactérias.....	27
Figura 1.6	Perfil da concentração de oxigênio dissolvido (OD) na coluna de água dos reservatórios de Barra Bonita e Promissão, Médio rio Tietê, SP, em diferentes datas de 2006, durante a ocorrência de florações de cianobactérias.....	29
Figura 1.7	Concentrações de sólidos suspensos totais (SST) para as amostras de água, coletadas em diferentes profundidades nos reservatórios de Barra Bonita e de Promissão, Médio rio Tietê, SP, em diferentes datas de 2006, durante a ocorrência de florações de cianobactérias.....	31
Figura 1.8	Contribuição dos sólidos suspensos fixos (SSF) e voláteis (SSV) na composição dos sólidos suspensos totais (SST) para as amostras de água coletadas em diferentes profundidades no reservatório de Barra Bonita, Médio rio Tietê, SP, em diferentes datas em 2006, durante florações de cianobactérias.....	32
Figura 1.9	Contribuição dos sólidos suspensos fixos (SSF) e voláteis (SSV) na composição dos sólidos suspensos totais (SST) para as amostras de água coletadas em diferentes profundidades no reservatório de Promissão, Médio rio Tietê, SP, em diferentes datas de 2006, durante florações de cianobactérias.....	33
Figura 1.10	Profundidade, transparência da água e limite da zona eufótica (Zeu) para os reservatórios de Barra Bonita e Promissão, Médio rio Tietê, SP, em diferentes datas de 2006, durante florações de cianobactérias.....	34
Figura 1.11	Concentrações de silicato para as amostras de água coletadas em diferentes profundidades nos reservatórios de Barra Bonita e Promissão, rio Tietê, SP, em diferentes datas de 2006, durante florações de cianobactérias.....	35
Figura 1.12	Concentrações de nitrito, nitrato e amônio para as amostras de água coletadas em diferentes profundidades nos reservatórios de Barra Bonita e Promissão, Médio rio Tietê, SP, em diferentes datas de 2006, durante florações de cianobactérias.....	36

Figura 1.13	Concentrações de nitrogênio total para as amostras de água coletadas em diferentes profundidades dos reservatórios de Barra Bonita e Promissão, Médio rio Tietê, SP, em diferentes datas de 2006, durante florações de cianobactérias.....	39
Figura 1.14	Concentrações de fosfato inorgânico dissolvido e fosfato total para as amostras de água coletadas em diferentes profundidades dos reservatórios de Barra Bonita e de Promissão, Médio rio Tietê, SP, em diferentes datas de 2006, durante florações de cianobactérias.....	40
Figura 1.15	Concentrações de fósforo total para as amostras de água coletadas em diferentes profundidades nos reservatórios de Barra Bonita e Promissão, Médio rio Tietê, SP, em diferentes datas de 2006, durante florações de cianobactérias.....	41
Figura 1.16	Número de táxons por classe fitoplanctônica para as amostras coletadas em diferentes profundidades nos reservatórios de Barra Bonita e Promissão, Médio rio Tietê, SP, em diferentes datas de 2006, durante a ocorrência de florações de cianobactérias.....	45
Figura 1.17	Abundância relativa das classes fitoplanctônicas para as amostras coletadas em diferentes profundidades nos reservatórios de Barra Bonita e Promissão, Médio rio Tietê, SP, em diferentes datas de 2006, durante a ocorrência de florações de cianobactérias.....	47
Figura 1.18	Densidade das classes fitoplanctônicas para as amostras coletadas em diferentes profundidades no reservatório de Barra Bonita, Médio rio Tietê, SP, em diferentes datas de 2006, durante a ocorrência de florações de cianobactérias.....	49
Figura 1.19	Densidade das classes fitoplanctônicas para as amostras coletadas em diferentes profundidades, do reservatório de Promissão, Médio rio Tietê, SP, durante a ocorrência de florações de cianobactérias, em 2006.....	51
Figura 1.20	Densidade e abundância relativa das espécies de cianobactérias para as amostras coletadas no dia 03/03/2006, em diferentes profundidades, no reservatório de Barra Bonita, Médio rio Tietê, SP.....	54
Figura 1.21	Densidade e abundância relativa das espécies de cianobactérias para as amostras coletadas no dia 14/03/2006, em diferentes profundidades, no reservatório de Barra Bonita, Médio rio Tietê, SP.....	55
Figura 1.22	Densidade e abundância relativa das espécies de cianobactérias para as amostras coletadas no dia 15/07/2006, em diferentes profundidades, no reservatório de Barra Bonita, Médio rio Tietê, SP.....	57
Figura 1.23	Densidade e abundância relativa das espécies de cianobactérias para as amostras coletadas no dia 08/03/2006, em diferentes profundidades, no reservatório de Promissão, Médio rio Tietê, SP.....	58
Figura 1.24	Densidade e abundância relativa das espécies de cianobactérias para as amostras coletadas no dia 17/03/2006, em diferentes profundidades, no reservatório de Promissão, Médio rio Tietê, SP.....	59
Figura 1.25	Riqueza e diversidade de espécies (H') para as amostras de água coletadas nos reservatórios de Barra Bonita e de Promissão, Médio rio Tietê, SP, em diferentes datas de 2006, durante a ocorrência de florações de cianobactérias.....	60

Figura 1.26	Concentração de clorofila- <i>a</i> e de feofitina para as amostras de água coletadas em diferentes profundidades nos reservatórios de Barra Bonita e Promissão, Médio rio Tietê, SP, em diferentes datas de 2006, durante a ocorrência de florações de cianobactérias.....	63
Figura 1.27	Relação entre densidade de cianobactérias e razão nitrogênio total/fósforo total (NT/PT) para as amostras de água coletadas em diferentes profundidades no reservatório de Barra Bonita, Médio rio Tietê, SP, em diferentes datas de 2006, durante a ocorrência de florações de cianobactérias.....	65
Figura 1.28	Relação entre densidade de cianobactérias e razão nitrogênio total/fósforo total (NT/PT) para as amostras de água coletadas em diferentes profundidades no reservatório de Promissão, Médio rio Tietê, SP, em 08 e 17/03/2006, durante a ocorrência de florações de cianobactérias.....	66
Figura 2.1	(a) Formação de nata por floração de cianobactérias em margem do reservatório de Barra Bonita. (b) Arrasto com rede de plâncton para concentração de floração de cianobactérias no reservatório de Promissão, Médio rio Tietê, SP.....	79
Figura 2.2	Fêmeas de (a) <i>Ceriodaphnia dubia</i> Richard e (b) <i>Ceriodaphnia silvestrii</i> Daday.....	81
Figura 2.3	Vista geral do cultivo da alga clorofícea <i>Pseudokirchneriella subcapitata</i> e, em detalhe, vista das células sob microscopia óptica.....	82
Figura 2.4	Vista geral dos recipientes-teste durante a realização de testes de toxicidade aguda para dafinídeos com extrato bruto de florações de cianobactérias coletadas no reservatório de Barra Bonita em 03/03/2006 (a), 14/03/2006 (b) e 15/07/2006 (c); e no reservatório de Promissão em 08/03/2006 (d) e 17/03/2006 (e).....	85
Figura 2.5	Faixa de sensibilidade dos dafinídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> (Crustacea, Cladocera) ao cloreto de sódio (NaCl).....	91
Figura 2.6	Percentagem de imobilidade dos dafinídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> (Crustacea, Cladocera) após 48 h de exposição a amostras de água coletadas em diferentes profundidades nos reservatórios de Barra Bonita e Promissão, Médio rio Tietê, SP, em diferentes datas de 2006, durante a ocorrência de florações de cianobactérias.....	94
Figura 2.7	Valores de CE50;24h e CE50;48h para os dafinídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> (Crustacea, Cladocera) nos testes de toxicidade aguda com os extratos brutos de florações de cianobactérias coletadas em diferentes datas de 2006 nos reservatórios de Barra Bonita e Promissão, Médio rio Tietê, SP.....	99
Figura 2.8	Concentrações de microcistinas totais dos extratos brutos de cianobactérias dos reservatórios de Barra Bonita e Promissão, Médio rio Tietê, SP, e respectivos valores de CE50;48h para <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> (Crustacea, Cladocera).....	102
Figura 2.9	Percentagem de sobrevivência dos dafinídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> (Crustacea, Cladocera) durante testes de toxicidade crônica (8 dias) com extratos brutos de floração de cianobactérias do reservatório de Barra Bonita, no Médio rio Tietê, SP, coletada em 03/03/2006.....	105

Figura 2.10	Percentagem de sobrevivência dos dafinídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> (Crustacea, Cladocera) durante testes de toxicidade crônica (8 dias) com extratos brutos de floração de cianobactérias do reservatório de Barra Bonita, Médio rio Tietê, SP, coletada em 14/03/2006.....	106
Figura 2.11	Percentagem de sobrevivência dos dafinídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> (Crustacea, Cladocera) durante testes de toxicidade crônica (8 dias) com extratos brutos de floração de cianobactérias do reservatório de Promissão, Médio rio Tietê, SP, coletada em 08/03/2006.....	107
Figura 2.12	Percentagem de sobrevivência dos dafinídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> (Crustacea, Cladocera) durante testes de toxicidade crônica (8 dias) com extratos brutos de floração de cianobactérias do reservatório de Promissão, Médio rio Tietê, SP, coletada em 17/03/2006.....	108
Figura 2.13	Número médio de neonatas produzidas pelos dafinídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> (Crustacea, Cladocera) durante testes de toxicidade crônica (8 dias) com extratos brutos de florações de cianobactérias do reservatório de Barra Bonita, Médio rio Tietê, SP, coletadas em 03/03/06 e 14/03/06.....	109
Figura 2.14	Número médio de neonatas produzidas pelos dafinídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> (Crustacea, Cladocera) durante testes de toxicidade crônica (8 dias) com extratos brutos de cianobactérias do reservatório de Promissão, Médio rio Tietê, SP, coletadas em 08/03/06 e 17/03/06.....	110
Figura 2.15	Pessoas pescando (a) e peixe morto (b) às margens do reservatório de Barra Bonita, Médio rio Tietê, SP, durante floração de cianobactérias.....	115
Figura 3.1	Aspecto geral de células e colônia da linhagem NPLJ-4 de <i>Microcystis aeruginosa</i> , quando mantida sob (a) aeração constante e (b) agitação manual.....	126
Figura 3.2	Faixa de sensibilidade dos dafinídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> (Crustacea, Cladocera) ao dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$).....	133
Figura 3.3	Curva de crescimento da linhagem NPLJ-4 de <i>Microcystis aeruginosa</i> em meio ASM-1, temperatura de 23 a 25°C e fotoperíodo de 12h claro/12h escuro.....	134
Figura 3.4	Densidades de culturas da linhagem NPLJ-4 de <i>Microcystis aeruginosa</i> em diferentes estágios de crescimento e concentrações de microcistinas totais de extratos das mesmas.....	135
Figura 3.5	Valores de CE50;48h obtidos para os dafinídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> (Crustacea, Cladocera) nos testes de toxicidade aguda (1 – 6) com os extratos brutos de culturas da linhagem NPLJ-4 de <i>Microcystis aeruginosa</i> no meio e no final da fase exponencial de crescimento.....	138
Figura 3.6	Valores de CE50;48h obtidos para os dafinídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> (Crustacea, Cladocera) nos testes de toxicidade aguda (1 – 6) com os extratos brutos de culturas da linhagem NPLJ-4 de <i>Microcystis aeruginosa</i> nas fases estacionária e senescente.....	139
Figura 3.7	Densidades de culturas da linhagem NPLJ-4 de <i>Microcystis aeruginosa</i> em diferentes estágios de crescimento e respectivos valores de CE50;48h para <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> (Crustacea, Cladocera).....	140

Figura 3.8	Concentrações de microcistinas totais dos extratos brutos de culturas da linhagem NPLJ-4 de <i>Microcystis aeruginosa</i> em diferentes estágios de crescimento e respectivos valores de CE50;48h para <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> (Crustacea, Cladocera).....	141
Figura 3.9	Percentagem de sobrevivência dos dafnídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> (Crustacea, Cladocera) durante testes de toxicidade crônica (8 dias) com extratos brutos de culturas da linhagem NPLJ-4 de <i>Microcystis aeruginosa</i> no final da fase exponencial de crescimento.....	145
Figura 3.10	Percentagem de sobrevivência dos dafnídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> (Crustacea, Cladocera) durante testes de toxicidade crônica (8 dias) com extratos brutos de culturas da linhagem NPLJ-4 de <i>Microcystis aeruginosa</i> na fase senescente de crescimento.....	146
Figura 3.11	Número médio de neonatas produzidas pelos dafnídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> (Crustacea, Cladocera) durante testes de toxicidade crônica (8 dias) com extratos brutos de culturas da linhagem NPLJ-4 de <i>Microcystis aeruginosa</i> no final da fase exponencial e na fase senescente de crescimento.....	147
Figura 4.1	Espécime adulto de <i>Danio rerio</i> (Teleostei, Cyprinidae).....	167
Figura 4.2	Aquários utilizados no sistema de biomonitoramento por alerta precoce com a espécie de peixe <i>Danio rerio</i> nos ensaios na instalação piloto – IP.	168
Figura 4.3	Percentagem de imobilidade dos dafnídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> (Crustacea, Cladocera) após 48 h de exposição aos efluentes dos ensaios 1 e 2 da série A de avaliação da dosagem de coagulante.....	170
Figura 4.4	Percentagem de imobilidade dos dafnídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> (Crustacea, Cladocera) após 48 horas de exposição aos efluentes dos ensaios 3 e 4 da série B.....	171
Figura 4.5	Percentagem de imobilidade de <i>Daphnia similis</i> (Crustacea, Cladocera), após 48 horas de exposição aos efluentes dos ensaios 8, 9 e 10 das séries D, E e F, respectivamente.....	172
Figura 4.6	Percentagem de imobilidade dos dafnídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> após 48 h de exposição aos efluentes de cada processo de tratamento em diferentes tempos de amostragem do Ensaio I-IP.....	173
Figura 4.7	Percentagem de imobilidade dos dafnídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> após 48 h de exposição aos efluentes de cada processo de tratamento em diferentes tempos de amostragem do Ensaio II-IP.....	174
Figura 4.8	Percentagem de imobilidade dos dafnídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> após 48 h de exposição aos efluentes de cada processo de tratamento em diferentes tempos de amostragem do Ensaio III-IP.....	174
Figura 4.9	Percentagem de imobilidade dos dafnídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> após 48 h de exposição aos efluentes de cada processo de tratamento em diferentes tempos de amostragem do Ensaio IV-IP.....	175
Figura 4.10	Percentagem de imobilidade dos dafnídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> após 48 h de exposição aos efluentes de cada processo de tratamento em diferentes tempos de amostragem do Ensaio V-IP.....	176
Figura 4.11	Percentagem de imobilidade dos dafnídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> após 48 h de exposição aos efluentes de cada processo de tratamento em diferentes tempos de amostragem do Ensaio VI-IP.....	177

Figura 4.12	Percentagem de imobilidade dos dafinídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> após 48 h de exposição aos efluentes de cada processo de tratamento em diferentes tempos de amostragem do Ensaio VII-IP.....	178
Figura 4.13	Percentagem de imobilidade dos dafinídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> após 48 h de exposição aos efluentes de cada processo de tratamento em diferentes tempos de amostragem do Ensaio VIII-IP.....	179
Figura 4.14	Percentagem de imobilidade de <i>Ceriodaphnia silvestrii</i> após 48 h de exposição aos efluentes de processos de tratamento em diferentes tempos de amostragens dos ensaios V, VI, VII e VIII-IP, antes e após ajuste da dureza.....	183
Figura A1	Esquema geral da instalação piloto – IP, contendo as adaptações realizadas.....	305
Figura A2	Sistemas de tratamento utilizados nos ensaios para avaliação da remoção de células e subprodutos de <i>Microcystis</i> spp., cujos efluentes foram testados por meio de testes de toxicidade aguda com dafinídeos e de biomonitoramento com peixes.....	306
Figura A3	Densidade de <i>Microcystis</i> spp. ($E+0x = 10^x$) após cada processo de tratamento para diferentes tempos de amostragem do Ensaio I-IP.....	308
Figura A4	Concentração de microcistinas - MCs extracelulares na água de estudo e nos efluentes de cada processo de tratamento para diferentes tempos de amostragem do Ensaio I-IP.....	309
Figura A5	Concentração de subprodutos da oxidação – SPOs formados na água de estudo e nos efluentes de cada processo de tratamento para amostragem de 6 h do Ensaio I-IP.....	309
Figura A6	Densidade de <i>Microcystis</i> spp. ($E+0x = 10^x$) na água de estudo e nos efluentes de cada processo de tratamento para diferentes tempos de amostragem do Ensaio II-IP.....	311
Figura A7	Concentração de microcistinas - MCs extracelulares na água de estudo e nos efluentes de cada processo de tratamento para diferentes tempos de amostragem do Ensaio II-IP.....	312
Figura A8	Concentração de subprodutos da oxidação – SPOs formados na água de estudo e nos efluentes de cada processo de tratamento para amostragem de 6 h do Ensaio II-IP.....	312
Figura A9	Densidade de <i>Microcystis</i> spp. ($E+0x = 10^x$) na água de estudo e nos efluentes de cada processo de tratamento para diferentes tempos de amostragem do Ensaio III-IP.....	314
Figura A10	Concentração de microcistinas - MCs extracelulares na água de estudo e nos efluentes de cada processo de tratamento para diferentes tempos de amostragem do Ensaio III-IP.....	315
Figura A11	Concentração de subprodutos da oxidação – SPOs formados na água de estudo e nos efluentes de cada processo de tratamento para amostragem de 6 h do Ensaio III-IP.....	315
Figura A12	Densidade de <i>Microcystis</i> spp. ($E+0x = 10^x$) na água de estudo e nos efluentes de cada processo de tratamento para diferentes tempos de amostragem do Ensaio IV-IP.....	317

Figura A13	Concentração de microcistinas - MCs extracelulares na água de estudo e nos efluentes de cada processo de tratamento para diferentes tempos de amostragem do Ensaio IV-IP.....	318
Figura A14	Concentração de subprodutos da oxidação – SPOs formados na água de estudo e nos efluentes de cada processo de tratamento para amostragem de 6 h do Ensaio IV-IP.....	318
Figura A15	Densidade de <i>Microcystis</i> spp. ($E+0x = 10^x$) na água de estudo e nos efluentes de cada processo de tratamento para diferentes tempos de amostragem do Ensaio V-IP.....	320
Figura A16	Concentração de microcistinas - MCs extracelulares na água de estudo e nos efluentes de cada processo de tratamento para diferentes tempos de amostragem do Ensaio V-IP.....	321
Figura A17	Concentração de subprodutos da oxidação – SPOs formados na água de estudo e nos efluentes de cada processo de tratamento para amostragem de 6 h do Ensaio V-IP.....	321
Figura A18	Densidade de <i>Microcystis</i> spp. ($E+0x = 10^x$) na água de estudo e nos efluentes de cada processo de tratamento para diferentes tempos de amostragem do Ensaio VI-IP.....	323
Figura A19	Concentração de subprodutos da oxidação – SPOs formados na água de estudo e nos efluentes de cada processo de tratamento para amostragem de 6 h do Ensaio VI-IP.....	324
Figura A20	Densidade de <i>Microcystis</i> spp. ($E+0x = 10^x$) na água de estudo e nos efluentes de cada processo de tratamento para diferentes tempos de amostragem do Ensaio VII-IP.....	326
Figura A21	Concentração de subprodutos da oxidação – SPOs formados na água de estudo e nos efluentes de cada processo de tratamento para amostragem de 6 h do Ensaio VII-IP.....	327
Figura A22	Densidade de <i>Microcystis</i> spp. ($E+0x = 10^x$) na água de estudo e nos efluentes de cada processo de tratamento para diferentes tempos de amostragem do Ensaio VIII-IP.....	329
Figura A23	Concentração de subprodutos da oxidação – SPOs formados na água de estudo e nos efluentes de cada processo de tratamento para amostragem de 6 h do Ensaio VIII-IP.....	330

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1	Características morfométricas dos reservatórios de Barra Bonita e Promissão, Médio rio Tietê, SP.....	17
Tabela 1.2	Condições na realização das coletas nos reservatórios de Barra Bonita e Promissão, Médio rio Tietê, SP.....	18
Tabela 1.3	Características físicas, químicas e biológicas, e respectivos métodos de análise para as amostras de água coletadas nos reservatórios de Barra Bonita e de Promissão, Médio rio Tietê, SP.....	20
Tabela 1.4	Faixas de valores para os índices de estado trófico (IET) de Carlson modificados por Toledo (1990) e por Lamparelli (2004) e níveis de estado trófico correspondentes.....	22
Tabela 1.5	Valores de índice de estado trófico (IET) e níveis tróficos correspondentes para os reservatórios de Barra Bonita e Promissão, Médio rio Tietê, SP, pela aplicação do índice de Carlson modificado por Toledo (1990) e Lamparelli (2004).....	42
Tabela 1.6	Condições e padrões de qualidade estabelecidos pela Resolução CONAMA nº. 357/2005 para águas de Classe 2 e valores encontrados na superfície da água dos reservatórios de Barra Bonita e de Promissão, Médio rio Tietê, SP, em diferentes datas de 2006, durante a ocorrência de florações de cianobactérias.....	68
Tabela 1.7	Medidas de pH, condutividade elétrica, concentração de oxigênio dissolvido e temperatura da água, realizadas <i>in situ</i> , de 0,5 em 0,5 m, utilizando o multisensor Horiba, modelo U10, no reservatório de Barra Bonita, Médio rio Tietê, SP, nos dias 03 e 14/03/2006 e 15/07/2006.....	216
Tabela 1.8	Medidas de pH, condutividade elétrica, concentração de oxigênio dissolvido e temperatura da água, realizadas <i>in situ</i> , de 0,5 em 0,5 m, utilizando o multisensor Horiba, modelo U10, no reservatório de Promissão, Médio rio Tietê, SP, nos dias 08 e 17/03/2006.....	217
Tabela 1.9	Distribuição e densidade (ind/mL) dos táxons das classes da comunidade fitoplanctônica para amostras coletadas em diferentes profundidades no reservatório de Barra Bonita, Médio rio Tietê, SP, no dia 03/03/2006.....	218
Tabela 1.10	Distribuição e densidade (ind/mL) dos táxons das classes da comunidade fitoplanctônica para amostras coletadas em diferentes profundidades no reservatório de Barra Bonita, Médio rio Tietê, SP, no dia 14/03/2006.....	220
Tabela 1.11	Distribuição e densidade (ind/mL) dos táxons, por classes da comunidade fitoplanctônica para amostras coletadas em diferentes profundidades no reservatório de Barra Bonita, Médio rio Tietê, SP, no dia 15/07/2006.....	221
Tabela 1.12	Distribuição e densidade (ind/mL) dos táxons das classes da comunidade fitoplanctônica para amostras coletadas em diferentes profundidades no reservatório de Promissão, Médio rio Tietê, SP, no dia 08/03/2006.....	222
Tabela 1.13	Distribuição e densidade (ind/mL) dos táxons das classes da comunidade fitoplanctônica para amostras coletadas em diferentes profundidades no reservatório de Promissão, Médio rio Tietê, SP, no dia 17/03/2006.....	223

Tabela 2.1	Concentrações utilizadas nos testes de toxicidade crônica para os dafinídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> (Crustacea, Cladocera) com extrato bruto de florações de cianobactérias oriundas dos reservatórios de Barra Bonita e Promissão, Médio rio Tietê, SP.....	87
Tabela 2.2	Concentração de microcistinas totais de extratos brutos de cianobactérias dos reservatórios de Barra Bonita e Promissão, Médio rio Tietê, SP, em alguns estudos realizados.....	92
Tabela 2.3	Valores de CE50;48h para <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> (Crustacea, Cladocera) expostas a extratos brutos de cianobactérias do reservatório de Barra Bonita, Médio rio Tietê, SP, em alguns trabalhos realizados.....	100
Tabela 2.4	Valores de CE50;48h para <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> (Crustacea, Cladocera) expostas a extratos brutos de cianobactérias do reservatório de Promissão, Médio rio Tietê, SP, em alguns trabalhos realizados.....	101
Tabela 2.5	Significância estatística da percentagem de sobrevivência e do número médio de neonatas vivas produzidas pelos dafinídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> (Crustacea, Cladocera) durante os testes de toxicidade crônica (8 dias) com extratos brutos de florações de cianobactérias dos reservatórios de Barra Bonita e Promissão, Médio rio Tietê, SP, coletadas em diferentes datas de 2006.....	111
Tabela 2.6	Valores da concentração efetiva mediana – CE50;48h de cloreto de sódio (NaCl) obtidos nos testes de sensibilidade para os dafinídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> (Crustacea, Cladocera).....	225
Tabela 2.7	Percentagem de imobilidade para os dafinídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> (Crustacea, Cladocera) expostos a amostras de água de diferentes profundidades coletadas no reservatório de Barra Bonita, Médio Tietê, SP, durante florações de cianobactérias, e valores de pH, condutividade elétrica e dureza monitorados durante o teste de toxicidade aguda (48 horas).....	226
Tabela 2.8	Percentagem de imobilidade para os dafinídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> (Crustacea, Cladocera) expostos a amostras de água de diferentes profundidades coletadas no reservatório de Barra Bonita, Médio Tietê, SP, durante florações de cianobactérias, e valores de pH, condutividade elétrica e dureza monitorados durante o teste de toxicidade aguda (48 horas).....	227
Tabela 2.9	Percentagem de imobilidade para os dafinídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> (Crustacea, Cladocera) expostos a amostras de água de diferentes profundidades coletadas no reservatório de Promissão, Médio Tietê, SP, durante florações de cianobactérias, e valores de pH, condutividade elétrica e dureza monitorados durante o teste de toxicidade aguda (48 horas).....	228
Tabela 2.10	Percentagem de imobilidade e valores de CE50;24h e 48h para os dafinídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> (Crustacea, Cladocera) expostos a diferentes concentrações de extrato bruto de floração de cianobactérias coletada em 03/03/06 no reservatório de Barra Bonita, Médio rio Tietê, SP, e valores de pH, condutividade elétrica e dureza monitorados durante o teste de toxicidade aguda.....	229

Tabela 2.11	Percentagem de imobilidade e valores de CE50;24h e 48h para os dafnídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> (Crustacea, Cladocera) expostos a diferentes concentrações de extrato bruto de floração de cianobactérias coletada em 03/03/06 no reservatório de Barra Bonita, Médio rio Tietê, SP, e valores de pH, condutividade elétrica e dureza monitorados durante o teste de toxicidade aguda.....	230
Tabela 2.12	Percentagem de imobilidade e valores de CE50;24h e 48h para os dafnídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> (Crustacea, Cladocera) expostos a diferentes concentrações de extrato bruto de floração de cianobactérias coletada em 03/03/06 no reservatório de Barra Bonita, Médio rio Tietê, SP, e valores de pH, condutividade elétrica e dureza monitorados durante o teste de toxicidade aguda.....	231
Tabela 2.13	Percentagem de imobilidade e valores de CE50;24h e 48h para os dafnídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> (Crustacea, Cladocera) expostos a diferentes concentrações de extrato bruto de floração de cianobactérias coletada em 03/03/06 no reservatório de Barra Bonita, Médio rio Tietê, SP, e valores de pH, condutividade elétrica e dureza monitorados durante o teste de toxicidade aguda.....	232
Tabela 2.14	Percentagem de imobilidade e valores de CE50;24h e 48h (mg/L) para o dafnídeo <i>Ceriodaphnia silvestrii</i> (Crustacea, Cladocera) exposto a extrato bruto de floração de cianobactérias coletada em 03/03/06 no reservatório de Barra Bonita, Médio rio Tietê, SP, e valores de pH, condutividade elétrica e dureza monitorados durante o teste de toxicidade aguda.....	233
Tabela 2.15	Percentagem de imobilidade e valores de CE50;24h e 48h para os dafnídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> (Crustacea, Cladocera) expostos a diferentes concentrações de extrato bruto de floração de cianobactérias, coletada em 14/03/06 no reservatório de Barra Bonita, Médio rio Tietê, SP, e valores de pH, condutividade elétrica e dureza, monitorados durante o teste de toxicidade aguda.....	234
Tabela 2.16	Percentagem de imobilidade e valores de CE50;24h e 48h para os dafnídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> (Crustacea, Cladocera) expostos a diferentes concentrações de extrato bruto de floração de cianobactérias, coletada em 14/03/06 no reservatório de Barra Bonita, Médio rio Tietê, SP, e valores de pH, condutividade elétrica e dureza, monitorados durante o teste de toxicidade aguda.....	235
Tabela 2.17	Percentagem de imobilidade e valores de CE50;24h e 48h para os dafnídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> (Crustacea, Cladocera) expostos a diferentes concentrações de extrato bruto de floração de cianobactérias, coletada em 14/03/06 no reservatório de Barra Bonita, Médio rio Tietê, SP, e valores de pH, condutividade elétrica e dureza, monitorados durante o teste de toxicidade aguda.....	236
Tabela 2.18	Percentagem de imobilidade e valores de CE50;24h e 48h para os dafnídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> (Crustacea, Cladocera) expostos a diferentes concentrações de extrato bruto de floração de cianobactérias, coletada em 14/03/06 no reservatório de Barra Bonita, Médio rio Tietê, SP, e valores de pH, condutividade elétrica e dureza, monitorados durante o teste de toxicidade aguda.....	237

Tabela 2.19	Percentagem de imobilidade e valores de CE50;24h e 48h para o dafinídeo <i>Ceriodaphnia silvestrii</i> (Crustacea, Cladocera) exposto a diferentes concentrações de extrato bruto de floração de cianobactérias, coletada em 14/03/06 no reservatório de Barra Bonita, Médio rio Tietê, SP, e valores de pH, condutividade elétrica e dureza, monitorados durante o teste de toxicidade aguda.....	238
Tabela 2.20	Percentagem de imobilidade e valores de CE50;24h e 48h para os dafinídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> (Crustacea, Cladocera) expostos a diferentes concentrações de extrato bruto de floração de cianobactérias, coletada em 15/07/06 no reservatório de Barra Bonita, Médio rio Tietê, SP, e valores de pH, condutividade elétrica e dureza monitorados durante o teste de toxicidade aguda.....	239
Tabela 2.21	Percentagem de imobilidade e valores de CE50;24h e 48h para os dafinídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> (Crustacea, Cladocera) expostos a diferentes concentrações de extrato bruto de floração de cianobactérias, coletada em 15/07/06 no reservatório de Barra Bonita, Médio rio Tietê, SP, e valores de pH, condutividade elétrica e dureza monitorados durante o teste de toxicidade aguda.....	240
Tabela 2.22	Percentagem de imobilidade e valores de CE50;24h e 48h para os dafinídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> (Crustacea, Cladocera) expostos a diferentes concentrações de extrato bruto de floração de cianobactérias, coletada em 15/07/06 no reservatório de Barra Bonita, Médio rio Tietê, SP, e valores de pH, condutividade elétrica e dureza monitorados durante o teste de toxicidade aguda.....	241
Tabela 2.23	Percentagem de imobilidade e valores de CE50; 48h para os dafinídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> (Crustacea, Cladocera) expostos a diferentes concentrações de extrato bruto de floração de cianobactérias, coletada em 08/03/06 no reservatório de Promissão, Médio rio Tietê, SP, e valores de pH, condutividade elétrica e dureza monitorados durante o teste de toxicidade aguda.....	242
Tabela 2.24	Percentagem de imobilidade e valores de CE50; 48h para os dafinídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> (Crustacea, Cladocera) expostos a diferentes concentrações de extrato bruto de floração de cianobactérias, coletada em 08/03/06 no reservatório de Promissão, Médio rio Tietê, SP, e valores de pH, condutividade elétrica e dureza monitorados durante o teste de toxicidade aguda.....	243
Tabela 2.25	Percentagem de imobilidade e valores de CE50; 48h para os dafinídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> (Crustacea, Cladocera) expostos a diferentes concentrações de extrato bruto de floração de cianobactérias, coletada em 08/03/06 no reservatório de Promissão, Médio rio Tietê, SP, e valores de pH, condutividade elétrica e dureza monitorados durante o teste de toxicidade aguda.....	244
Tabela 2.26	Percentagem de imobilidade e valores de CE50; 48h para os dafinídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> (Crustacea, Cladocera) expostos a diferentes concentrações de extrato bruto de floração de cianobactérias, coletada em 08/03/06 no reservatório de Promissão, Médio rio Tietê, SP, e valores de pH, condutividade elétrica e dureza monitorados durante o teste de toxicidade aguda.....	245

Tabela 2.27	Percentagem de imobilidade e valores de CE50; 48h para os dafinídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> (Crustacea, Cladocera) expostos a diferentes concentrações de extrato bruto de floração de cianobactérias, coletada em 08/03/06 no reservatório de Promissão, Médio rio Tietê, SP, e valores de pH, condutividade elétrica e dureza monitorados durante o teste de toxicidade aguda.....	246
Tabela 2.28	Percentagem de imobilidade e valores de CE50; 48h para os dafinídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> (Crustacea, Cladocera) expostos a diferentes concentrações de extrato bruto de floração de cianobactérias, coletada em 17/03/06 no reservatório de Promissão, Médio rio Tietê, SP, e valores de pH, condutividade elétrica e dureza monitorados durante o teste de toxicidade aguda.....	247
Tabela 2.29	Percentagem de imobilidade e valores de CE50; 48h para os dafinídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> (Crustacea, Cladocera) expostos a diferentes concentrações de extrato bruto de floração de cianobactérias, coletada em 17/03/06 no reservatório de Promissão, Médio rio Tietê, SP, e valores de pH, condutividade elétrica e dureza monitorados durante o teste de toxicidade aguda.....	248
Tabela 2.30	Percentagem de imobilidade e valores de CE50; 48h para os dafinídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> (Crustacea, Cladocera) expostos a diferentes concentrações de extrato bruto de floração de cianobactérias, coletada em 17/03/06 no reservatório de Promissão, Médio rio Tietê, SP, e valores de pH, condutividade elétrica e dureza monitorados durante o teste de toxicidade aguda.....	249
Tabela 2.31	Percentagem de imobilidade e valores de CE50; 48h para os dafinídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> (Crustacea, Cladocera) expostos a diferentes concentrações de extrato bruto de floração de cianobactérias, coletada em 17/03/06 no reservatório de Promissão, Médio rio Tietê, SP, e valores de pH, condutividade elétrica e dureza monitorados durante o teste de toxicidade aguda.....	250
Tabela 2.32	Percentagem de imobilidade e valores de CE50; 48h para o dafinídeo <i>Ceriodaphnia silvestrii</i> (Crustacea, Cladocera) exposto a diferentes concentrações de extrato bruto de floração de cianobactérias, coletada em 17/03/06 no reservatório de Promissão, Médio rio Tietê, SP, e valores de pH, condutividade elétrica e dureza monitorados durante o teste de toxicidade aguda.....	251
Tabela 2.33	Número de neonatas produzidas por fêmeas dos dafinídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> (Crustacea, Cladocera), expostas ao extrato bruto de floração de cianobactérias coletada dia 03/03/06 no reservatório de Barra Bonita, Médio rio Tietê, SP, e valores de pH, condutividade elétrica, dureza e concentração de oxigênio dissolvido monitorados durante o teste de toxicidade crônica (8 dias).....	252
Tabela 2.34	Número de neonatas produzidas por fêmeas dos dafinídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> (Crustacea, Cladocera), expostas ao extrato bruto de floração de cianobactérias coletada dia 14/03/06 no reservatório de Barra Bonita, no Médio rio Tietê, SP, e valores de pH, condutividade elétrica, dureza e concentração de oxigênio dissolvido monitorados durante o teste de toxicidade crônica (8 dias).....	256

Tabela 2.35	Número de neonatas produzidas por fêmeas dos dafinídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> (Crustacea, Cladocera), expostas ao extrato bruto de floração de cianobactérias coletada dia 08/03/06 no reservatório de Promissão, Médio rio Tietê, SP, e valores de pH, condutividade elétrica e dureza monitorados durante o teste de toxicidade crônica (8 dias).....	260
Tabela 2.36	Número de neonatas produzidas por fêmeas dos dafinídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> (Crustacea, Cladocera), expostas ao extrato bruto de floração de cianobactérias coletada dia 17/03/06 no reservatório de Promissão, Médio rio Tietê, SP, e valores de pH, condutividade elétrica, dureza e concentração de oxigênio dissolvido monitorados durante o teste de toxicidade crônica (8 dias).....	263
Tabela 3.1	Concentrações de microcistinas totais de extratos brutos da linhagem NPLJ-4 de <i>Microcystis aeruginosa</i> em diferentes estágios de crescimento para diferentes culturas.....	135
Tabela 3.2	Significância estatística da percentagem de sobrevivência e do número médio de neonatas vivas produzidas pelos dafinídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> , durante os testes de toxicidade crônica (8 dias), com extratos de culturas da linhagem NPLJ-4 de <i>Microcystis aeruginosa</i> no final da fase exponencial e na fase senescente de crescimento.....	148
Tabela 3.3	Valores da concentração efetiva mediana – CE50;48h de dicromato de potássio (K ₂ Cr2O ₇) obtidos nos testes de sensibilidade para os dafinídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> (Crustacea, Cladocera).....	268
Tabela 3.4	Percentagem de imobilidade e valores de CE50;48h para os dafinídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> (Crustacea, Cladocera) expostos a extrato de cultura da linhagem tóxica NPLJ-4 de <i>Microcystis aeruginosa</i> no meio da fase exponencial, e valores de pH, condutividade elétrica e dureza monitorados durante o teste de toxicidade aguda.....	269
Tabela 3.5	Percentagem de imobilidade e valores de CE50;48h para os dafinídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> (Crustacea, Cladocera) expostos a extrato de cultura da linhagem tóxica NPLJ-4 de <i>Microcystis aeruginosa</i> no meio da fase exponencial, e valores de pH, condutividade elétrica e dureza monitorados durante o teste de toxicidade aguda	270
Tabela 3.6	Percentagem de imobilidade e valores de CE50;48h para os dafinídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> (Crustacea, Cladocera) expostos a extrato de cultura da linhagem tóxica NPLJ-4 de <i>Microcystis aeruginosa</i> no meio da fase exponencial, e valores de pH, condutividade elétrica e dureza monitorados durante o teste de toxicidade aguda.....	271
Tabela 3.7	Percentagem de imobilidade e valores de CE50;48h para os dafinídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> (Crustacea, Cladocera) expostos a extrato de cultura da linhagem tóxica NPLJ-4 de <i>Microcystis aeruginosa</i> no final da fase exponencial, e valores de pH, condutividade elétrica e dureza monitorados durante o teste de toxicidade aguda.....	272
Tabela 3.8	Percentagem de imobilidade e valores de CE50;48h para os dafinídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> (Crustacea, Cladocera) expostos a extrato de cultura da linhagem tóxica NPLJ-4 de <i>Microcystis aeruginosa</i> no final da fase exponencial, e valores de pH, condutividade elétrica e dureza monitorados durante o teste de toxicidade aguda.....	273

Tabela 3.9	Percentagem de imobilidade e valores de CE50;48h para os dafinídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> (Crustacea, Cladocera) expostos a extrato de cultura da linhagem tóxica NPLJ-4 de <i>Microcystis aeruginosa</i> no final da fase exponencial, e valores de pH, condutividade elétrica e dureza monitorados durante o teste de toxicidade aguda.....	274
Tabela 3.10	Percentagem de imobilidade e valores de CE50;48h para os dafinídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> (Crustacea, Cladocera) expostos a extrato de cultura da linhagem tóxica NPLJ-4 de <i>Microcystis aeruginosa</i> na fase estacionária, e valores de pH, condutividade elétrica e dureza monitorados durante o teste de toxicidade aguda.....	275
Tabela 3.11	Percentagem de imobilidade e valores de CE50;48h para os dafinídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> (Crustacea, Cladocera) expostos a extrato de cultura da linhagem tóxica NPLJ-4 de <i>Microcystis aeruginosa</i> na fase estacionária, e valores de pH, condutividade elétrica e dureza monitorados durante o teste de toxicidade aguda.....	276
Tabela 3.12	Percentagem de imobilidade e valores de CE50;48h para os dafinídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> (Crustacea, Cladocera) expostos a extrato de cultura da linhagem tóxica NPLJ-4 de <i>Microcystis aeruginosa</i> na fase estacionária, e valores de pH, condutividade elétrica e dureza monitorados durante o teste de toxicidade aguda.....	277
Tabela 3.13	Percentagem de imobilidade e valores de CE50;48h para os dafinídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> (Crustacea, Cladocera) expostos a extrato de cultura da linhagem tóxica NPLJ-4 de <i>Microcystis aeruginosa</i> na fase senescente, e valores de pH, condutividade elétrica e dureza monitorados durante o teste de toxicidade aguda.....	278
Tabela 3.14	Percentagem de imobilidade e valores de CE50;48h para os dafinídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> (Crustacea, Cladocera) expostos a extrato de cultura da linhagem tóxica NPLJ-4 de <i>Microcystis aeruginosa</i> na fase senescente, e valores de pH, condutividade elétrica e dureza monitorados durante o teste de toxicidade aguda.....	279
Tabela 3.15	Percentagem de imobilidade e valores de CE50;48h para os dafinídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> (Crustacea, Cladocera) expostos a extrato de cultura da linhagem tóxica NPLJ-4 de <i>Microcystis aeruginosa</i> na fase senescente, e valores de pH, condutividade elétrica e dureza monitorados durante o teste de toxicidade aguda	280
Tabela 3.16	Número de neonatas produzidas por fêmeas dos dafinídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> (Crustacea, Cladocera), expostas ao extrato de cultura da linhagem tóxica NPLJ-4 de <i>Microcystis aeruginosa</i> no final da fase exponencial, e valores de pH, condutividade elétrica e dureza monitorados durante o teste de toxicidade crônica (8 dias).....	281
Tabela 3.17	Número de neonatas produzidas por fêmeas dos dafinídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> (Crustacea, Cladocera), expostas ao extrato de cultura da linhagem tóxica NPLJ-4 de <i>Microcystis aeruginosa</i> na fase senescente, e valores de pH, condutividade elétrica, dureza e concentração de oxigênio dissolvido monitorados durante o teste de toxicidade crônica (8 dias).....	285
Tabela 4.1	Descrição dos ensaios de bancada, cujos efluentes foram analisados por meio de testes de toxicidade aguda com dafinídeos.....	163

Tabela 4.2	Sistemas de tratamento utilizados nos ensaios I a VIII realizados em instalação piloto – IP, cujos efluentes foram avaliados por meio de testes de toxicidade aguda com dafnídeos e de biomonitoramento com peixes...	165
Tabela 4.3	Observações de respostas locomotoras ou de mortalidade de indivíduos da espécie de peixe <i>Danio rerio</i> (Teleostei, Cyprinidae) durante os ensaios I a VI realizados em instalação piloto - IP.....	185
Tabela 4.4	Percentagem de imobilidade de <i>Ceriodaphnia dubia</i> – CD e <i>C. silvestrii</i> – CS (Crustacea, Cladocera) após 48 h de exposição à água de diluição – AD, água de estudo – AE e efluentes dos ensaios de bancada 1 e 2 da série A e valores das características físicas e químicas monitoradas durante o teste de toxicidade aguda.....	290
Tabela 4.5	Percentagem de imobilidade de <i>Ceriodaphnia dubia</i> – CD e <i>C. silvestrii</i> – CS (Crustacea, Cladocera) após 48 h de exposição à água de diluição – AD, água de estudo – AE e efluentes dos ensaios de bancada 3 e 4 da série B e valores das características físicas e químicas monitoradas durante o teste de toxicidade aguda.....	291
Tabela 4.6	Percentagem de imobilidade de <i>Daphnia similis</i> (Crustacea, Cladocera) após 48 h de exposição às águas de diluição – AD, águas de estudo – AE e efluentes dos ensaios de bancada 8, 9 e 10 das séries D, E e F, respectivamente, e valores das características físicas e químicas monitoradas durante o teste de toxicidade aguda.....	292
Tabela 4.7	Percentagem de imobilidade dos dafnídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> – CD e <i>C. silvestrii</i> – CS (Crustacea, Cladocera) expostos a AD, AE e efluentes do Ensaio I – IP (Instalação Piloto), e valores das características físicas e químicas monitoradas durante o teste de toxicidade aguda (48 horas).....	293
Tabela 4.8	Percentagem de imobilidade dos dafnídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> – CD e <i>C. silvestrii</i> – CS (Crustacea, Cladocera) expostos a AD, AE e efluentes do Ensaio II – IP (Instalação Piloto), e valores das características físicas e químicas monitoradas durante o teste de toxicidade aguda (48 horas).....	294
Tabela 4.9	Percentagem de imobilidade dos dafnídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> – CD e <i>C. silvestrii</i> – CS (Crustacea, Cladocera) expostos a AD, AE e efluentes do Ensaio III – IP (Instalação Piloto), e valores das características físicas e químicas monitoradas durante o teste de toxicidade aguda (48 horas).....	295
Tabela 4.10	Percentagem de imobilidade dos dafnídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> – CD e <i>C. silvestrii</i> – CS (Crustacea, Cladocera) expostos a AD, AE e efluentes do Ensaio IV – IP (Instalação Piloto), e valores das características físicas e químicas monitoradas durante o teste de toxicidade aguda (48 horas).....	296
Tabela 4.11	Percentagem de imobilidade dos dafnídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> – CD e <i>C. silvestrii</i> – CS (Crustacea, Cladocera) expostos a AD, AE e efluentes do Ensaio V – IP (Instalação Piloto), e valores das características físicas e químicas monitoradas durante o teste de toxicidade aguda (48 horas).....	297
Tabela 4.12	Percentagem de imobilidade dos dafnídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> – CD e <i>C. silvestrii</i> – CS (Crustacea, Cladocera) expostos a AD, AE e efluentes do Ensaio VI – IP (Instalação Piloto), e valores das características físicas e químicas monitoradas durante o teste de toxicidade aguda (48 horas).....	298
Tabela 4.13	Percentagem de imobilidade dos dafnídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> – CD e <i>C. silvestrii</i> – CS (Crustacea, Cladocera) expostos a AD, AE e efluentes do Ensaio VII – IP (Instalação Piloto), e valores das características físicas e químicas monitoradas durante o teste de toxicidade aguda (48 horas).....	299

Tabela 4.14	Percentagem de imobilidade dos dafinídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> – CD e <i>C. silvestrii</i> – CS (Crustacea, Cladocera) expostos a AD, AE e efluentes do Ensaio VIII – IP (Instalação Piloto), e valores das características físicas e químicas monitoradas durante o teste de toxicidade aguda (48 horas).....	300
Tabela 4.15	Percentagem de imobilidade do dafinídeo <i>Ceriodaphnia silvestrii</i> (Crustacea, Cladocera) exposto a algumas amostras de AD e efluentes, após ajuste da dureza para 40 – 48 mg CaCO ₃ /L, dos Ensaios V, VI, VII e VIII – IP, e valores das características físicas e químicas monitoradas durante o teste de toxicidade aguda (48 horas).....	301
Tabela A1	Principais características físicas, químicas e microbiológicas das águas de estudo utilizadas.....	303
Tabela A2	Resultados do ensaio realizado para reprodução das melhores condições de coagulação obtidas para cada tipo de coagulante (Ensaio 8 / Série D)...	303
Tabela A3	Ensaio para avaliar a influência da variação das características da água de diluição (pH baixo).....	303
Tabela A4	Ensaio para avaliar a influência da variação das características da água de diluição (turbidez elevada) (Ensaio 10 / Série F).....	304
Tabela A5	Principais parâmetros de controle para operação e monitoramento do desempenho dos processos estudados para remoção de células e toxinas de <i>Microcystis</i> spp. nos ensaios em instalação piloto – IP.....	304
Tabela A6	Caracterização das águas de estudo empregadas nos Ensaios de I a VIII....	306
Tabela A7	Parâmetros de controle - operação do ENSAIO 1 (em instalação piloto): temperatura, pH, potencial zeta e residual de cloro livre das águas de diluição e de estudo e efluentes.....	307
Tabela A8	Parâmetros de controle - desempenho do ENSAIO 1 (em instalação piloto): carbono orgânico total, absorbância 254, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, dureza e turbidez das águas de diluição e de estudo e dos efluentes de cada processo de tratamento para diferentes tempos de amostragem.....	307
Tabela A9	Resumo das condições de funcionamento e dos parâmetros de desempenho para os controles operacional e qualitativo do Ensaio I-IP (em instalação piloto).....	308
Tabela A10	Parâmetros de controle - operação do ENSAIO 2 (em instalação piloto): temperatura, pH, potencial zeta e residual de cloro livre das águas de diluição e de estudo e efluentes.....	310
Tabela A11	Parâmetros de controle - desempenho do ENSAIO 2 (em instalação piloto): carbono orgânico total, absorbância 254, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, dureza e turbidez das águas de diluição e de estudo e dos efluentes de cada processo de tratamento para diferentes tempos de amostragem.....	310
Tabela A12	Resumo das condições de funcionamento e dos parâmetros de desempenho para os controles operacional e qualitativo do Ensaio II-IP....	311
Tabela A13	Parâmetros de controle - operação do ENSAIO 3 (em instalação piloto): temperatura, pH, potencial zeta e residual de cloro livre das águas de diluição e de estudo e efluentes.....	313

Tabela A14	Parâmetros de controle - desempenho do ENSAIO 3 (em instalação piloto): carbono orgânico total, absorvância 254, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, dureza e turbidez das águas de diluição e de estudo e dos efluentes de cada processo de tratamento para diferentes tempos de amostragem.....	313
Tabela A15	Resumo das condições de funcionamento e dos parâmetros de desempenho para os controles operacional e qualitativo do Ensaio III-IP...	314
Tabela A16	Parâmetros de controle - operação do ENSAIO 4 (em instalação piloto): temperatura, pH, potencial zeta e residual de cloro livre das águas de diluição e de estudo e efluentes.....	316
Tabela A17	Parâmetros de controle - desempenho do ENSAIO 4 (em instalação piloto): carbono orgânico total, absorvância 254, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, dureza e turbidez das águas de diluição e de estudo e dos efluentes de cada processo de tratamento para diferentes tempos de amostragem.....	316
Tabela A18	Resumo das condições de funcionamento e dos parâmetros de desempenho para os controles operacional e qualitativo do Ensaio IV-IP..	317
Tabela A19	Parâmetros de controle - operação do ENSAIO 5 (em instalação piloto): temperatura, pH, potencial zeta e residual de cloro livre das águas de diluição e de estudo e efluentes.....	319
Tabela A20	Parâmetros de controle - desempenho do ENSAIO 5 (em instalação piloto): carbono orgânico total, absorvância 254, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, dureza e turbidez das águas de diluição e de estudo e dos efluentes de cada processo de tratamento para diferentes tempos de amostragem.....	319
Tabela A21	Resumo das condições de funcionamento e dos parâmetros de desempenho para os controles operacional e qualitativo do Ensaio V-IP....	320
Tabela A22	Parâmetros de controle - operação do ENSAIO 6 (em instalação piloto): temperatura, pH, potencial zeta e residual de cloro livre das águas de diluição e de estudo e efluentes.....	322
Tabela A23	Parâmetros de controle - desempenho do ENSAIO 6 (em instalação piloto): carbono orgânico total, absorvância 254, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, dureza e turbidez das águas de diluição e de estudo e dos efluentes de cada processo de tratamento para diferentes tempos de amostragem.....	322
Tabela A24	Resumo das condições de funcionamento e dos parâmetros de desempenho para os controles operacional e qualitativo do Ensaio VI-IP..	323
Tabela A25	Parâmetros de controle - operação do ENSAIO 7-IP (em instalação piloto): temperatura, pH, potencial zeta e residual de cloro livre das águas de diluição e de estudo e efluentes.....	325
Tabela A26	Parâmetros de controle - desempenho do ENSAIO 7 (em instalação piloto): carbono orgânico total, absorvância 254, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, dureza e turbidez das águas de diluição e de estudo e dos efluentes de cada processo de tratamento para diferentes tempos de amostragem.....	325
Tabela A27	Resumo das condições de funcionamento e dos parâmetros de desempenho para os controles operacional e qualitativo do Ensaio VII-IP.	326

Tabela A28	Parâmetros de controle - operação do ENSAIO 8 (em instalação piloto): temperatura, pH, potencial zeta e residual de cloro livre das águas de diluição e de estudo e efluentes.....	328
Tabela A29	Parâmetros de controle - desempenho do ENSAIO 8-IP (em instalação piloto): carbono orgânico total, absorbância 254, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, dureza e turbidez das águas de diluição e de estudo e dos efluentes de cada processo de tratamento para diferentes tempos de amostragem.....	328
Tabela A30	Resumo das condições de funcionamento e dos parâmetros de desempenho para os controles operacional e qualitativo do Ensaio VIII-IP	329

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	1
CAPÍTULO 1 – Características limnológicas dos reservatórios de Barra Bonita e Promissão, Médio rio Tietê, SP, durante a ocorrência de florações de cianobactérias.....	9
1.1. Introdução.....	10
1.2. Objetivos.....	13
1.2.1. Geral.....	13
1.2.2. Específicos.....	13
1.3. Materiais e Métodos.....	15
1.3.1. Área de estudo.....	15
1.3.2. Coleta.....	17
1.3.3. Características limnológicas.....	19
1.3.3.1. Comunidade fitoplanctônica.....	22
1.4. Resultados e Discussão.....	24
1.4.1. Características físicas e químicas da água.....	26
1.4.2. Comunidade fitoplanctônica.....	44
1.4.3. Avaliação das características limnológicas analisadas.....	67
1.5. Conclusões.....	70
CAPÍTULO 2 – Efeitos de florações de cianobactérias dos reservatórios de Barra Bonita e Promissão, Médio rio Tietê, SP, sobre dafinídeos.....	72
2.1. Introdução.....	73
2.2. Objetivos.....	77
2.2.1. Geral.....	77
2.2.2. Específicos.....	77
2.3. Materiais e Métodos.....	79
2.3.1. Coleta.....	79
2.3.2. Preparo dos extratos brutos.....	80
2.3.3. Cultivo dos dafinídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> (Crustacea, Cladocera).....	81
2.3.4. Testes de sensibilidade.....	83
2.3.5. Testes de toxicidade aguda.....	83

2.3.6. Testes de toxicidade crônica.....	86
2.3.7. Análises estatísticas.....	87
2.3.8. Análise de microcistinas.....	88
2.4. Resultados e Discussão.....	90
2.4.1. Testes de sensibilidade.....	90
2.4.2. Análise de microcistinas.....	91
2.4.3. Testes de toxicidade aguda.....	94
2.4.4 Testes de toxicidade crônica.....	104
2.5. Conclusões.....	116
CAPÍTULO 3 – Avaliação da variação temporal da toxicidade de uma linhagem de <i>Microcystis aeruginosa</i> a dafnídeos.....	118
3.1. Introdução.....	119
3.2. Objetivos.....	123
3.2.1. Geral.....	123
3.2.2. Específicos.....	123
3.3. Materiais e Métodos.....	125
3.3.1. Cultivo e determinação da curva de crescimento da linhagem NPLJ-4 de <i>Microcystis aeruginosa</i> sob condições controladas.....	125
3.3.2. Preparo dos extratos da linhagem NPLJ-4 de <i>M. aeruginosa</i>	127
3.3.3. Cultivo dos dafnídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> (Crustacea, Cladocera).....	128
3.3.4. Testes de sensibilidade.....	128
3.3.5. Testes de toxicidade aguda.....	128
3.3.6. Testes de toxicidade crônica.....	129
3.3.7. Análises estatísticas.....	130
3.3.8. Análise de microcistinas.....	131
3.4. Resultados e Discussão.....	132
3.4.1. Testes de sensibilidade.....	132
3.4.2. Curva de crescimento da linhagem NPLJ-4 de <i>Microcystis aeruginosa</i>	133
3.4.3. Análise de microcistinas.....	134
3.4.4. Testes de toxicidade aguda.....	137
3.4.5 Testes de toxicidade crônica.....	144
3.5. Conclusões.....	152
CAPÍTULO 4 – Testes de toxicidade e biomonitoramento na avaliação da eficiência de processos de tratamento de água na remoção de células, toxinas e subprodutos de cianobactérias.....	154

4.1. Introdução.....	155
4.2. Objetivos.....	161
4.2.1. Geral.....	161
4.2.2. Específicos.....	161
4.3. Materiais e Métodos.....	162
4.3.1. Ensaios em bancada.....	162
4.3.2. Ensaios em instalação piloto – IP.....	164
4.3.3. Cultivo dos dafinídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> (Crustacea, Cladocera).....	165
4.3.4. Testes de toxicidade aguda.....	166
4.3.5. Aclimação e manutenção de <i>Danio rerio</i> (Teleostei, Cyprinidae) em laboratório.....	166
4.3.6. Biomonitoramento.....	167
4.4. Resultados e Discussão.....	169
4.3.1. Ensaios em bancada.....	169
4.3.2. Ensaios em instalação piloto – IP.....	172
4.5. Conclusões.....	189
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	190
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	194
APÊNDICE A – Dados de campo e da comunidade fitoplanctônica para as águas dos reservatórios de Barra Bonita e Promissão, Médio rio Tietê, SP, durante a ocorrência de florações de cianobactérias.....	215
APÊNDICE B – Valores brutos e análises estatísticas dos testes de toxicidade com os cladóceros <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> expostos à água e aos extratos brutos de florações de cianobactérias oriundas dos reservatórios de Barra Bonita e Promissão.....	224
APÊNDICE C – Valores brutos e análises estatísticas dos testes de toxicidade aguda e crônica com os cladóceros <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> expostos a extratos da linhagem NPLJ-4 de <i>Microcystis aeruginosa</i> em diferentes estágios de crescimento.....	267
APÊNDICE D – Valores brutos relativos aos resultados dos testes de toxicidade aguda com os cladóceros <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>C. silvestrii</i> expostos a amostras dos ensaios realizados em bancada e em instalação piloto – IP.....	289
ANEXO A – Informações, dados e resultados dos ensaios em bancada e em uma instalação piloto de estação de tratamento de água realizados por KURODA (2006) para avaliação de processos de tratamento na remoção de células, microcistinas e subprodutos de <i>Microcystis</i> spp.....	302

INTRODUÇÃO GERAL

Cianobactérias, cianofíceas (algas azuis) ou cianoprocariotas são organismos procariontes, isto é, não possuem núcleo envolvido por membrana. Por não terem núcleo nem organelas delimitadas por membrana, tais organismos são semelhantes às bactérias, daí o nome cianobactérias. Por outro lado, como são fotossintetizantes e produtores primários como as algas eucariontes, recebem dos ficologistas o nome de cianofíceas. Mais importante que o nome, contudo, é conhecer as características do grupo (SOUZA, 2006). São organismos aeróbios fototautotróficos. O talo pode ser unicelular (de formas muito variadas), colonial ou filamentoso, em tal caso, com ou sem ramificações. Além disso, as células podem ou não apresentar envelope mucilaginoso (AZEVEDO e SANT'ANNA, 2006).

A origem das cianobactérias foi estimada em 3,5 bilhões de anos pela descoberta de fósseis em rochas sedimentares encontradas na Austrália. Elas estão, portanto, entre os organismos pioneiros na Terra, sendo provavelmente os primeiros produtores primários de matéria orgânica a liberarem oxigênio na atmosfera primitiva (AZEVEDO e VASCONCELOS, 2006). A longa história evolutiva destes organismos pode explicar o sucesso das cianobactérias em muitos habitats (WHITTON e POTTS, 2000). Ocorrem nos mais variados tipos de ambientes, que incluem ambientes terrestres, ambientes de água doce, salobra ou marinha, além de habitats extremos, como fontes termais, neve e deserto (SOUZA, op. cit.). Várias espécies que vivem em solos e rochas desempenham importante papel nos processos funcionais do ecossistema na ciclagem dos nutrientes (AZEVEDO e VASCONCELOS, op. cit.). A grande maioria das cerca de 2400 espécies

de cianobactérias é de água doce, onde vivem no plâncton e/ou no perifíton. Grande parte das cianobactérias não é cosmopolita (SOUZA, 2006).

Nos últimos anos, entretanto, as cianobactérias, em particular as espécies planctônicas, têm se destacado em virtude dos problemas que podem causar nos ecossistemas aquáticos, tanto do ponto de vista ecológico como sanitário. Além dos desequilíbrios ecológicos decorrentes da proliferação em massa (florações), as cianobactérias, além de produzirem compostos que conferem gosto e odor desagradáveis à água (PERSSON, 1996), podem produzir toxinas.

A habilidade das cianobactérias em produzir toxinas é um fenômeno bem conhecido. O primeiro relato científico de uma floração tóxica de cianobactéria foi publicado em 1878 por Francis, descrevendo a morte de animais domésticos que haviam bebido água de um lago no Sul da Austrália durante uma floração de *Nodularia spumigena*. Em todo o mundo, há diversos relatos de intoxicação de animais domésticos e selvagens por beberem ou nadarem em águas com florações de cianobactérias (Codd et al., 1989; Sivonen e Jones, 1999; Yoo et al., 1995).

No entanto, somente após a confirmação da morte de quase 60 pacientes de uma clínica de hemodiálise em Caruaru, PE, Brasil, em 1996, devido à utilização de água contaminada com cianotoxinas hepatotóxicas (AZEVEDO e VASCONCELOS, 2006), é que as cianobactérias despertaram a atenção no país e têm sido motivo de preocupação constante de órgãos ambientais e de saúde, institutos de pesquisa e companhias de saneamento, em nível mundial.

As florações de cianobactérias tóxicas são um fenômeno global, ocorrendo em águas marinhas, salobras e doces (Sivonen, 1996). Por ocorrerem preferencialmente em águas ricas em nutrientes, suas freqüentes florações são um sinal do acelerado processo de eutrofização dos corpos de água, com registros na Austrália (Rositano e

NICHOLSON, 1994; STEFFENSEN et al., 1994), Japão (WATANABE e OISHI, 1985), Índia (AGRAWAL et al., 2001), Rússia (TCHERNAJENKO, 1994), Alemanha (FASTNER, 1994; FROMME, 2000), Bélgica (van HOOF et al., 1994), Portugal (VASCONCELOS, 1994), Finlândia (SIVONEN et al., 1994), Reino Unido (DOW et al., 1994; LAWTON et al., 1994; OWEN, 1994), Canadá (HOLMES et al., 1994), Estados Unidos (YOO et al., 1995), dentre outros.

No Brasil, diversos estudos têm confirmado a ocorrência de linhagens tóxicas de cianobactérias nas águas de reservatórios para o abastecimento público, lagos artificiais, lagoas salobras e rios, com registros em diversos estados: Rio Grande do Sul (MINILLO et al., 2000; WERNER et al., 2000), São Paulo (AZEVEDO et al., 1994; HONDA et al., 2001) Rio de Janeiro (BARBOSA et al., 2005; FERRÃO-FILHO et al., 2002), Minas Gerais (JARDIM, 2002), Pernambuco (BOUVY et al., 2001), Rio Grande do Norte (COSTA, 2003), Pará (VIEIRA, 2002), sendo que, em alguns estados, as ocorrências podem estar subestimadas. Ainda, no país, o problema é intensificado, pois sendo a maior parte do território localizada na região tropical e sob processo de eutrofização, a maioria dos mananciais apresenta condições favoráveis (altas concentrações de nutrientes, baixa turbulência e temperaturas elevadas) ao crescimento de cianobactérias durante o ano inteiro (AGUIAR e AZEVEDO, 1998).

Há cerca de 150 gêneros de cianobactérias, das quais 40 espécies são conhecidas como produtoras de toxinas (SAKER et al., 1999). No Brasil, os gêneros mais comuns de cianobactérias formadoras de florações são *Microcystis*, *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Cylindrospermopsis* e *Planktothrix* (SANT'ANNA e AZEVEDO, 2000).

As toxinas de cianobactérias ou cianotoxinas constituem um grupo quimicamente heterogêneo, apresentando, assim, diferentes propriedades toxicológicas. Elas podem ser divididas em três grupos principais, com base na estrutura química:

peptídeos cíclicos, alcalóides e lipopolissacarídeos. Em termos de toxicologia, as toxinas podem ser classificadas principalmente: como hepatotoxinas, neurotoxinas e substâncias irritantes ou alergênicas (SIVONEN e JONES, 1999). As últimas são produzidas por cianobactérias em geral (CARVALHO, 2006) e, ao contato, causam irritações na pele e transtornos gastrointestinais (YOO et al., 1995).

Em águas salobras e doces, as hepatotoxinas mais freqüentemente encontradas são hepta- e pentapeptídeos cíclicos, microcistinas e nodularinas, respectivamente. Em geral, são produzidas por espécies dos gêneros *Microcystis*, *Anabaena*, *Nodularia*, *Oscillatoria* e *Nostoc* (SIVONEN, 1996), e agem no fígado, causando a desestruturação dos hepatócitos, levando a rupturas internas e a hemorragias no órgão. As microcistinas são de particular preocupação, porque, além de serem encontradas no mundo inteiro, inibem os sistemas enzimáticos específicos e são promotoras potenciais de tumores no fígado (FALCONER e HUMPAGE, 1996), especialmente em exposição a longo-prazo a concentrações relativamente baixas dessas toxinas em águas de abastecimento (KUIPER-GOODMAN et al., 1999). Assim, é o grupo de toxinas melhor conhecido e mais extensivamente estudado (FALCONER, 1999; FASTNER et al., 1999), já tendo sido identificadas mais de 50 variantes, das quais a microcistina-LR é a mais comum (STEFFENSEN, 1999). Em águas tropicais, também ocorre a cilindrospermopsina, um alcalóide.

Três tipos de neurotoxinas são conhecidos: anatoxina-a, anatoxina-a(S) e toxinas paralisantes (PSPs) (saxitoxinas, neosaxitoxinas). São produzidas por espécies dos gêneros *Anabaena*, *Oscillatoria*, *Aphanizomenon*, *Cylindrospermopsis* e *Trichodesmium* (CHORUS e BARTRAM, 1999; SIVONEN, op. cit.). Essas toxinas inibem a condução nervosa por bloqueamento dos canais de sódio, afetando a permeabilidade do potássio ou a resistência da membrana, podendo levar o organismo à morte em poucas horas, por

parada respiratória, dependendo da dosagem ou do tempo de exposição (CHORUS e BARTRAM, 1999).

Levantamentos sobre as florações em diferentes partes do mundo têm revelado alta frequência de florações tóxicas, entre 25 e 75% (SIVONEN, 1996). Na Finlândia, por exemplo, 45% das amostras de florações analisadas entre 1985 e 1987 foram tóxicas, sendo as florações hepatotóxicas mais comuns do que as neurotóxicas (SIVONEN et al., 1994). Em Portugal, onde as florações de cianobactérias têm sido analisadas desde 1989, cerca de 60% foram tóxicas, sendo também a maior parte hepatotóxica (VASCONCELOS, 1994). No Brasil, 82% das linhagens isoladas se mostraram tóxicas quanto testadas em bioensaios, sendo 9,7% neurotóxicas e as demais, hepatotóxicas (AZEVEDO e VASCONCELOS, 2006).

A maioria das cianotoxinas identificadas parece ser mais perigosa para mamíferos terrestres do que para a biota aquática (SIVONEN e JONES, 1999).

As cianotoxinas são principalmente endotoxinas, ou seja, ficam retidas dentro das células produtoras, sendo liberadas para o meio externo por rompimento da parede celular, o que acontece por senescência das células ou sob a ação de algicidas, como o sulfato de cobre (CARVALHO, 2006; YOO et al., 1995).

Os efeitos ecológicos e sobre a saúde humana decorrentes da presença das cianotoxinas nos corpos de água estão principalmente relacionados: à diminuição e/ou modificação da diversidade de espécies aquáticas; à bioacumulação de tais toxinas por alguns organismos aquáticos, com transferência dentro da cadeia trófica; à intoxicação dos animais aquáticos e terrestres e à intoxicação humana (AZEVEDO, 2000).

Quando em solução, as cianotoxinas geralmente não são removidas pelo tratamento convencional de água, e podem ter a concentração aumentada durante esse processo devido à lise das células (CHOW et al., 1998). As microcistinas são resistentes

à fervura (AZEVEDO, 2000) e, quando liberadas no ambiente aquático, podem persistir por dias, semanas ou meses (HARADA et al., 1996; YOO et al., 1995). Logo, as principais vias de exposição humana a essas toxinas incluem as vias orais e dérmicas, por meio da água potável e de atividades recreacionais (FALCONER et al., 1999; UENO et al., 1999).

Ante a problemática das florações de cianobactérias, as legislações pertinentes precisaram ser revistas. A Portaria nº. 518, de 25 de março de 2004 (BRASIL, 2004), que estabelece os procedimentos e as responsabilidades relativas ao controle e à vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, inclui o monitoramento de cianobactérias na água bruta de mananciais, no ponto de captação, bem como de cianotoxinas na água potável. A Resolução CONAMA nº. 357, de 17 de março de 2005 (BRASIL, 2005), que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e as diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e os padrões de lançamentos de efluentes, coloca valores máximos de densidade de cianobactérias como parâmetro de padrão de qualidade de águas doces. Além de abordar o tema, tais legislações obrigam as companhias de saneamento e as agências ambientais a buscar metodologias específicas e recurso humano especializado.

A comunidade científica tem apresentado estudos e informações sobre: toxicologia e química de cianotoxinas, ecotoxicologia, métodos alternativos para detecção de toxinas, taxonomia de espécies tóxicas (PROENÇA, 2006), tecnologias de tratamento de água para a remoção de células e toxinas de cianobactérias, a fim de encontrar soluções e formas de controle e prevenção para o problema em questão.

No presente trabalho, foram avaliadas as características limnológicas dos reservatórios de Barra Bonita e Promissão, Médio rio Tietê, SP (Capítulo 1), onde as florações de cianobactérias são recorrentes (CALIJURI et al., 2002; ROCHA et al.,

2006). Assim, foram avaliados também os efeitos dessas florações sobre organismos zooplancônicos, especificamente dafnídeos (Capítulo 2).

Diante da maior contribuição de espécies do gênero *Microcystis* nos reservatórios e considerando que as florações poderiam estar em diferentes estágios, o que influenciaria a toxicidade das mesmas, foram analisados os efeitos de uma linhagem tóxica de *Microcystis aeruginosa*, em diferentes estágios de crescimento, sobre os dafnídeos (Capítulo 3).

Ainda, tendo em vista que os reservatórios são utilizados para diversos fins, entre eles o abastecimento público, foram realizados testes de toxicidade com dafnídeos e biomonitoramento com peixes para avaliar a eficiência de processos de tratamento de água na remoção de células e subprodutos de cianobactérias em experimentos de bancada e em instalação piloto (Capítulo 4). Esse estudo foi realizado em colaboração com a doutoranda Emília Kiyomi Kuroda, sob orientação do Prof. Luiz Di Bernardo, do Departamento de Hidráulica e Saneamento, da Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo.

CAPÍTULO 1

Características limnológicas dos reservatórios de Barra Bonita e Promissão, Médio rio Tietê, SP, durante a ocorrência de florações de cianobactérias

1.1. Introdução

No Brasil, a construção de grandes reservatórios, para fins de abastecimento público e geração de energia, atingiu seu máximo desenvolvimento nas décadas de 1960 e 1970. Muitos desses ecossistemas artificiais estão em pleno funcionamento, produzindo inúmeros benefícios locais e regionais (TUNDISI et al., 1999). Entretanto, apesar dos benefícios, os reservatórios, em decorrência de sua construção, causam impactos, sendo os principais citados por Straskraba e Tundisi (1999): o desmatamento e a redução da cobertura vegetal; o aumento da contaminação e da toxicidade no sistema, devido às atividades antrópicas; a poluição orgânica; a eutrofização acelerada; a alteração da biodiversidade, com a remoção de espécies; além de efeitos negativos à saúde humana, resultantes da deterioração da qualidade da água.

No Estado de São Paulo, a construção de sistemas do tipo cascata, com vários reservatórios subseqüentes, que recebem e acumulam materiais orgânicos provenientes dos reservatórios adjacentes, tem sido bastante utilizada. O principal sistema no estado é o do rio Tietê, que inclui seis reservatórios: Barra Bonita, Álvaro Souza Lima (Bariri), Ibitinga, Mário Lopes Leão (Promissão), Nova Avanhandava e Três Irmãos. Estes reservatórios têm um papel social e econômico relevante, devido à localização no meio de um importante pólo agrícola e industrial do país (TUNDISI et al., op. cit.).

Diante disso, o sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê tem sido objeto de estudos científicos, principalmente, limnológicos e, mais recentemente,

ecotoxicológicos, abordando aspectos físicos, químicos e biológicos da água e do sedimento, bem como a relação com o uso e a ocupação da bacia hidrográfica (ESPÍNDOLA et al., 1999). O reservatório de Barra Bonita é o mais estudado, uma vez que é o primeiro da série, tem a função acumuladora de água, regulando todo o sistema, e também por receber uma elevada carga poluidora de duas bacias de drenagem, a do alto rio Tietê e a do rio Piracicaba. Dentre os estudos desenvolvidos no sistema em cascata como um todo e, em particular, no reservatório de Barra Bonita, podem ser citados: Tundisi (1981), Matsumura-Tundisi et al. (1981), Gentil (1984), Henry (1986), De Fillippo (1986), Calijuri (1988), Aranha (1990), Díaz (1990), Fonseca (1990), Tundisi e Matsumura-Tundisi (1990), Tundisi et al. (1991), Saggio (1992), Calheiros (1993), Brondi (1994), Castro (1994), Espíndola (1994), Rietzler (1995), Santos, A. (1996), Santos, S. (1996), Soriano (1997), Jati (1998), Sandes (1998), Wisniewski (1998), Calijuri (1999), Güntzel (2000), Fracácio (2001), Rodgher (2001), Pereira (2003), Rodrigues (2003), Tavares (2003), Gouvêa (2004), Lima (2004), Luzia (2004), Minillo (2005), Zanata (2005), Antônio (2006), Dellamano-Oliveira (2006), França (2006), Moretto (2006), Stefani (2006), Suriani (2006).

Muitos dos estudos citados mostram que os reservatórios do Médio e Baixo Tietê estão em crescente processo de eutrofização. Os efeitos mais comuns de tal processo, de acordo com Tundisi et al. (1999), são: aumento da concentração de nitrogênio e fósforo na água e no sedimento; aumento da biomassa de fitoplâncton e perifiton; aumento da ocorrência de florações; elevação do pH e redução da concentração de oxigênio dissolvido na água; mudanças na composição da biota aquática; redução da biodiversidade; aumento da mortalidade de peixes; redução da transparência da água; grande desenvolvimento de macrófitas; perda da qualidade

estética, com desvalorização de propriedades próximas; possíveis riscos à saúde em águas de abastecimento; aumento dos custos de tratamento de água.

Entre os efeitos da eutrofização, estudos têm mostrado ocorrência freqüente de florações de cianobactérias nos reservatórios do Médio e Baixo Tietê, SP, (CALIJURI, 1999; MINILLO, 2005; SANDES, 1990; 1998). Essas florações podem ter diversas implicações (estéticas, sanitárias, ecológicas) para os corpos de água, sendo que a maior preocupação está relacionada ao fato de muitas cianobactérias serem produtoras de potentes toxinas, o que implica em riscos à saúde humana e à biota natural e compromete os usos múltiplos da água.

Assim, o conhecimento e a quantificação das espécies de cianobactérias presentes são fundamentais no monitoramento da qualidade das águas (AZEVEDO, 2002).

O presente capítulo compreende a análise das características limnológicas, com ênfase na comunidade fitoplanctônica, dos reservatórios de Barra Bonita e Promissão, componentes do sistema em cascata do rio Tietê, SP, durante a ocorrência de florações de cianobactérias.

1.2. Objetivos

1.2.1. Geral

Avaliar as características da água dos reservatórios de Barra Bonita e Promissão, Médio rio Tietê, SP, durante a ocorrência de florações de cianobactérias, por meio de análises de variáveis limnológicas.

1.2.2. Específicos

- Analisar, para os reservatórios de Barra Bonita e Promissão, as características físicas, químicas e biológicas da coluna de água.
- Determinar o grau de trofia desses reservatórios.
- Verificar a participação das cianobactérias na comunidade fitoplanctônica de ambos os reservatórios, por meio de análise da composição, da abundância e da densidade do fitoplâncton, bem como da determinação de riqueza, uniformidade e índice de diversidade da comunidade fitoplanctônica.

- Determinar as espécies de cianobactérias que formam as florações nos reservatórios estudados.
- Reconhecer os fatores que favorecem a manutenção e a proliferação das cianobactérias nos reservatórios em questão.
- Verificar se as variáveis analisadas atendem a condições e padrões de qualidade da água estabelecidos pela Resolução CONAMA nº. 357/2005.

1.3. Materiais e Métodos

1.3.1. Área de estudo

O rio Tietê, SP, no percurso até sua foz no rio Paraná, é dividido em quatro trechos: Alto Tietê, Médio Tietê Superior, Médio Tietê Inferior e Baixo Tietê. A partir da década de 1960, partindo do meio superior do rio Tietê, reservatórios foram construídos, formando uma ligação em cascata, com objetivo principal de gerar energia hidrelétrica. Tal série de reservatórios é conhecida como sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê, sendo formado por seis reservatórios: Barra Bonita, Álvaro Souza Lima (Bariri), Ibitinga, Mário Lopes Leão (Promissão), Nova Avanhandava e Três Irmãos (BARBOSA et al., 1999), que são amplos (maiores do que 100 km², exceto Bariri) e rasos (com 8 a 40 m de profundidade) (CESP, 1998). Dentre esses reservatórios, o de Barra Bonita e o de Promissão, o primeiro e o quarto, respectivamente, do sistema em cascata (Figura 1.1), foram selecionados para a realização do presente estudo. O objetivo era comparar as florações desses dois reservatórios, visto que em um estudo anterior (MINILLO, 2005) foi registrada a predominância de microcistinas em Barra Bonita e de saxitoxinas em Promissão. No entanto, as florações coletadas no presente trabalho foram compostas por espécies de *Microcystis* e, portanto, por microcistinas.

Figura 1.1 – Mapa do Estado de São Paulo, apresentando os reservatórios do sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê, com destaque (*) para os de Barra Bonita e Promissão (modificado de MATSUMURA-TUNDISI et al., 2006).

A barragem da Usina Hidrelétrica de Barra Bonita localiza-se na bacia do Médio Tietê Superior, entre os municípios de Barra Bonita e Igaracú (latitude $22^{\circ}29'S$ e longitude $48^{\circ}34'W$), a 430 m de altitude. Concluído em 1963, este reservatório foi construído por meio do represamento dos rios Tietê e Piracicaba, contando com a participação de inúmeros tributários, de maior ou menor importância, com finalidade de gerar energia elétrica. Além de ser um importante recurso hidro-energético, atualmente, o reservatório é destinado a usos múltiplos, tais como: irrigação, piscicultura, recreação, lazer, turismo, pesca, abastecimento industrial da região, transporte fluvial (CALIJURI, 1999), bem como à recepção de despejos domésticos e industriais e de resíduos de atividades agrícolas, um uso bem pouco nobre. A área de entorno do reservatório é ocupada por uma monocultura de cana-de-açúcar, que acarreta vários impactos no desenvolvimento regional, mas também na qualidade ambiental.

O reservatório Engenheiro Mário Lopes Leão (Promissão) foi concluído em 1975 e situa-se à jusante do reservatório de Ibitinga e à montante do de Nova Avanhandava, a 380 m de altitude, na latitude 21°45'S e longitude 49°47'W. Tal reservatório também apresenta diversos impactos antrópicos, como alteração da vegetação perimetral e o aporte de esgotos e resíduos industriais. Os principais usos do solo da bacia incluem urbanização e agroindústria (CESP, 1998).

As principais características morfométricas dos reservatórios de Barra Bonita e Promissão estão na Tabela 1.1.

Tabela 1.1 – Características morfométricas dos reservatórios de Barra Bonita e Promissão, Médio rio Tietê, SP.

Reservatório	Barra Bonita	Promissão
Área (km ²)	310	741
Profundidade média (m)	10,2	14
Perímetro (km)	525	-
Volume total (m ³)	$3,1 \times 10^6$	$7,4 \times 10^6$
Tempo de retenção (dias)	37 – 137	124 – 458

Fonte: Matsumura-Tundisi et al. (2006)

1.3.2. Coleta

As amostras de água foram coletadas em um ponto fixo, em diferentes profundidades, na região central de cada reservatório (Tabela 1.2; Figura 1.2),

utilizando garrafa do tipo Van Dorn, e armazenadas em galões de 5 L para posteriores análises das características físicas, químicas e biológicas (clorofila-*a*) em laboratório.

As amostras de fitoplâncton foram coletadas no mesmo ponto e nas mesmas profundidades em ambos os reservatórios, utilizando garrafa do tipo Van Dorn (quantitativas) e rede de plâncton de 20 µm de abertura de malha (qualitativas), com auxílio de bomba de sucção para filtrar grande volume de água (100 a 300 L), armazenadas (cerca de 100 mL em frascos de 250 mL) e fixadas com formol 4%.

Tabela 1.2 – Condições na realização das coletas nos reservatórios de Barra Bonita e Promissão, Médio rio Tietê, SP.

Reservatório	Data*	Ponto	Horário	Profundidade (m)	Observações
Barra Bonita	03/03/06	22°31,46'S 48°31,88'W	13:40 h	0 (superfície), 5, 10, 15, 20, 25	sem ventos, parcialmente nublado
	14/03/06	22°31,455'S 48°31,876'W	12:00 h	0, 5, 10, 15, 20, 25	ventos fracos, ensolarado, com poucas nuvens
	15/07/06	22°31,408'S 48°31,887'W	12:25 h	0, 5, 10, 15, 20, 25	ventos fracos; ensolarado, sem nuvens; barcos de passeio; pesca
Promissão	08/03/06	21°19,856'S 49°44,063'W	10:15 h	0, 5, 10, 15, 20, 25	sem ventos; parcialmente nublado a nublado
	17/03/06	21°19,982'S 49°44,187'W	10:30 h	0, 5, 10, 15, 20	ventos, com formação de ondas; parcialmente nublado a nublado

*As coletas foram realizadas durante a ocorrência de floração de cianobactérias, por isso não há uma periodicidade.

Figura 1.2 – Vista geral do ponto de coleta nos reservatórios de Barra Bonita (a) e Promissão (b), Médio rio Tietê, SP.

1.3.3. Características limnológicas

Em campo, no ponto de coleta de cada reservatório, foram determinadas a transparência da água (m), por meio de disco de Secchi, e a extensão da zona eufótica – Zeu (m), utilizando um Quanta Meter. Além disso, foram realizadas medições, de 0,5 em 0,5 m, de pH, condutividade elétrica da água ($\mu\text{S}/\text{cm}$), temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e concentração de oxigênio dissolvido (mg/L), utilizando o multisensor Horiba, modelo U10, para constituição de perfis verticais.

As características físicas, químicas e biológicas das amostras de água, analisadas em laboratório, estão relacionadas na Tabela 1.3, com os respectivos métodos de análise.

O cálculo das razões N/P, para os reservatórios em questão, foi feito com base nas concentrações de nitrogênio e fósforo totais.

Tabela 1.3 – Características físicas, químicas e biológicas, e respectivos métodos de análise para as amostras de água coletadas nos reservatórios de Barra Bonita e de Promissão, Médio rio Tietê, SP.

Características	Unidade	Método	Autor(es)
sólidos suspensos totais	mg/L	técnica gravimétrica	Tundisi (1969); Wetzel e Likens (1991)
nitrito	µg/L	espectrofotométrico	Golterman et al. (1978)
nitrato	µg/L	espectrofotométrico	Mackereth et al. (1978)
amônia	µg/L	espectrofotométrico	Koroleff (1976)
nitrogênio total	µg/L	espectrofotométrico	Valderrama (1981)
fosfato total dissolvido	µg/L	espectrofotométrico	Strickland e Parsons (1960)
fosfato inorgânico dissolvido	µg/L	espectrofotométrico	Strickland e Parsons (1960)
fósforo total	µg/L	espectrofotométrico	Valderrama (1981)
silicato	mg/L	espectrofotométrico	Golterman et al. (1978)
clorofila- <i>a</i> e feofitina	µg/L	espectrofotométrico	Lorenzen (1967); Nush (1980)

Para ambos os reservatórios foi calculado o índice de estado trófico (IET) de Carlson (1977), modificado por Toledo et al. (1983), a partir de equações que consideram a visibilidade do disco de Secchi e as concentrações de clorofila-*a*, de fósforo total e de fosfato inorgânico, calculando-se, por fim, o índice de estado trófico médio.

$IET(S) = 10 \times \{6 - [(0,64 + \ln S)/\ln 2]\}$, onde S = visibilidade do disco de Secchi (m)

$IET(P) = 10 \times \{6 - [\ln(80,32/P)/\ln 2]\}$, onde P = concentração de fósforo total (µg/L)

$IET (PO_4) = 10 \times \{6 - [\ln(21,67/PO_4)/\ln 2]\}$, onde PO_4 = concentração de fosfato inorgânico ($\mu\text{g/L}$)

$IET (Cl) = 10 \times \{6 - [(2,04 - 0,695 \times \ln Cl)/\ln 2]\}$, onde Cl = concentração de clorofila-*a* ($\mu\text{g/L}$)

$$IET (\text{médio}) = \{IET (S) + 2 [IET (P) + IET (PO_4) + IET (Cl)]\}/7$$

Utilizou-se também o índice de estado trófico para reservatórios definido por Lamparelli (2004), que parte de equações estabelecidas entre clorofila-*a* e fósforo total, e da correlação entre clorofila-*a* e transparência da água (disco de Secchi), para construir uma relação entre os valores de transparência da água, clorofila-*a* e fósforo total, segundo a distribuição do índice de Carlson.

$IET (Cl) = 10 \times \{6 - [(0,92 - 0,34 \times \ln Cl)/\ln 2]\}$, onde a concentração de clorofila-*a* (Cl) é expressa em $\mu\text{g/L}$

$IET (PT) = 10 \times \{6 - [(1,77 - 0,42 \times \ln PT)/\ln 2]\}$, onde a concentração de fósforo total (PT) é expressa em $\mu\text{g/L}$.

De acordo com o autor, os índices propostos apresentam maior sensibilidade, aumentando a amplitude das classificações tróficas, bem como melhoram a concordância entre as classificações obtidas com as concentrações de clorofila-*a* e de fósforo total para um mesmo ambiente.

O critério para a classificação dos reservatórios, segundo o grau de trofia, está apresentado na Tabela 1.4.

Tabela 1.4 – Faixas de valores para os índices de estado trófico (IET) de Carlson modificados por Toledo (1990) e por Lamparelli (2004) e níveis de estado trófico correspondentes.

Toledo (1990)		Lamparelli (2004)	
IET	Nível trófico	IET	Nível trófico
≤ 44	Oligotrófico	≤ 47	Ultraoligotrófico
$44 < \text{IET} \leq 54$	Mesotrófico	$48 \leq \text{IET} \leq 52$	Oligotrófico
$54 < \text{IET} \leq 74$	Eutrófico	$53 \leq \text{IET} \leq 58$	Mesotrófico
> 74	Hipereutrófico	$59 \leq \text{IET} \leq 63$	Eutrófico
		$64 \leq \text{IET} \leq 67$	Supereutrófico
		> 67	Hipereutrófico

1.3.3.1. Comunidade fitoplanctônica

Para as amostras de fitoplâncton, coletadas em diferentes profundidades nos reservatórios de Barra Bonita e Promissão, a identificação dos táxons foi realizada com base nas características estruturais e morfométricas, ao menor nível taxonômico possível, utilizando-se microscópio binocular da marca Carl Zeiss, modelo Axioskop, com resolução máxima de $2560\times$, e recorrendo ao auxílio de bibliografia especializada e a especialistas. Para as cianobactérias, foi utilizado o sistema de classificação de Anagnostidis e Komárek (1988; 1989) e Komárek e Anagnostidis (1999); para as Bacillariophyceae (diatomáceas), o de Round et al. (1990); para as Chlorococcales, o de Komárek e Fott (1983); para as Chlorophyceae em geral, o de Round (1971); e para as demais classes, o de Bourrelly (1981; 1985).

Para a quantificação do fitoplâncton, utilizou-se o método de sedimentação em câmaras, descrito por Utermöhl (1958), sendo o tempo de sedimentação determinado de acordo com Margalef (1983). O procedimento de contagem foi realizado por meio de transectos, utilizando-se um microscópio invertido da marca Zeiss, modelo Axiovert, com aumento máximo de 1000×. O limite de contagem foi determinado pela estabilização da curva de espécies, em que um número suficiente de campos é contado até que se estabilize o número de espécies adicionadas por campo. Cada célula, cenóbio, colônia ou filamento foi considerado como um indivíduo. A densidade do fitoplâncton foi calculada segundo ROS (1979) e expresso em indivíduos/mL.

A abundância relativa foi estimada considerando-se o número de organismos de cada espécie em relação ao total de indivíduos de cada amostra.

A riqueza (R) de espécies foi considerada como sendo o número total de táxon encontrado nas amostras.

O índice de diversidade (H') foi estimado pelo índice de Shannon-Wiener (Shanon e Wiener, 1963), a partir dos dados de densidade, e expresso em bits/ind.

$$H' = - \sum_{i=1} (p_i) (\log_2 p_i)$$

onde: $p_i = n_i / N$

n_i = número total de indivíduos de cada táxon

N = número total de indivíduos na amostra

A equitabilidade ou uniformidade (U') foi estimada segundo Pielou (1966).

$$U' = \frac{H'}{\log_2 S}$$

onde: H' = índice de diversidade da amostra

S = riqueza de taxa na unidade amostral

1.4. Resultados e Discussão

1.4.1. Características físicas e químicas da água

Em relação aos dados obtidos em campo (Apêndice A), os valores de pH no reservatório de Promissão (5,9 – 7,9) foram ligeiramente mais elevados do que aqueles registrados no de Barra Bonita (5,2 – 7,8). O mesmo foi observado por Luzia (2004) em estudo nos reservatórios do sistema em cascata no Médio e Baixo Tietê, SP. Para Barra Bonita, em 03/03/06, foram registrados maiores valores de pH no epilímnio e homogeneidade no restante da coluna de água. Para Barra Bonita, em 14/03/06, observou-se tendência à homogeneidade do pH, embora com valores ligeiramente menores no epilímnio. Para Barra Bonita, em 15/07/06, notou-se tendência à diminuição do pH ao longo da coluna de água. Para o reservatório de Promissão, os menores valores de pH foram encontrados na superfície e os maiores nas profundidades intermediárias, com tendência à redução com o aumento da profundidade (Figura 1.3). Sandes (1998), em estudo intensivo no reservatório de Barra Bonita, durante floração de cianobactérias, encontrou pequenas oscilações do pH ao longo do perfil, com tendência de decréscimo do pH com o aumento da profundidade. Minillo (2005), em estudo de florações de cianobactérias no sistema em cascata do Tietê, detectou pH levemente

alcalino na superfície e subsuperfície da coluna de água, também com mudanças para condições ligeiramente ácidas em direção ao fundo.

Embora os trabalhos citados sejam de difícil comparação, devido às diferentes metodologias e periodicidade utilizadas, os dados são apresentados a título de informação.

Figura 1.3 – Perfil de pH na coluna de água dos reservatórios de Barra Bonita e Promissão, Médio rio Tietê, SP, em diferentes datas de 2006, durante florações de cianobactérias.

Os perfis de condutividade mostraram tendência à homogeneidade em ambos os reservatórios, com aumento nas maiores profundidades para o de Barra Bonita (Figura 1.4).

Figura 1.4 – Perfil de condutividade elétrica na coluna de água dos reservatórios de Barra Bonita e de Promissão, Médio rio Tietê, SP, em diferentes datas de 2006, durante florações de cianobactérias.

Luzia (2004) observou padrão homogêneo para Barra Bonita e oscilações para Promissão nos perfis de condutividade. Sandes (1998) e Minillo (2005) encontraram

tendência à homogeneidade ao longo da coluna de água para os reservatórios estudados. Não houve diferença marcante entre os valores de condutividade dos dois reservatórios. Tundisi et al. (1988), Barbosa et al. (1999), Rodgher (2001), Luzia (2004) e Minillo (2005) observaram maiores valores de condutividade no reservatório de Barra Bonita do que no de Promissão.

Para o reservatório de Promissão, o perfil de temperatura apresentou tendência à homogeneidade, com leve redução nas maiores profundidades. Para Barra Bonita, o perfil de temperatura também foi homogêneo, a não ser em 03/03/06, quando os maiores valores (30,1 e 30,3 °C) foram observados na superfície (Figura 1.5).

Figura 1.5 – Perfil de temperatura na coluna de água dos reservatórios de Barra Bonita e Promissão, Médio rio Tietê, SP, em diferentes datas de 2006, durante a ocorrência de florações de cianobactérias.

Sandes (1998) verificou perfis térmicos homogêneos, bem como pequenas oscilações na camada superficial indicando frágeis estratificações térmicas no reservatório de Barra Bonita. Luzia (2004), no verão, registrou temperaturas homogêneas da superfície ao fundo em Barra Bonita e estratificações na superfície e no fundo em Promissão. No inverno, o autor verificou isoterma para os dois reservatórios. Minillo (2005) observou padrão de isoterma, bem como casos de microestratificação térmica nos reservatórios estudados. Segundo Tundisi et al. (1990), algumas estratificações, como termoclinas, podem ocorrer nos reservatórios, mas se limitam a curtos períodos de tempo, devido ao caráter polimítico dos mesmos.

As maiores concentrações de oxigênio dissolvido (OD) foram encontradas no reservatório de Barra Bonita (em torno de 11 mg/L). Contudo, os perfis de OD mostraram diminuição da concentração ao longo da coluna de água, com anoxia para os reservatórios de Barra Bonita (a partir de 10 m) e de Promissão (entre 15 e 20 m) (Figura 1.6). Não foi possível obter valores de OD para Barra Bonita 15/07/06, em virtude de problemas com o eletrodo do multisensor.

Barbosa et al. (1999) observaram a ocorrência de anoxia nos três primeiros reservatórios do sistema em cascata do Tietê, o que inclui Barra Bonita, entre 5 e 10 m de profundidade; e no reservatório de Promissão, a 20 m. Sandes (1998), para o reservatório de Barra Bonita, obteve perfis da concentração de oxigênio dissolvido que indicaram homogeneidade, bem como com redução em direção ao fundo, indicando tênue estratificação na coluna de água. Apesar da obtenção de menores valores de concentração de oxigênio dissolvido em direção ao fundo, o autor não detectou anoxia durante o período de estudo. Calijuri (1999), no mesmo reservatório, não observou estratificações térmicas pronunciadas, porém, as estratificações de oxigênio dissolvido, com ocorrência de hipolímnio anóxico, foram freqüentemente observadas. Minillo

(2005) observou a ocorrência de estratificação para a concentração de oxigênio dissolvido na coluna de água, com concentrações decrescentes em relação à profundidade nos reservatórios do sistema em cascata do Tietê. Rodgher (2001) não detectou anoxia nas camadas mais profundas de tais reservatórios e relacionou com a mistura completa das camadas superiores com maior concentração de oxigênio e das camadas inferiores com menor concentração. Luzia (2004) registrou maior concentração de concentração de oxigênio dissolvido na água do reservatório de Promissão, no entanto com grande diminuição na concentração, próximo ao fundo.

Figura 1.6 – Perfil da concentração de oxigênio dissolvido (OD) na coluna de água dos reservatórios de Barra Bonita e Promissão, Médio rio Tietê, SP, em diferentes datas de 2006, durante a ocorrência de florações de cianobactérias.

No presente trabalho, redução dos valores de pH, temperatura e OD e, às vezes, aumento dos de condutividade no fundo dos reservatórios podem indicar predomínio do processo de decomposição de matéria orgânica.

Segundo Tundisi et al. (1988), a maioria dos reservatórios do Estado de São Paulo é caracterizada como sendo de circulação polimítica, devido à baixa profundidade, o que favorece ação do vento, promovendo a circulação completa no inverno e no verão, provocando a desestratificação e tornando-os homogêneos térmica e quimicamente. De fato, o reservatório de Barra Bonita é um ecossistema polimítico, onde os principais fatores externos são: precipitação, vento, radiação solar, vazão e tempo de retenção da água. Esses fatores, aliados ao regime operacional da usina hidrelétrica, implicam em variações diárias na circulação de água, alternando períodos de turbulência e curtos períodos de estratificação no reservatório (CALIJURI e SANTOS, 1996; CALIJURI, 1999), apesar da profundidade relativamente elevada (27,0m). Diante de tais características, é difícil estabelecer um padrão de distribuição das variáveis limnológicas para os reservatórios em questão.

Em relação ao material em suspensão, as maiores concentrações foram registradas para o reservatório de Barra Bonita em 03/03/06 e 15/07/06, principalmente na superfície, com 20,0 e 18,7 mg/L, respectivamente (Figura 1.7). Barbosa et al. (1999), Rodgher (2001) e Minillo (2005), em geral, também obtiveram maiores valores de concentração de material em suspensão para o reservatório de Barra Bonita do que para o de Promissão. Para Promissão 17/03/06, a concentração de sólidos suspensos totais diminuiu com o aumento da profundidade, ao passo que, para Barra Bonita 14/03/06 e Promissão 08/03/06, a concentração variou pouco nas profundidades amostradas, mostrando-se bem distribuído na coluna de água, evidenciando circulação ou mistura completa.

Figura 1.7 – Concentrações de sólidos suspensos totais (SST) para as amostras de água, coletadas em diferentes profundidades nos reservatórios de Barra Bonita e de Promissão, Médio rio Tietê, SP, em diferentes datas de 2006, durante a ocorrência de florações de cianobactérias.

De modo geral, a concentração de sólidos suspensos voláteis (SSV) foi bem maior do que a de sólidos suspensos fixos (SSF) nas amostras de água dos reservatórios de Barra Bonita e Promissão, contribuindo com 50 – 100% para os sólidos suspensos totais (Figuras 1.8 e 1.9).

Sandes (1998) e Minillo (2005) também verificaram maior contribuição da fração orgânica no material em suspensão. Rodgher (2001), em geral, obteve maior contribuição da fração inorgânica no material em suspensão para o reservatório de Barra Bonita e da fração orgânica, para o de Promissão.

Figura 1.8 – Contribuição dos sólidos suspensos fixos (SSF) e voláteis (SSV) na composição dos sólidos suspensos totais (SST) para as amostras de água coletadas em diferentes profundidades no reservatório de Barra Bonita, Médio rio Tietê, SP, em diferentes datas em 2006, durante florações de cianobactérias.

Figura 1.9 – Contribuição dos sólidos suspensos fixos (SSF) e voláteis (SSV) na composição dos sólidos suspensos totais (SST) para as amostras de água coletadas em diferentes profundidades, no reservatório de Promissão, Médio rio Tietê, SP, em diferentes datas de 2006, durante florações de cianobactérias.

O limite da zona eufótica (Zeu) foi menor no reservatório de Barra Bonita do que no de Promissão (Figura 1.10), uma vez que, como visto anteriormente, as concentrações de material em suspensão foram maiores no primeiro. Minillo (2005) também verificou aumento no limite da zona eufótica de Barra Bonita para Promissão. Rodgher (2001) observou maior transparência da água ou visibilidade do disco de Secchi no reservatório de Promissão. De acordo com Calijuri et al. (2002), vários autores têm demonstrado, nos últimos anos, uma drástica redução da Zeu e um aumento

na quantidade de nutrientes para os reservatórios do Estado de São Paulo, particularmente para o de Barra Bonita.

Figura 1.10 – Profundidade, transparência da água e limite da zona eufótica (Zeu) para os reservatórios de Barra Bonita e Promissão, Médio rio Tietê, SP, em diferentes datas de 2006, durante florações de cianobactérias.

Em ambos os reservatórios, o limite da zona eufótica foi determinado pela fração orgânica que, como mostrado anteriormente, foi superior à fração inorgânica dos sólidos suspensos totais. O maior componente da fração orgânica parece ser a comunidade fitoplancônica, uma vez que o estudo foi realizado durante a ocorrência de florações de cianobactérias. De fato, segundo Calijuri (1999), as proliferações de algas influenciam a extensão da zona eufótica, especialmente na época seca.

Em relação aos nutrientes, as concentrações de silicato foram praticamente constantes na coluna de água para as amostras de água dos reservatórios de Barra Bonita (6,39 – 8,32 mg/L) e Promissão (5,14 – 6,77 mg/L) (Figura 1.11). Sandes (1998) observou poucas flutuações da concentração de silicato ao longo da coluna de água no reservatório de Barra Bonita. Luzia (2004) também não registrou diferença marcante na concentração de silicato entre superfície e fundo dos reservatórios em cascata. Minillo

(2005) e Rodgher (2001) encontraram, em geral, maior concentração de silicato no reservatório de Promissão do que no de Barra Bonita. Segundo Wetzel (1993), o conteúdo de sílica em águas naturais é menos variável do que o de outros componentes inorgânicos, e a média mundial é de 13 mg/L, com pequenas variações entre os continentes. A sílica é muito importante para as algas diatomáceas (Bacillariophyceae), que assimilam grandes quantidades para a síntese de suas frústulas.

Figura 1.11 – Concentrações de silicato para as amostras de água coletadas em diferentes profundidades nos reservatórios de Barra Bonita e Promissão, Médio rio Tietê, SP, em diferentes datas de 2006, durante florações de cianobactérias.

Em ambos os reservatórios, nitrito e amônio apresentaram concentrações menores do que nitrato (Figura 1.12), porém, essas concentrações foram maiores do que aquelas registradas em outros trabalhos (LUZIA, 2004; RODGHER, 2001; SANDES, 1998).

Figura 1.12 – Concentrações de nitrito, nitrato e amônio para as amostras de água coletadas em diferentes profundidades nos reservatórios de Barra Bonita e Promissão, Médio rio Tietê, SP, em diferentes datas de 2006, durante florações de cianobactérias.

Para Barra Bonita 03/03/06 e 14/03/06, as concentrações de nitrito não apresentaram variação com a profundidade, ao passo que para Promissão 17/03/06, a concentração aumentou ao longo da coluna de água. Para Barra Bonita 15/07/06, as maiores concentrações foram registradas para amostras de 0 a 10 m de profundidade e, para Promissão 08/03/06, para aquelas de profundidades intermediárias.

Sandes (1998) e Luzia (2004) observaram tendência à homogeneidade das concentrações de nitrito ao longo da coluna de água nos reservatórios estudados. Sandes (op. cit.) e Minillo (2005) registraram para o nitrito as menores concentrações entre as formas de nitrogênio. De fato, o nitrito é oxidado muito rapidamente e, por isso, raramente se acumula. As concentrações de nitrito são elevadas em ecossistemas aquáticos que recebem poluição intensa por matéria orgânica (WETZEL, 1993). Assim, o fato de o reservatório de Barra Bonita ser o primeiro do sistema em cascata, tendo como principais tributários os rios Tietê e Piracicaba, pode explicar as maiores concentrações de nitrito em relação ao de Promissão (2,00 – 97,36 $\mu\text{g/L}$). Para o reservatório de Barra Bonita, as concentrações de nitrito foram muito maiores em março (147,71 – 159,62 $\mu\text{g/L}$), do que em julho (6,83 – 46,22 $\mu\text{g/L}$), o que pode estar relacionado ao decréscimo na concentração de oxigênio dissolvido, devido ao maior aporte de material orgânico no período de chuva (março) e condições de anoxia nas camadas mais profundas, em contraste com o período de seca (julho).

Entre as diferentes formas de nitrogênio, o nitrato e o íon amônio assumem grande importância nos ecossistemas aquáticos, uma vez que representam as principais fontes de nitrogênio para os produtores (MARGALEF, 1983).

Como observado em estudos realizados por Sandes (op. cit.), Rodgher (2001), Luzia (op. cit.) e Minillo (op. cit.), as concentrações de nitrato foram as maiores entre as formas de nitrogênio. Além disso, não apresentaram grandes variações em relação à

profundidade, com exceção de Promissão 08/03/06 em 25 m, em que foi registrada a menor concentração (4,18 $\mu\text{g/L}$). Sandes (1998) observou variações da concentração de nitrato entre 0 e 5 m, depois um aumento e subsequente declínio em direção ao fundo no reservatório de Barra Bonita.

De modo geral, as menores concentrações entre as formas de nitrogênio analisadas foram obtidas para o amônio em ambos os reservatórios. No entanto, para Barra Bonita 03/03/06, a partir de 15 m (172,12 $\mu\text{g/L}$), e Promissão 08/03/06, em 20 m (85,83 $\mu\text{g/L}$), foram registradas concentrações relativamente altas. Sandes (1998) observou uma tendência de aumento dos valores de amônio em direção ao fundo (10 a 20 m) no reservatório de Barra Bonita. As altas concentrações de amônio no fundo dos reservatórios podem indicar decomposição de matéria orgânica ou redução do nitrato a amônio em decorrência das baixas concentrações de oxigênio dissolvido detectadas nessa região.

Para Barra Bonita 03/03/06 e 14/03/06, as concentrações de nitrogênio total oscilaram ao longo da coluna de água. Para Barra Bonita 15/07/06, as concentrações diminuíram após 5 m de profundidade. Para Promissão 08/03/06, as concentrações aumentaram em direção ao fundo. Para Promissão 17/03/06, a menor concentração registrada foi para a amostra do fundo (20 m) (Figura 1.13).

Em geral, as formas de nitrogênio analisadas apresentaram concentrações maiores para as amostras de água do reservatório de Barra Bonita do que para as de Promissão. Tal fato também foi observado em estudos realizados por Barbosa et al. (1999), Rodgher (2001), Luzia (2004) e Minillo (2005) nos reservatórios em cascata do Tietê.

Figura 1.13 – Concentrações de nitrogênio total para as amostras de água coletadas em diferentes profundidades nos reservatórios de Barra Bonita e de Promissão, Médio rio Tietê, SP, em diferentes datas de 2006, durante florações de cianobactérias.

Em relação às formas de fósforo, as maiores concentrações de fosfato inorgânico, em geral, foram registradas para o reservatório de Barra Bonita, principalmente para as amostras de água do fundo do reservatório (13,25 – 16,48 µg/L). Para Promissão, as maiores concentrações foram obtidas para as amostras de 0 e 5 m de profundidade de 08/03/06 (5,63 – 14,42 µg/L). Para Barra Bonita 14/03/06 e Promissão 17/03/06, as concentrações não apresentaram grandes variações na coluna de água (Figura 1.14).

Para Barra Bonita 03/03/06 e 15/07/06, as concentrações de fosfato total dissolvido aumentaram em direção ao fundo, enquanto para Promissão 17/03/06, diminuíram. Ao contrário do observado para o reservatório de Barra Bonita 14/03/06, as concentrações variaram na coluna de água do reservatório de Promissão 08/03/06 (Figura 1.14).

Figura 1.14 – Concentrações de fosfato inorgânico dissolvido e fosfato total para as amostras de água coletadas em diferentes profundidades nos reservatórios de Barra Bonita e de Promissão, Médio rio Tietê, SP, em diferentes datas de 2006, durante florações de cianobactérias.

Sandes (1998) observou aumento das concentrações de fosfato inorgânico e fosfato total dissolvidos na camada superficial e redução das mesmas em direção ao fundo, bem como diminuição das concentrações na camada superficial e tendência de aumento em direção ao fundo para o reservatório de Barra Bonita, evidenciando grandes variações na distribuição dos nutrientes na coluna de água deste reservatório.

As concentrações de fósforo total foram maiores para as amostras de água do reservatório de Barra Bonita do que para as de Promissão. Em geral, as concentrações

não apresentaram grandes variações ao longo da coluna de água, exceto para Barra Bonita 03/03/06, quando foi registrada a maior concentração a 25 m (264,34 $\mu\text{g/L}$), e 15/07/06, em que foram obtidas altas concentrações de 0 a 10 m de profundidade (111,66 – 160,59 $\mu\text{g/L}$) (Figura 1.15).

Figura 1.15 – Concentrações de fósforo total para as amostras de água coletadas em diferentes profundidades nos reservatórios de Barra Bonita e Promissão, Médio rio Tietê, SP, em diferentes datas de 2006, durante florações de cianobactérias.

As condições de anoxia, observadas no presente estudo, podem ocasionar a liberação de fósforo retido no sedimento, contribuindo para o processo de eutrofização dos reservatórios (THOMAZ et al., 1997). Tal fato poderia explicar as elevadas concentrações de fósforo encontradas nas maiores profundidades do reservatório de Barra Bonita. Contudo, o fósforo pode ser liberado do sedimento sem a presença de completa anoxia. SANTOS (1996), em estudo realizado no reservatório de Barra Bonita, observou que as formas fosfatadas começam a ser liberadas, aumentando em cerca de 60% a concentração de tal nutriente, a partir de 3,35 mg/L de oxigênio dissolvido. Entretanto, apesar da condição de anoxia no fundo do reservatório de

Promissão, não foram registradas maiores concentrações de fosfato ou fósforo para o mesmo.

Assim como as formas de nitrogênio, em geral, as formas de fósforo analisadas apresentaram concentrações maiores para as amostras de água do reservatório de Barra Bonita do que para as de Promissão. Tal fato também foi observado em estudos realizados por Rodgher (2001), Luzia (2004) e Minillo (2005) nos reservatórios em cascata do Tietê. Em comparação com outros macronutrientes necessários à biota, o fósforo é o menos abundante de todos, sendo, portanto, o limitante da produtividade biológica (WETZEL, 1993). Assim, tem sido apontado como o principal responsável pela eutrofização artificial dos ecossistemas aquáticos (ESTEVES, 1988).

A Tabela 1.5 mostra o grau de trofia dos reservatórios estudados.

Tabela 1.5 – Valores de índice de estado trófico (IET) e níveis tróficos correspondentes para os reservatórios de Barra Bonita e Promissão, Médio rio Tietê, SP, pela aplicação do índice de Carlson modificado por Toledo (1990) e Lamparelli (2004).

Reservatório	Data	IET de Carlson modificado por Toledo (1990)		IET de Carlson modificado por Lamparelli (2004)	
		IET	Nível trófico	IET*	Nível trófico
Barra Bonita	03/03/06	57	eutrófico	64	supereutrófico
	14/03/06	55	eutrófico	64	supereutrófico
	15/07/06	62	eutrófico	67	supereutrófico
Promissão	08/03/06	44	mesotrófico	55	mesotrófico
	17/03/06	45	mesotrófico	58	mesotrófico

* valores obtidos a partir da média entre IET (CI) e IET (PT)

O reservatório de Promissão foi classificado como mesotrófico por Rodgher (2001), de acordo com o índice de Carlson modificado por Toledo et al. (1983). Os

valores de IET obtidos por Matsumura-Tundisi et al. (2006), utilizando apenas a concentração de fósforo segundo Carlson (1977), mostraram que os três primeiros reservatórios do Médio Tietê (Barra Bonita, Bariri e Ibitinga) se enquadram como eutróficos e, dependendo da época do ano, mesotróficos ou até mesmo hipereutróficos; ao passo que o reservatório de Promissão apresenta características mesotróficas com tendência à eutrofia.

O reservatório de Barra Bonita é o mais eutrofizado (BARBOSA et al., 1999; LUZIA, 2004; MINILLO, 2005; RODGHER, 2001), uma vez que é o primeiro do sistema em cascata e recebe grande parte da carga poluidora, doméstica e industrial, da região metropolitana de São Paulo, Sorocaba e Campinas, e das regiões de cultivo extensivo de cana-de-açúcar, além da carga da bacia do rio Piracicaba, seu principal tributário (MATSUMURA-TUNDISI et al., op. cit.). Os primeiros estudos realizados nos reservatórios em cascata do rio Tietê em 1979 e em anos subseqüentes (MATSUMURA-TUNDISI et al., 1981; TUNDISI, 1981; TUNDISI e MATSUMURA-TUNDISI, 1989) já evidenciavam a grande carga de matéria orgânica que tal reservatório estava recebendo, com prognóstico de acelerado processo de eutrofização, que se concretizou em pouco mais de 40 anos após a construção do mesmo. Segundo Tundisi (2003), na década de 1970, estimava-se o grau de trofia para o reservatório como oligotrófico; na década de 1980, tal classificação passou a mesotrófico; em 1990, se enquadrava na classificação de eutrófico e, em meados de 2000, já se mostrava hipereutrófico.

Segundo Tundisi (1988), os reservatórios do Médio e do Baixo Tietê localizam-se em regiões de alta densidade populacional e com diversas atividades econômicas, sendo essas agrícolas e industriais em larga escala, as quais acabam se tornando fontes adicionais de nutrientes. Assim, dependendo dos usos e ocupação da bacia hidrográfica,

o efeito crescente de controle da qualidade da água no sistema em cascata não pode ser observado, devido à entrada de cargas pontuais e difusas (MATSUMURA-TUNDISI et al., 1981; SANDES, 1990). Segundo Matsumura-Tundisi et al. (2000), a grande quantidade de nutrientes que ocorre no primeiro reservatório em série do rio Tietê nem sempre adquire uma redução gradativa nos reservatórios subseqüentes, porque cada reservatório apresenta particularidades em relação ao tamanho, volume de água, tempo de residência, tributários que recebe e uso da bacia hidrográfica em seu entorno.

1.4.2. Comunidade fitoplanctônica

As variações temporal e espacial do fitoplâncton são controladas por fatores ambientais sazonais (radiação solar, alteração do fotoperíodo, precipitação, vento), que, por sua vez, influenciam a dinâmica dos nutrientes (MARGALEF, 1983), bem como por fatores bióticos, tais como parasitismo, competição e herbivoria, além das características fisiológicas de cada espécie, consideradas importantes na estruturação das comunidades fitoplanctônicas (HUTCHINSON, 1967; ROCHA, 1978; WETZEL, 1993).

No total, para o reservatório de Barra Bonita, foram registrados 82 táxons distribuídos em 8 classes (Figura 1.16; Apêndice A): Chlorophyceae (30), Cyanophyceae (28), Bacillariophyceae (16), Conjugatophyceae (3), Euglenophyceae (2), Cryptophyceae (1), Chrysophyceae (1) e Xanthophyceae (1). Embora ocorressem exceções em algumas profundidades, na maioria das vezes, as cianobactérias contribuíram com maior riqueza (número de táxons) para a constituição do fitoplâncton

nas amostragens realizadas. Para o reservatório de Promissão, foi encontrada menor riqueza em relação ao de Barra Bonita, sendo registrados 30 táxons distribuídos em 6 classes (Figura 1.16, Apêndice A): Cyanophyceae (15), Chlorophyceae (6), Bacillariophyceae (5), Conjugatophyceae (1), Euglenophyceae (2) e Cryptophyceae (1).

Figura 1.16 – Número de táxons por classe fitoplantônica para as amostras coletadas em diferentes profundidades nos reservatórios de Barra Bonita e Promissão, Médio rio Tietê, SP, em diferentes datas de 2006, durante a ocorrência de florações de cianobactérias.

Apesar dos trabalhos citados serem de difícil comparação, em virtude das diferenças de metodologia e periodicidade utilizadas, os dados são apresentados a título de informação. Para os reservatórios do sistema em cascata do Tietê, Minillo (2005) encontrou maior riqueza para as clorofíceas, seguida de cianobactérias e diatomáceas, porém, maior densidade para cianobactérias.

Para o reservatório de Barra Bonita, Sandes (1998), em estudo intensivo, registrou 92 táxons distribuídos em 8 classes, sendo que as clorofíceas contribuíram com maior riqueza. Calijuri (1999), em estudos mensais e intensivos sazonais, identificou 131 táxons distribuídos em 9 classes, sendo que as clorofíceas também contribuíram com maior número de espécies, mas as cianobactérias apresentaram maior abundância relativa. Dellamano-Oliveira (2006), também em estudos mensais e intensivos sazonais, encontrou 139 táxons distribuídos em 9 classes, sendo que clorofíceas, cianobactérias e diatomáceas alternaram-se na representatividade do maior número de táxon, porém, no total, as clorofíceas contribuíram com maior riqueza. Os grupos mais representativos em termos de densidade foram, em ordem decrescente, cianobactérias, clorofíceas, diatomáceas e criptofíceas.

Embora as clorofíceas tenham contribuído com maior riqueza, as cianobactérias, principalmente na superfície, e as diatomáceas, nas demais profundidades, apresentaram maior abundância e densidade no reservatório de Barra Bonita (Figuras 1.17 e 1.18). No reservatório de Promissão, as cianobactérias, além de contribuírem com maior riqueza, apresentaram maior abundância e densidade em todas as amostras analisadas (Figuras 1.17 e 1.19).

Figura 1.17 – Abundância relativa das classes fitoplantônicas para as amostras coletadas em diferentes profundidades nos reservatórios de Barra Bonita e Promissão, Médio rio Tietê, SP, em diferentes datas de 2006, durante a ocorrência de florações de cianobactérias.

Para Barra Bonita 03/03/06 e 14/03/06, a densidade fitoplanctônica foi maior na superfície do reservatório, sendo as cianobactérias o grupo de maior contribuição. Em 03/03/06, a 10 m de profundidade, as diatomáceas apresentaram maior densidade. Para Barra Bonita 15/07/06, as maiores densidades do fitoplâncton foram registradas entre 0 e 10 m de profundidade, sendo as cianobactérias o grupo de maior contribuição. Nas demais profundidades (15 a 25 m), as diatomáceas apresentaram maior densidade, com destaque para espécies do gênero *Aulacoseira* (Figura 1.18).

Em outros estudos realizados no reservatório de Barra Bonita, Luzia (2004), apresentando dados de 1990, mostrou que as cianobactérias foram as mais abundantes. Minillo (2005) encontrou as diatomáceas e as cianobactérias como as mais abundantes. Sandes (1998) observou que as cianobactérias foram dominantes entre 0 e 1 m e abundante de 5 a 20 m, sendo que, nessas profundidades, as diatomáceas apresentaram maior contribuição. Dellamano-Oliveira (2006) também observou que, em geral, o eixo vertical do reservatório foi dominado pelas cianobactérias no epilímnio e pelas diatomáceas no hipolímnio. Essa distribuição era esperada, visto que as cianobactérias abundantes em Barra Bonita, principalmente células livres de *Microcystis* spp. e *Pseudanabaena mucicola*, possuem mecanismos de flutuação, ausentes nas diatomáceas, como espécies de *Aulacoseira*, que são filamentosas.

De fato, a capacidade de flutuar é um dos atributos mais importantes para os organismos planctônicos, pois é a permanência na coluna de água que lhes assegura disponibilidade de luz e de nutrientes para a sobrevivência (REYNOLDS, 1988). Segundo Reynolds (op. cit.), uma das grandes barreiras para as diatomáceas é a permanência na coluna de água, uma vez que suas células são muito densas e têm alta taxa de sedimentação. Portanto, de acordo com Hutchinson (1967), os movimentos da água exercem papel fundamental em manter o fitoplâncton suspenso na coluna de água.

Figura 1.18 – Densidade das classes fitoplancônicas para as amostras coletadas em diferentes profundidades no reservatório de Barra Bonita, Médio rio Tietê, SP, em diferentes datas de 2006, durante a ocorrência de florações de cianobactérias.

Talling (1966) expõe que as diatomáceas são típicas de ambientes com turbulência, pois suportam o constante transporte através das zonas eufótica e afótica, uma vez que têm exigência de luz inferior à das outras algas (HUTCHINSON, 1967; SOMMER, 1988). Ainda, segundo o autor, a turbulência tem duas funções: contribuir para o aumento da concentração de sílica na coluna de água retirando-a de camadas mais profundas; e manter as diatomáceas em suspensão pelo constante transporte, impedindo-as de afundar. Em condições hidrodinâmicas estáveis, a taxa de sedimentação dessas algas não permite que elas se mantenham na coluna de água. Portanto, de acordo com Reynolds (1984), a presença de diatomáceas é indício de ambiente com grande ação do vento, pois essas algas são contempladas por períodos de mistura, porém com menor penetração de luz.

O reservatório de Barra Bonita é um sistema polimítico, sendo, desse modo, a comunidade fitoplanctônica controlada principalmente pela mistura da água e pela radiação solar, visto que os nutrientes não parecem ser limitantes. Segundo Calijuri (1999), o vento é o principal responsável pela freqüente mistura da água nas camadas superficiais, favorecendo o não desenvolvimento de estratificação térmica persistente. Na ausência de chuvas e em baixas intensidades de vento, microestratificações são produzidas pela radiação solar.

Para Promissão 08/03/06, as maiores densidades do fitoplâncton foram registradas para 5 e 10 m de profundidade. Para 17/03/06, a densidade fitoplanctônica diminuiu ao longo da coluna de água, porém foi maior do que aquela registrada em 08/03/06 (Figura 1.19). Observou-se que a densidade do fitoplâncton do reservatório de Barra Bonita foi menor do que a de Promissão, o que pode ser explicado pela maior extensão da zona eufótica do último.

Em estudos realizados nos reservatórios em cascata do rio Tietê, Luzia (2004), apresentando dados de 1990, mostrou que, no reservatório de Promissão, as clorofíceas foram as mais abundantes, seguidas das cianobactérias e das crisofíceas. Minillo (2005) observou que, em geral, as cianobactérias foram o grupo mais abundante, seguidas das clorofíceas. O autor também encontrou maior densidade fitoplancônica no reservatório de Promissão do que no de Barra Bonita.

Figura 1.19 – Densidade das classes fitoplancônicas para as amostras coletadas em diferentes profundidades no reservatório de Promissão, Médio rio Tietê, SP, durante a ocorrência de florações de cianobactérias, em 2006.

Diversos estudos têm apontado as condições ambientais e as características apresentadas pelas cianobactérias, que conferem a esses organismos vantagens competitivas, como os fatores que as tornam dominantes e persistentes em corpos de água.

Estudos realizados em reservatórios brasileiros têm demonstrado que ambientes com elevado grau de trofia, concentrações de P-total entre 50 – 660 µg/L, pH levemente elevado (7,0 – 9,0), baixa profundidade (2,8 – 14 metros), temperatura da água relativamente alta (acima de 20°C) e razão N/P total entre 2 e 19, são ambientes adequados para a proliferação e manutenção dos florescimentos de cianobactérias (SANT'ANNA e AZEVEDO, 2000). Além disso, fluxo de água, turbulência e vento podem influenciar a dominância de cianobactérias (YOO et al., 1995), quando proporcionam condições de estabilidade. As condições mencionadas foram encontradas nos reservatórios de Barra Bonita e Promissão.

Os mecanismos de adaptação empregados pelas cianobactérias consistem em: armazenar fósforo, possibilitando-as a se reproduzirem por quatro gerações quando o fósforo torna-se limitante; armazenar nitrogênio; fixar nitrogênio atmosférico por meio de heterocitos, quando a concentração de nitrato e amônia torna-se baixa; absorver melhor o carbono; permanecer por longos períodos no escuro, sob condições anaeróbicas, e, ainda assim, mantendo a capacidade fotossintética; produzir esporos de resistência (acinetos); formar aerótopos que possibilitam a flutuação na coluna de água, otimizando as condições de luz e de nutrientes necessários para o crescimento; utilizar compostos orgânicos (heterotrofia e mixotrofia) em condições de baixa luminosidade; possuir um complexo de pigmentos acessórios, como as ficobilinas (ficocianina, ficoeritrina), necessário para absorção mais eficiente da luz em qualquer habitat, bem como para tolerar exposição à luz ultravioleta; produzir substâncias tóxicas; inibir

mecanicamente (mucilagem, filamentos) a herbivoria (DOKULIL e TEUBNER, 2000; ESTEVES, 1988; FULTON, 1988; LUND, 1965; SHAPIRO, 1997; STEWART, 1974; YOO et al., 1995). Além disso, muitas cianobactérias podem utilizar o sulfeto de hidrogênio (H_2S) em vez de água como doador de elétrons. Assim, sob altas concentrações de H_2S , formado na ausência de oxigênio, fotossintetizam como as bactérias sulfurosas púrpuras e verdes, depositando enxofre nas células em vez de liberar oxigênio (MARGULIS e SCHWARTZ, 2001).

Nos reservatórios de Barra Bonita e Promissão, maior abundância e densidade de cianobactérias eram esperadas, uma vez que as coletas foram realizadas durante a ocorrência de florações desse grupo. A seguir, são apresentadas as Figuras 1.20 a 1.24, mostrando a densidade e a abundância relativa das espécies de cianobactérias registradas para as amostras analisadas. Para melhor visualização, aquelas espécies, cuja abundância relativa total foi menor do que 10%, foram colocadas na categoria “Outras”, sendo relacionadas na legenda de cada figura.

Para Barra Bonita 03/03/06, células livres de *Microcystis* spp. e *Pseudanabaena mucicola* apresentaram maior densidade, bem como foram mais abundantes entre 0 e 10 m de profundidade. Nas demais profundidades amostradas (15 a 25 m), as espécies filamentosas *Cylindrospermopsis raciborskii*, *Planktothrix* sp. e *Geitlerinema unigranulatum* foram mais abundantes (Figura 1.20). *P. mucicola* é uma espécie comumente associada à *Microcystis* (VASCONCELOS e PEREIRA, 2001). *Microcystis*, *Planktothrix* e *Cylindrospermopsis* estão entre as cianobactérias com aerótopos que formam grandes massas. *Geitlerinema* não apresenta aerótopos, mas pode se multiplicar excessivamente, sem formar massas superficiais (AZEVEDO, 2002).

Para o reservatório de Barra Bonita, Minillo (2005) encontrou espécies dos gêneros *Microcystis*, *Pseudanabaena* e *Anabaena* em destaque, e Dellamano-Oliveira

(2006) registrou as espécies *Microcystis aeruginosa* e *M. protocystis* e células livres de *Microcystis* spp. como as mais abundantes.

Figura 1.20 – Densidade e abundância relativa das espécies de cianobactérias para as amostras coletadas no dia 03/03/2006, em diferentes profundidades, no reservatório de Barra Bonita, Médio rio Tietê, SP. (Outras: *Anabaena* sp., *Aphanocapsa* sp.2, *Aphanothece* sp., *Chroococcus minutus*, *Merismopedia tenuissima*, *Microcystis panniformis*, *Microcystis protocystis* e *Phormidium* sp.)

Para Barra Bonita 14/03/06, células livres de *Microcystis* spp. e *Pseudanabaena mucicola* apresentaram maior densidade, bem como foram mais abundantes em todas as profundidades amostradas (Figura 1.21).

Figura 1.21 – Densidade e abundância relativa das espécies de cianobactérias para as amostras coletadas no dia 14/03/2006, em diferentes profundidades, no reservatório de Barra Bonita, Médio rio Tietê, SP. (Outras: *Aphanocapsa* sp.1., *Aphanocapsa* sp.2., *Coelomoron* sp., *Merismopedia glauca*, *Microcystis aeruginosa*, *Microcystis panniformis*, *Microcystis protocystis* e *Sphaerocavum brasiliense*)

Para Barra Bonita 15/07/06, de modo geral, *Aphanothece* sp., células livres de *Microcystis* spp. e *Pseudanabaena mucicola* apresentaram maior densidade, bem como foram mais abundantes entre 0 e 10 m de profundidade. Nas demais profundidades amostradas, houve destaque de *Aphanothece* sp. (Figura 1.22). Esse gênero, desprovido de aerótopos, pode se multiplicar excessivamente sem, contudo, formar massas superficiais (AZEVEDO, 2002). Assim, sua presença na superfície pode ser decorrente da característica polimítica do reservatório.

Sandes (1998), estudando o florescimento de *Microcystis* no reservatório de Barra Bonita, observou que colônias pequenas de *M. aeruginosa* foram mais numerosas do que as médias e as grandes, com densidade de 14 – 6790 org/mL. Calijuri (1999) também notou que as colônias médias e grandes de *M. aeruginosa* foram escassas ou ausentes, tendo encontrado principalmente pequenos grumos com até 20 células. Para o autor, a manutenção da vazão turbinada, necessária à produção de energia elétrica, junto com a duração e a intensidade da mistura da coluna de água produzida pelo vento e pela radiação solar, são os sustentáculos da instabilidade física, que favorece a permanência de células livres de *Microcystis* e dificulta a formação de colônias nesse reservatório. Minillo (2005) encontrou ampla ocorrência de cianobactérias em formas coloniais nos reservatórios em cascata do Tietê, com maior predominância e elevadas densidades nos três primeiros do sistema, o que inclui Barra Bonita. No presente trabalho, células livres de *Microcystis* spp. se destacaram em ambos os reservatórios.

Figura 1.22 – Densidade e abundância relativa das espécies de cianobactérias para as amostras coletadas no dia 15/07/2006, em diferentes profundidades, no reservatório de Barra Bonita, Médio rio Tietê, SP. (Outras: *Anabaena spiroides*, *Cylindrospermopsis raciborskii*, *Geitlerinema sp.*, *Microcystis robusta* e *Planktothrix sp.*)

Em relação às cianobactérias com ocorrência no reservatório de Promissão, as células livres de *Microcystis* spp. apresentaram maior densidade, bem como foram mais abundantes em todas as profundidades amostradas nas coletas realizadas em 08/03/06 e 17/03/06 (Figuras 1.23 e 1.24). Minillo (2005), no mesmo reservatório, observou espécies dos gêneros *Cylindrospermopsis*, *Microcystis* e *Raphidiopsis* em destaque.

Figura 1.23 – Densidade e abundância relativa das espécies de cianobactérias para as amostras coletadas no dia 08/03/2006, em diferentes profundidades, no reservatório de Promissão, Médio rio Tietê, SP. (Outras: *Aphanocapsa* sp.1, *Aphanothece* sp., *Chroococcus minimus*, *Coelomoron* sp., *Cylindrospermopsis raciborskii*, *Merismopedia glauca*, *Merismopedia tenuissima*, *Phormidium* sp.e *Planktothrix* sp.)

Cylindrospermopsis raciborskii esteve presente em densidades pouco significativas em ambos os reservatórios. Contudo, observou-se que essa espécie apresentou heterocitos no reservatório de Promissão, mas não no de Barra Bonita. A formação dos heterocitos está diretamente relacionada ao teor de nitrogênio no meio: quando a concentração do elemento está baixa, maior número de heterocitos será

formado, uma vez que estes são células especiais onde ocorre a fixação de nitrogênio atmosférico (AZEVEDO e SANT'ANNA, 2006). De fato, a concentração das formas de nitrogênio foi menor no reservatório de Promissão do que no de Barra Bonita.

Figura 1.24 – Densidade e abundância relativa das espécies de cianobactérias para as amostras coletadas no dia 17/03/2006, em diferentes profundidades, no reservatório de Promissão, Médio rio Tietê, SP. (Outras: *Aphanocapsa* sp.1, *Aphanothece* sp., *Chroococcus minimus*, *Coelomoron* sp., *Merismopedia tenuissima*, *Microcystis aeruginosa* e *Microcystis panniformis*)

Para Reynolds (1984), as colônias de *Microcystis* se estabelecem no epilímnio, após o crescimento ter se iniciado em águas profundas e anóxicas, bem como o ambiente ter se tornado térmica e quimicamente estratificado. No presente trabalho, a ocorrência de hipolímnio anóxico, observada em ambos os reservatórios, aliada aos mecanismos de adaptação, teriam favorecido a dominância dessa espécie, principalmente no reservatório de Promissão.

Os valores do índice de uniformidade (U') foram de 0,66 (03/03/06), 0,55 (14/03/06) e 0,75 (15/07/06) para o reservatório de Barra Bonita, e de 0,21 (08/03/06) e 0,26 (17/03/06) para o de Promissão. Minillo (2005) registrou valores de índice de uniformidade ligeiramente maiores para o reservatório de Barra Bonita (0,49 a 0,87) do que para o de Promissão (0,40 a 0,78).

O reservatório de Barra Bonita também apresentou maiores valores de riqueza e diversidade de espécies fitoplancônicas do que o de Promissão (Figura 1.25), apesar de estar aparentemente mais degradado, considerando-se as variáveis analisadas.

Figura 1.25 – Riqueza e diversidade de espécies (H') para as amostras de água coletadas nos reservatórios de Barra Bonita e de Promissão, Médio rio Tietê, SP, em diferentes datas de 2006, durante a ocorrência de florações de cianobactérias.

Esse paradoxo pode ser explicado pela Hipótese do Distúrbio Intermediário – HDI (REYNOLDS, 1988; REYNOLDS et al., 1993; SOMMER et al., 1993). Distúrbios de frequência e/ou intensidade intermediária ofereceriam oportunidades repetidas para o restabelecimento de populações pioneiras e de populações competidoras que resistiram ao distúrbio sem dominar completamente a comunidade, resultando, assim, em uma maior diversidade. Ao contrário, a ausência de distúrbio ou um distúrbio muito intenso levaria à diversidade mínima. Desse modo, a frequência de distúrbios exerce grande influência sobre a diversidade do fitoplâncton. Além de ser o primeiro do sistema em cascata do rio Tietê, o reservatório de Barra Bonita tem menor profundidade e tempo de residência do que o de Promissão, estando, portanto, mais sujeito a distúrbios, que conduziriam a uma maior diversidade da comunidade fitoplanctônica.

Sandes (1998) registrou índice de diversidade entre 0,8 e 2,84 bits/ind e Dellamano-Oliveira (2006) entre 1,21 a 4,81 bits/ind para o reservatório de Barra Bonita. Minillo (2005) encontrou, em geral, maiores valores de índice de diversidade para o reservatório de Barra Bonita (2,14 – 4,03 bits/ind) do que para o de Promissão (1,67 – 4,02 bits/ind), sendo estes últimos maiores do que os registrados no presente estudo. Calijuri e Santos (1996), Sandes (op. cit.) e Minillo (op. cit.) relacionaram a ocorrência de maior diversidade no reservatório de Barra Bonita com períodos de maior instabilidade, de mistura da coluna de água.

Para o reservatório de Barra Bonita, Sandes (op. cit.) observou uma redução abrupta do índice de diversidade e baixo índice de uniformidade (0,29) durante floração de cianobactérias, principalmente *Microcystis aeruginosa*, na camada superficial. Calijuri (1999) também registrou a menor riqueza (22 táxons), o menor índice de diversidade (0,60 bits/ind) e o menor índice de uniformidade (0,13) da comunidade fitoplanctônica, quando células livres de *M. aeruginosa* apresentaram maior densidade e

abundância. No presente trabalho, baixos valores de índice de uniformidade (0,21 e 0,26), de riqueza (20 e 24) e de índice de diversidade (0,88 e 1,16) foram encontrados para o reservatório de Promissão, cuja comunidade fitoplanctônica foi dominada por células livres de *Microcystis* spp.

Em relação à clorofila-*a*, as concentrações foram maiores para o reservatório de Barra Bonita do que para o de Promissão (Figura 1.26). Para o reservatório de Barra Bonita, a concentração foi maior em 14/03/06 e 15/07/06 do que em 03/03/06, sendo maior da superfície até 10 m, com exceção de 14/03/06, em que elevada concentração (50,24 µg/L) foi registrada para 25 m. A concentração de feofitina, produto de degradação da clorofila, foi menor do que a de clorofila-*a*, a não ser para amostras de maior profundidade (15 e 25 m) de 15/07/06, evidenciando processo de decomposição. Para o reservatório de Promissão, a concentração de clorofila-*a* foi maior do que a de feofitina em todas as amostras analisadas.

Sandes (1998), para o reservatório de Barra Bonita, encontrou maiores concentrações de clorofila-*a*, com oscilações, entre 0 e 1 m de profundidade, e, em geral, declínio em direção ao fundo. Barbosa et al. (1999), Luzia (2004) e Minillo (2005) encontraram, em geral, maior concentração de clorofila-*a* para o reservatório de Barra Bonita do que para o de Promissão, assim como no presente trabalho. Segundo Barbosa et al. (op. cit.), o constante aporte de nutrientes é uma das principais condições para os elevados valores de clorofila nos primeiros reservatórios do sistema em cascata do rio Tietê.

Embora tenha apresentado maior concentração de clorofila-*a*, foi observada menor densidade fitoplanctônica para o reservatório de Barra Bonita.

Figura 1.26 – Concentração de clorofila-*a* e de feofitina para as amostras de água coletadas em diferentes profundidades nos reservatórios de Barra Bonita e Promissão, Médio rio Tietê, SP, em diferentes datas de 2006, durante a ocorrência de florações de cianobactérias.

De acordo com Calijuri (1988), no reservatório de Barra Bonita, o efeito limitante da penetração de luz sobre a atividade fotossintética é mais forte do que o da disponibilidade de nutrientes. Portanto, as altas concentrações de clorofila nesse reservatório, bem como na zona afótica de ambos os reservatórios, podem estar

relacionadas ao fenômeno de “fotoadaptação compensatória” proposto por Reynolds (1999). Esse fenômeno refere-se ao aumento da capacidade fotossintética dos organismos fitoplanctônicos por acréscimo do conteúdo de massa específica de clorofila ou por acentuação de seus pigmentos acessórios, garantindo que mais fótons sejam absorvidos em uma faixa mais ampla de comprimentos de onda, durante o curto período em que permanecem expostos à luz.

Ainda, organismos fitoplanctônicos de maior biovolume podem apresentar, mesmo em menor densidade, maior biomassa, indicada pela concentração de clorofila (ESTEVES, 1988). De fato, além das cianobactérias, representadas por espécies de *Microcystis*, *Pseudanabaena* e *Aphanothece*, clorofíceas e diatomáceas, representadas por espécies de *Aulacoseira*, que são filamentosas e de grande biovolume, foram os principais componentes da comunidade fitoplanctônica do reservatório de Barra Bonita. Por outro lado, apesar da maior densidade, a comunidade fitoplanctônica do reservatório de Promissão foi constituída principalmente por células livres de *Microcystis*, de menor biovolume. Calijuri (1999) observou que, embora as cianobactérias (representada por células livres de *M. aeruginosa*) tenham sido o grupo a apresentar a maior abundância relativa, as diatomáceas (representadas por *A. granulata granulata*) foram o grupo que mais contribuiu para os valores de biovolume no reservatório de Barra Bonita.

No presente estudo, foi observada uma relação inversa entre a densidade das cianobactérias e a razão NT/PT (nitrogênio total/fósforo total), ou seja, a densidade desse grupo, em geral, foi maior em menores valores de NT/PT nos reservatórios de Barra Bonita (Figura 1.27) e Promissão (Figura 1.28). Tal fato pode ser observado especialmente para o epilímnio, uma vez que, no hipolímnio, o efeito limitante de outros fatores parece ser mais forte do que o da razão N/P na estrutura da comunidade fitoplanctônica.

Figura 1.27 – Relação entre densidade de cianobactérias e razão nitrogênio total/fósforo total (NT/PT) para as amostras de água coletadas em diferentes profundidades no reservatório de Barra Bonita, Médio rio Tietê, SP, em diferentes datas de 2006, durante a ocorrência de florações de cianobactérias.

Figura 1.28 – Relação entre densidade de cianobactérias e razão nitrogênio total/fósforo total (NT/PT) para as amostras de água coletadas em diferentes profundidades no reservatório de Promissão, Médio rio Tietê, SP, em 08 e 17/03/2006, durante a ocorrência de florações de cianobactérias.

Para os reservatórios em cascata do rio Tietê, Minillo (2005) encontrou, em geral, maiores valores de NT/PT para os últimos, entre eles Promissão (7:1 a 17:1), e menores para os primeiros, entre eles Barra Bonita (4:1 a 18:1). Calijuri (1999), durante floração de *M. aeruginosa* no reservatório de Barra Bonita, observou amplo fotoperíodo, baixa intensidade de vento, concentrações elevadas de fosfato total e

inorgânico dissolvidos, de material orgânico em suspensão e de clorofila e alta produtividade primária, além de menor razão N/P.

Para Fujimoto et al. (1997), embora haja muitos fatores relacionados à mudança na comunidade fitoplanctônica, a razão N/P e a temperatura são importantes fatores ambientais na regulação da estrutura da comunidade de cianobactérias. Os autores, em observações laboratoriais e de campo, encontraram que *Microcystis aeruginosa* foi competidora superior sob condições de baixa razão N/P (11, 22 e 44) e alta temperatura (25 e 30°C).

Deberdt et al. (2001), em experimentos de cultivo em sistema fechado, observaram uma pequena diminuição no rendimento das culturas de *M. aeruginosa* em meio ASM-1 com concentração de fósforo reduzida. No entanto, Marinho e Azevedo (2001), observaram, em experimentos de laboratório, que a variação da razão N/P do meio de cultivo foi decorrente da absorção de nutrientes pelas células de *M. aeruginosa*; e que esta espécie mostrou grande potencial para influenciar a proporção de tais nutrientes, uma vez que a mesma apresentou alta capacidade de absorção de nitrogênio. Assim, os autores apontaram que a redução da razão N/P poderia ser consequência da elevada capacidade e, conseqüentemente, elevada taxa de absorção de nitrogênio e fósforo pelas cianobactérias.

1.4.3. Avaliação das características limnológicas analisadas

As águas doces de Classe 2, classificação na qual se enquadram as águas dos reservatórios de Barra Bonita e Promissão (CETESB, 2005), são destinadas, de acordo

com a Resolução CONAMA n°. 357/2005 (BRASIL, 2005): (a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; (b) à proteção das comunidades aquáticas; (c) à recreação de contato primário (natação, esqui, mergulho); (d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; (e) à aquicultura e à atividade de pesca. Para tanto, precisam atender a condições e padrões de qualidade estabelecidos por essa Resolução, alguns dos quais, analisados no presente trabalho, são apresentados na Tabela 1.6.

Tabela 1.6 – Condições e padrões de qualidade estabelecidos pela Resolução CONAMA n°. 357/2005 para águas de Classe 2 e valores encontrados na superfície da água dos reservatórios de Barra Bonita e de Promissão, Médio rio Tietê, SP, em diferentes datas de 2006, durante a ocorrência de florações de cianobactérias.

Variáveis	CONAMA	Barra Bonita			Promissão	
	Classe 2	03/03/06	14/03/06	15/07/06	08/03/06	17/03/06
pH	6 – 9	6,8	5,5*	6,9	6,4	5,9 *
OD (mg/L)	5	11,5	7,1	-	2,8*	6,1
Fósforo total (mg/L)	0,03	0,10*	0,08*	0,16*	0,02	0,02
Nitrito (mg/L)	1,0	0,16	0,16	0,04	0,005	0,05
Nitrato (mg/L)	10,0	0,7	0,6	0,6	0,1	0,1
Clorofila- <i>a</i> (µg/L)	30	44,3*	71,5*	73,7*	10,6	24,2

*valores que não atendem às condições e padrões de qualidade estabelecidos

Foram observados valores críticos de pH, oxigênio dissolvido, fósforo total e clorofila-*a*, sobretudo para o reservatório de Barra Bonita, sendo que os dois últimos parâmetros evidenciam o acelerado processo de eutrofização desse sistema.

A Resolução CONAMA 357/2005 estabelece densidade de cianobactérias de 50000 cel/mL para águas doces de Classe 2. No presente trabalho, a densidade das cianobactérias foi expressa em indivíduos por mL (células, filamentos ou colônias foram considerados como um indivíduo) e não em células por mL, subestimando a densidade das formas coloniais e filamentosas e impedindo uma avaliação comparativa.

Em relação à presença de cianotoxinas, a Resolução CONAMA 357/2005 não determina qualquer padrão em corpos de água de quaisquer classes. No entanto, esse parâmetro é considerado na Portaria nº. 518/2004 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2004), que estabelece procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

Os reservatórios apresentaram períodos de mistura e de estratificação da coluna de água. O caráter polimítico foi evidenciado para o reservatório de Barra Bonita em 14/03/06, quando foi observada homogeneidade da coluna de água para todas as variáveis analisadas (temperatura, pH, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, nutrientes, clorofila-*a* e densidade fitoplantônica), mostrando circulação completa de água. Para ambos os reservatórios foi observada a estratificação da coluna de água, com maiores valores das variáveis analisadas no epilímnio e hipolímnio anóxico e ácido.

A redução dos valores de variáveis liminológicas analisadas (material em suspensão, formas de nitrogênio e de fósforo e clorofila-*a*) do reservatório de Barra Bonita (o primeiro) para o de Promissão (o quarto) indica um efeito tanto depurativo como acumulador do sistema em cascata do rio Tietê, SP. Contudo, ainda assim, o reservatório de Promissão apresentou condições favoráveis à ocorrência de florações de espécies de *Microcystis*, o que evidencia acelerado processo de eutrofização do sistema, bem como comprometimento dos usos múltiplos dos reservatórios.

1.5. Conclusões

- O limite da zona eufótica de ambos os reservatórios foi determinado pela densidade do fitoplâncton.
- O silicato não foi limitante, ocorrendo em concentrações relativamente altas (5,1 – 8,3 mg/L) e distribuição vertical homogênea nos dois reservatórios.
- Em relação ao grau de trofia, o reservatório de Barra Bonita pode ser classificado como eutrófico e o de Promissão, mesotrófico.
- No reservatório de Barra Bonita, as cianobactérias contribuíram com maior riqueza, sobretudo na superfície. As clorofíceas também contribuíram significativamente para a composição da comunidade fitoplanctônica. As cianobactérias nas camadas superficiais e as diatomáceas em maiores profundidades ocorreram em maior abundância e densidade. Espécies dos gêneros *Microcystis*, *Pseudanabaena* e *Aphanothece* se destacaram entre as cianobactérias.
- No reservatório de Promissão, as cianobactérias exibiram maior riqueza, abundância e densidade em todas as amostras analisadas, com destaque para células livres de *Microcystis* spp.
- A densidade da comunidade fitoplanctônica foi menor no reservatório de Barra Bonita do que no de Promissão, provavelmente devido à maior zona eufótica do último. No entanto, o fitoplâncton mostrou maior biomassa (clorofila-*a*) em

Barra Bonita do que em Promissão, o que pode ser explicado pela composição de espécies, bem como pela “fotoadaptação compensatória”.

- No reservatório de Barra Bonita, a comunidade fitoplanctônica apresentou maiores riqueza e índice de diversidade do que no de Promissão, em virtude da ocorrência mais intensa de floração de *Microcystis* no último.
- A maior abundância de cianobactérias nos dois reservatórios pode estar relacionada a períodos de estratificação e estabilidade da coluna de água, às razões N/P, às altas temperaturas, às condições de anoxia, ao grau de trofia, aliados às características fisiológicas desses organismos.
- Apesar da redução dos valores de material em suspensão, formas de nitrogênio e fósforo e clorofila-*a*, em relação ao reservatório de Barra Bonita, o reservatório de Promissão ainda apresentou condições propícias ao estabelecimento de florações de cianobactérias.
- Para ambos os reservatórios, algumas das variáveis estudadas, tais como pH, oxigênio dissolvido, fósforo total e clorofila-*a*, não atenderam a condições e padrões de qualidade estabelecidos pela Resolução CONAMA nº. 357/2005 para águas doces de classe 2, o que evidencia processo de eutrofização e comprometimento dos usos múltiplos dos mesmos.

CAPÍTULO 2

Efeitos de florações de cianobactérias dos reservatórios de Barra Bonita e Promissão, Médio rio Tietê, SP, sobre dafinídeos

2.1. Introdução

O crescente processo de eutrofização é resultado de atividades humanas. As descargas de esgotos domésticos e industriais, principalmente originárias de centros urbanos e das regiões agriculturáveis, têm como consequência uma série de efeitos que produz mudanças na qualidade da água, tais como: aumento do custo de tratamento da água, redução da concentração de oxigênio dissolvido, perda das qualidades cênicas, morte extensiva de peixes e aumento da incidência de florações de microalgas e cianobactérias (AZEVEDO e VASCONCELOS, 2006).

As principais consequências do desenvolvimento e da degradação das florações de cianobactérias são: a desoxigenação das águas, a alteração das características organolépticas da água (produção de compostos que conferem sabor e odor à água), efeitos adversos à biota natural e, especialmente, a produção e a liberação de toxinas. (VASCONCELOS e ARAÚJO, 1994).

As cianotoxinas são principalmente retidas dentro das células produtoras durante o desenvolvimento da floração de cianobactérias. Contudo, elas são liberadas na água circundante durante a senescência e lise da floração, e muitos organismos associados com a água, tais como aves aquáticas, bactérias heterotróficas, fitoplâncton, macrófitas, protozoários, zooplâncton, macroinvertebrados, peixes, animais domésticos e selvagens, podem entrar em contato direto com as células e/ou toxinas liberadas (CHRISTOFFERSEN, 1996; PFLUGMACHER et al., 1999).

Segundo Christoffersen (1996), o conhecimento das consequências ecológicas de toxinas de cianobactérias em ambientes aquáticos é fragmentado, contudo, possíveis riscos podem ser identificados: diminuição do crescimento de organismos microbianos, redução do potencial de herbivoria do zooplâncton maior, deficiência no desenvolvimento e estabelecimento de espécies sensíveis e acúmulo e transferência de toxinas nas cadeias alimentares, além da diminuição e/ou modificação da diversidade de espécies aquáticas (AZEVEDO, 2000).

A literatura a respeito dos efeitos de cianobactérias tóxicas sobre crescimento, sobrevivência, alimentação e comportamento de copépodos e, principalmente, de cladóceros é extensiva, porém apresenta diversas controvérsias (CHRISTOFFERSEN, 1996). Há evidências de que as cianobactérias exercem efeitos deletérios sobre o zooplâncton, entretanto tais efeitos são muito variáveis entre gêneros e espécies, e mesmo entre clones de espécies zooplancônicas (GILBERT, 1990). De acordo com Sivonen e Jones (1999), uma das principais questões ainda a ser resolvida é se os efeitos inibitórios observados são devido ao suposto baixo valor nutricional das cianobactérias (TALAMONI, 1995), às cianotoxinas conhecidas (DeMOTT et al., 1991; ROHRLACK et al., 1999) ou a outros compostos não identificados (AGRAWAL et al., 2005; JUNGSMANN, 1992; JUNGSMANN e BENNDORF 1994).

Uma diferença principal no delineamento dos estudos está relacionada ao fato dos organismos serem expostos a cianotoxinas dissolvidas na água (AGRAWAL et al., 2005; CHEN et al., 2005; DeMOTT et al., 1991; JUNGSMANN, 1992; JUNGSMANN e BENNDORF, 1994; LAWTON et al., 1994; MENDONÇA et al., 2006; MINILLO et al., 2000; MINILLO, 2005; OKUMURA et al., 2006; SOTERO-SANTOS et al., 2006) ou alimentados com cianobactérias tóxicas (FERRÃO-FILHO et al., 2000; FERRÃO-

FILHO e AZEVEDO, 2002; MONTEIRO, 2001; NIZAN et al., 1986; REINIKAINEN et al., 1994; ROHRLACK et al., 1999; THOSTRUP e CHRISTOFFERSEN, 1999).

Para Chorus e Bartram (1999), os testes dos efeitos de toxinas dissolvidas não imitam a rota típica de exposição dos herbívoros aquáticos (via alimentação) e têm envolvido exposição a níveis de toxina que são ordens de magnitude maiores do que as concentrações tipicamente encontradas em sistemas de águas doces. Segundo Kuiper-Goodman et al. (1999), a vantagem de utilizar extratos em vez de toxina purificada é que o extrato se aproxima mais da situação real no ambiente.

A maioria dos estudos sobre as interações entre cianobactérias e zooplâncton tem focado os efeitos de linhagens tóxicas de cianobactérias isoladas e cultivadas em condições de laboratório (AGRAWAL et al., 2005; CHEN et al., 2005; DeMOTT et al., 1991; FERRÃO-FILHO et al., 2000; JUNGSMANN, 1992; MONTEIRO, 2001; NIZAN et al., 1986; REINIKAINEN et al., 1994; ROHRLACK et al., 1999; THOSTRUP e CHRISTOFFERSEN, 1999). Há poucos estudos com amostras de florações naturais (MINILLO et al., 2000; MINILLO, 2005; OKUMURA et al., 2007; SOTERO-SANTOS et al., 2006).

Os rios do Estado de São Paulo apresentam aproximadamente 100 reservatórios de médio a grande porte utilizados na contenção de cheias, geração de energia, recreação, pesca, abastecimento público e/ou industrial. Estes ambientes recebem contribuições de esgotos domésticos e industriais, geralmente ricos em nutrientes e são propícios ao acúmulo de contaminantes, por exibirem baixa velocidade de fluxo e longo tempo de residência, favorecendo o processo de eutrofização que culmina no florescimento de algas e cianobactérias (CARVALHO, 2002).

Estudos têm demonstrado a ocorrência de florações tóxicas de cianobactérias nos reservatórios em cascata do rio Tietê, SP, por meio de bioensaios com

camundongos e cladóceros (MINILLO, 2005; OKUMURA et al., 2007; SOTERO-SANTOS et al., 2006;). Diante disso, o presente capítulo aborda a avaliação dos efeitos das florações de cianobactérias oriundas dos reservatórios de Barra Bonita e Promissão sobre dafnídeos.

2.2. Objetivos

2.2.1. Geral

Avaliar os efeitos de florações de cianobactérias oriundas dos reservatórios de Barra Bonita e de Promissão, Médio rio Tietê, SP, sobre dafinídeos, por meio de testes ecotoxicológicos.

2.2.2. Específicos

- Avaliar o efeito de amostras de água dos reservatórios, coletadas durante a ocorrência de florações de cianobactérias, sobre os dafinídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* (Crustacea, Cladocera), por meio de testes de toxicidade aguda.
- Analisar a toxicidade aguda de extratos brutos de florações de cianobactérias provenientes dos reservatórios sobre os dafinídeos.
- Analisar os efeitos desses extratos brutos sobre a sobrevivência e a reprodução dos dafinídeos.

- Comparar a sensibilidade de *C. dubia* (espécie exótica) e de *C. silvestrii* (espécie nativa) aos extratos brutos.
- Analisar microcistinas na água dos reservatórios e nos extratos brutos.
- Apontar os riscos para a saúde humana e para a biota natural da ocorrência de florações de cianobactérias nos reservatórios.

2.3. Materiais e Métodos

2.3.1. Coleta

As coletas foram realizadas nos dias 03 e 14/03/2006 e 15/07/06 no reservatório de Barra Bonita e nos dias 08 e 17/03/2006 no de Promissão. Estes reservatórios estão localizados no Médio rio Tietê, SP (Capítulo 1, item 1.3.1, p.15–17). As amostras de florações de cianobactérias foram coletadas diretamente em galões de 10 L, quando houve ocorrência de uma nata na superfície da água (Figura 2.1a), ou com rede de plâncton (20 e 68 μm de abertura de malha) para concentrar o material, quando não houve tal formação (Figura 2.1b), especialmente nas coletas realizadas no reservatório de Promissão.

Figura 2.1 – (a) Formação de nata por floração de cianobactérias em margem do reservatório de Barra Bonita. (b) Arrasto com rede de plâncton para concentração de floração de cianobactérias no reservatório de Promissão, Médio rio Tietê, SP.

No laboratório, o material das florações foi congelado, liofilizado (liofilizador LB 5000 TT – Terroni-Fauvel) e mantido em freezer a -20°C para posterior preparação dos extratos brutos a serem utilizados nos testes ecotoxicológicos e na análise de microcistinas totais.

2.3.2. Preparo dos extratos brutos

O material liofilizado (biomassa seca) das florações de cianobactérias foi pesado em balança de precisão (Scientech SA 210 – Quimis) e ressuspenso em água destilada para preparo dos extratos brutos-mãe. Esses extratos foram preparados nas concentrações de 2000 mg/L em volume de 100 mL para os testes de toxicidade aguda, e de 2000 a 4000 mg/L em volumes de 200 a 250 mL para os de toxicidade crônica. Para provocar o rompimento das células e a liberação das toxinas, os extratos-mãe foram submetidos a um ciclo, em alternância, de congelamento e descongelamento em temperatura ambiente por 3 vezes. Após esse processo, os extratos foram centrifugados a 3500 rpm por 10 minutos para precipitação de células rompidas, e o sobrenadante foi utilizado na preparação, por diluição em água reconstituída (água de cultivo dos dafnídeos), das diferentes concentrações de extrato bruto a serem testadas (procedimentos adaptados de CETESB, 1993 e de MINILLO, 2005).

2.3.3. Cultivo dos dafinídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* (Crustacea, Cladocera)

Ceriodaphnia dubia Richard é oriunda de regiões temperadas e *C. silvestrii* Daday, espécie nativa (Figura 2.2), muito comum em ecossistemas de água doce do Brasil.

Figura 2.2 – Fêmeas de (a) *Ceriodaphnia dubia* Richard e (b) *Ceriodaphnia silvestrii* Daday. (Fotos: D.T.Okumura).

As duas espécies têm sido cultivadas e mantidas por mais de 10 anos no Laboratório de Cultivo e Ecotoxicologia do Departamento de Ecologia e Biologia Evolutiva da Universidade Federal de São Carlos (DEBE/UFSCar). Para o preparo da água de cultivo, as condições de cultivo e a alimentação dos organismos, foram seguidas normas padronizadas da ABNT (2005). Assim, os organismos foram cultivados em água reconstituída (com dureza total de 40 – 48 mg CaCO_3/L , pH 7,0 – 7,6) em béquer de 2 L e mantidos em incubadora a 25°C e fotoperíodo de 16h luz/8h escuro. A renovação da água de cultivo das culturas-estoque foi realizada três vezes por semana, com auxílio de pipetas de diâmetro adequado e ponta arredondada para não

danificar os organismos, mantendo-se cerca de 120 indivíduos por béquer, a fim de controlar a densidade e evitar interferências causadas por superpopulação.

Os organismos foram alimentados com alimento composto e suspensão de alga clorofícea. O alimento composto consiste de uma mistura de partes iguais de leveduras (fermento biológico seco Fleishmann[®] dissolvido em água destilada) e de ração para peixe fermentada (Tetramin[®]), sendo adicionado 0,02 mL por organismo. A alga clorofícea utilizada foi *Pseudokirchneriella subcapitata* (anteriormente conhecida como *Selenastrum capricornutum*), em fase exponencial de crescimento, cultivada em meio CHU-12, sob iluminação e aeração constantes (Figura 2.3). Para eliminar nutrientes do meio, não aproveitados pela alga, ou metabólitos da mesma, o sobrenadante foi descartado após decantação em geladeira e o precipitado, ressuspendido com água de cultivo dos dafnídeos. A densidade de células da suspensão algácea foi, então, determinada por meio de contagem em Câmara de Neubauer, sob microscópio óptico. A partir desse dado, calculou-se o volume a ser adicionado às culturas-estoque, para que a concentração fornecida fosse de 1×10^5 células por organismo.

Figura 2.3 – Vista geral do cultivo da alga clorofícea *Pseudokirchneriella subcapitata* e, em detalhe, vista das células sob microscopia óptica. (Fotos: R.A.Takenaka e R.M.B.Sotero-Santos).

2.3.4. Testes de sensibilidade

O controle das condições fisiológicas dos lotes de organismos utilizados nos testes ecotoxicológicos foi realizado periodicamente por meio de testes de sensibilidade a uma substância de referência. Para ambas as espécies, cinco neonatas (< 24 h) foram colocadas em recipientes plásticos atóxicos contendo 10 mL de solução de cloreto de sódio (NaCl), em diferentes concentrações: 0 (controle); 0,6; 1,0; 1,3; 1,6 e 2,2 g/L, em três ou quatro réplicas, dependendo da disponibilidade de organismos. As concentrações foram preparadas a partir de uma solução-estoque (10 g/L de NaCl), utilizando-se a água de cultivo como água de diluição. Durante o período de exposição (48 horas), os organismos foram mantidos em incubadora a 25°C, sem iluminação e sem alimentação. Após esse período, registrou-se o número de organismos imóveis ou mortos para cálculo da CE_{50;48h}, concentração efetiva mediana que causa efeito agudo (imobilidade ou mortalidade) a 50% dos organismos em 48 horas de exposição, nas condições do teste. Os organismos foram considerados adequados para serem utilizados nos testes ecotoxicológicos quando o valor da CE_{50;48h} estava dentro da faixa de sensibilidade estabelecida (ABNT, 2004; 2005).

2.3.5. Testes de toxicidade aguda

Os testes de toxicidade aguda, tanto com amostras de água coletadas nos reservatórios de Barra Bonita e Promissão durante a ocorrência de florações de cianobactérias (Capítulo 1, p.17–19) como com extratos brutos dessas florações, foram

realizados de acordo com normas padronizadas (ABNT, 2004), utilizando-se os dafinídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* como organismos-teste.

As amostras de água dos reservatórios foram mantidas sob refrigeração até o início dos testes, quando foram filtradas em filtro para café, a fim de remover possíveis organismos predadores dos dafinídeos, como os copépodos, e, desse modo, não afetar o resultado do experimento. Nos testes, cinco neonatas (< 24 h) foram colocadas em tubos de ensaio com 10 mL da amostra de água sem diluição (100%), em três ou quatro réplicas, dependendo da disponibilidade de organismos. Esse procedimento foi empregado para todas as amostras coletadas. Para o controle, foi utilizado o mesmo número de réplicas e de neonatas, que foram expostas somente à água de cultivo. Durante o período de exposição (48 h), os organismos foram mantidos em incubadora a 25°C, sem iluminação e sem alimentação. Foram medidos: pH, condutividade elétrica e dureza no início e ao final dos testes. Após 48 h, registrou-se o número de indivíduos imóveis ou mortos para cada amostra. Se a porcentagem de organismos imóveis no controle exceder 10%, o resultado é considerado inválido, o que não ocorreu nesse experimento. Considerando que foram utilizadas amostras sem diluição, os resultados dos testes foram expressos de forma qualitativa, ou seja, como “tóxico” ou “não tóxico”, confirmados por meio de análise estatística (teste de Fisher) (ABNT, 2004).

Para os testes com extratos brutos (Figura 2.4), cinco neonatas (< 24h) foram colocadas em tubos de ensaio, em 3 ou 4 réplicas, com 10 mL de extrato nas concentrações de 0 (controle), 50, 100, 200, 400 e 800 mg/L, preparadas por ressuspensão do extrato-mãe, previamente preparado (p.80), em água reconstituída. Durante o período de exposição (48 horas), os organismos foram mantidos em incubadora a 25°C, sem iluminação e sem alimentação. Foram medidos: pH, condutividade elétrica e dureza no início e ao final dos testes. Após 24h e 48h,

registrou-se o número de indivíduos imóveis ou mortos em cada concentração. Os resultados foram expressos em CE50 – concentração efetiva mediana que causa efeito agudo a 50% dos organismos no tempo de exposição (ABNT, 2004). Quando a porcentagem de organismos imóveis no controle excedeu 10%, o resultado não foi considerado válido e o teste, repetido. Foram realizados pelo menos três testes para cada coleta com ambas as espécies.

Figura 2.4 – Vista geral dos recipientes-teste durante a realização de testes de toxicidade aguda para dafinídeos com extrato bruto de florações de cianobactérias coletadas no reservatório de Barra Bonita em 03/03/2006 (a), 14/03/2006 (b) e 15/07/2006 (c); e no reservatório de Promissão em 08/03/2006 (d) e 17/03/2006 (e).

O excedente dos extratos-mãe, proveniente da preparação das concentrações utilizadas nos testes, foi mantido em freezer para posterior análise de microcistinas totais.

2.3.6. Testes de toxicidade crônica

Esses testes foram realizados com extratos brutos de florações de cianobacérias oriundas dos reservatórios de Barra Bonita e Promissão, de acordo com normas padronizadas (ABNT, 2005). Para ambas as espécies de dafnídeos, neonatas (< 24h) foram colocadas individualmente em tubos de ensaio com 15 mL do extrato bruto em cinco concentrações sub-letais, preparadas por ressuspensão do extrato-mãe, previamente preparado (p.80), em água reconstituída. Foram utilizadas 10 réplicas para cada concentração e também para o controle. Durante o período de exposição (8 dias), os organismos foram mantidos em incubadora a 25°C, sem iluminação (para evitar degradação da microcistina pela luz), e alimentados diariamente, como no cultivo (alga clorofícea e alimento composto). As soluções de extrato bruto foram renovadas a cada dois dias, quando também eram registrados os indivíduos mortos e o número de neonatas produzidas, uma vez que as variáveis biológicas avaliadas foram a sobrevivência e a reprodução. Os resultados foram expressos em percentagem de sobrevivência e número médio de neonatas produzidas. Durante os testes, foram monitorados: pH (phmetro Quimis, modelo Q400A), condutividade elétrica (condutivímetro Digimed, modelo DM3), dureza (titulometria com EDTA) e concentração de oxigênio dissolvido (oxímetro Cole Palmer, modelo DO100). Os testes foram considerados válidos quando a mortalidade de organismos adultos no controle não excedeu 20%, e quando 60% ou mais das fêmeas adultas sobreviventes no controle tivessem produzido no mínimo 15 neonatas, não ultrapassando o oitavo dia (ABNT, 2005).

Foi realizado um teste para cada coleta, com exceção de Barra Bonita 15/07/06, como mostra a Tabela 2.1, sendo que as concentrações utilizadas foram determinadas a partir dos resultados dos testes de toxicidade aguda.

Tabela 2.1 – Concentrações utilizadas nos testes de toxicidade crônica para os dafinídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* (Crustacea, Cladocera) com extrato bruto de florações de cianobactérias oriundas dos reservatórios de Barra Bonita e Promissão, Médio rio Tietê, SP.

Amostra	Concentrações (mg/L)	Espécie
Barra Bonita 03/03/06	5, 10, 20, 40 e 80	<i>C. dubia</i> e <i>C. silvestrii</i>
Barra Bonita 14/03/06	10, 20, 40, 80 e 160	<i>C. dubia</i>
	20, 40, 80, 160 e 320	<i>C. silvestrii</i>
Promissão 08/03/06	6,25; 12,5; 25; 50 e 100	<i>C. dubia</i> e <i>C. silvestrii</i>
Promissão 17/03/06	12,5; 25; 50; 100 e 200	<i>C. dubia</i> e <i>C. silvestrii</i>

O excedente dos extratos-mãe, oriundo da preparação das concentrações utilizadas nos testes, foi mantido em freezer para posterior análise de microcistinas totais.

2.3.7. Análises estatísticas

Os dados obtidos nos testes de sensibilidade e de toxicidade aguda foram sumarizados e analisados, utilizando-se o método estatístico Trimmed Spearman-Kärber (HAMILTON et al., 1977) para calcular os valores da CE50. Nos testes de toxicidade crônica, foi utilizado o programa computacional TOXSTAT 3.3 (GULLEY et al., 1991). Os dados de sobrevivência foram analisados pelo teste de Fisher, enquanto os dados de

reprodução foram testados primeiro quanto à normalidade (teste χ^2) e à homogeneidade (teste de Hartley). Em seguida, para distribuição normal, os dados de reprodução foram submetidos aos métodos paramétricos Dunnet (igual número de réplicas em todos os tratamentos) ou Bonferroni (quando o número de réplicas não é o mesmo em todos os tratamentos) e Tukey; ao passo que, para distribuição não normal, os dados foram submetidos ao método não-paramétrico Kruskal-Wallis. Os métodos Dunnett e Bonferroni são utilizados para identificar os tratamentos que são diferentes do controle, por sua vez, os métodos Tukey e Kruskal-Wallis são utilizados para comparar cada tratamento com todos os outros (BURATINI e BERTOLETTI, 2006).

2.3.8. Análise de microcistinas

A concentração de microcistinas, tanto das amostras de água dos reservatórios como dos extratos brutos de florações de cianobactérias, foi determinada por meio do imunoensaio ELISA (Enzyme-linked Immunosorbent Assay) com o kit de placas da Beacon Analytical Systems Inc.. Esse método é baseado na competição direta entre dois tipos de antígenos (a possível microcistina presente na amostra e o antígeno marcador ligado a uma enzima, nesse caso, a peroxidase), sobre um número limitado de sítios de ligação de anticorpos anti-microcistina adsorvidos na parede dos poços, com reação cruzada com algumas variantes de microcistinas (100 % para microcistina-LR, 87% para a microcistina-RR e 48% para a microcistina-YR). Assim, os resultados das análises por imunoensaio ELISA foram expressos na forma de equivalentes de microcistinas totais, em $\mu\text{g/L}$. O limite de detecção do método é estimado pelo

fabricante em torno de 0,16 µg/L. Em cada poço das tiras, são adicionados o conjugado microcistina-enzima, a amostra e, em seguida, a solução de anticorpo. O conjugado compete com as microcistinas da amostra pelos sítios de ligação de anticorpos. Após essa primeira incubação, os poços são lavados e o substrato, adicionado (segunda incubação). Na presença do conjugado, o substrato é convertido em um composto azul. A coloração azul resultante da reação é inversamente proporcional à concentração de microcistina na amostra. A absorbância dos poços foi determinada em 450 nm, utilizando leitora de microtiras Quick Elisa.

Para a determinação da concentração de microcistinas na água dos reservatórios, foram utilizadas as mesmas amostras utilizadas na análise de nutrientes dissolvidos, as quais haviam sido filtradas em filtro de fibra de vidro com 47 mm de diâmetro e 0,7 µm de abertura de poro. Assim, não foi possível determinar a concentração de microcistinas totais (intra e extracelulares), mas somente a das extracelulares, liberadas e dissolvidas na água.

2.4. Resultados e Discussão

2.4.1. Testes de sensibilidade

Os valores de CE50;48h dos testes de sensibilidade ao cloreto de sódio (NaCl) para os organismos-teste *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* ficaram dentro da faixa de sensibilidade estabelecida para os mesmos, nas condições do laboratório: 1,06 – 1,64 g/L NaCl para *C. dubia* e 0,76 – 1,46 g/L NaCl para *C. silvestrii* (Figura 2.5; Apêndice B), indicando que esses organismos estavam adequados para serem utilizados nos testes de toxicidade aguda e crônica realizados no presente trabalho. *C. silvestrii* foi mais sensível ao cloreto de sódio do que *C. dubia*.

Figura 2.5 – Faixa de sensibilidade dos dafnídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* (Crustacea, Cladocera) ao cloreto de sódio (NaCl).

2.4.2. Análise de microcistinas

Para as amostras de água dos reservatórios de Barra Bonita e de Promissão, no Médio rio Tietê, SP, a concentração de microcistinas extracelulares ficou abaixo do limite de detecção do método ($< 0,16 \mu\text{g/L}$). Por outro lado, todos os extratos brutos de florações de cianobactérias oriundas dos reservatórios continham microcistinas, em concentrações relativamente altas (Tabela 2.2).

Tabela 2.2 – Concentração de microcistinas totais de extratos brutos de cianobactérias dos reservatórios de Barra Bonita e Promissão, Médio rio Tietê, SP, em alguns estudos realizados.

Coleta	Microcistinas totais (µg/L)		Referência
	Barra Bonita	Promissão	
Nov/2002	15,55	6,08	Minillo (2005)
Fev/2003	7,00	29,35	
Abr/2003	21,00	9,00	
Jun/2003	45,90	2,73	
Ago/2003	19,80	19,92	
Out/2003	41,05	22,05	
03/03/2006	1194,84 – 1646,56	-	Presente estudo
08/03/2006	-	191,87 – 285,68	
14/03/2006	679,81 – 922,43	-	
17/03/2006	-	569,58 – 1295,06	
15/07/2006	239,36 – 253,29	-	

Minillo (2005) detectou microcistinas (quantificadas por ELISA – ENVIROLOGIX, INC[®]) no material coletado de todos os reservatórios do Médio e Baixo rio Tietê, com maiores concentrações nos primeiros (Barra Bonita, Bariri e Ibitinga), e saxitoxinas (quantificadas por cromatografia líquida de alta eficiência – CLAE), principalmente nos últimos reservatórios (Promissão, Nova Avanhandava e Três Irmãos) do sistema em cascata. Os valores obtidos pelo autor correspondem às concentrações de microcistinas na água dos reservatórios, por isso esses valores são muito menores do que aqueles registrados no presente trabalho.

Minillo et al. (2000) encontraram níveis máximos de até 265,10 µg/L de microcistinas intracelulares (ELISA – EnvironGard) nas florações de cianobactérias, com dominância de *Microcystis aeruginosa*, na Lagoa dos Patos, RS.

Segundo Christoffersen (1996), uma comparação direta dos valores é difícil, em virtude de diferenças na instrumentação, amostragem e métodos de detecção, mas é notório que a maioria das florações contém hepatotoxinas.

No Brasil, 82% das linhagens isoladas se mostram tóxicas quanto testadas em bioensaios, sendo 9,7% neurotóxicas e as demais, hepatotóxicas (AZEVEDO e VASCONCELOS, 2006). Em Portugal, florações de cianobactérias têm sido analisadas desde 1989, e cerca de 60% foram tóxicas, sendo a maior parte hepatotóxica (VASCONCELOS, 1994). Na Finlândia, 45% das amostras de florações analisadas entre 1985 e 1987 foram tóxicas, sendo as florações hepatotóxicas mais comuns do que as neurotóxicas (SIVONEN et al., 1994).

Variações na concentração de cianotoxinas e na toxicidade são esperadas, uma vez que, dentro de uma mesma floração, pode haver linhagens produtoras e não produtoras de toxinas (YOO et al., 1995). Essas variações podem ser espaciais e também temporais, desde intervalos curtos de tempo até diferenças sazonais e anuais (AZEVEDO e VASCONCELOS, 2006; CODD et al., 1989). Além disso, as cianobactérias podem produzir várias toxinas simultaneamente, sendo que mais de uma microcistina tem sido caracterizada em certas linhagens (SIVONEN, 1996). Ainda, a produção de toxinas pode ser influenciada por diversos fatores, tais como: fase de crescimento, intensidade luminosa, pH (SONG et al., 1998), temperatura, concentração de nutrientes, especialmente nitrogênio e fósforo (GUPTA et al., 2001; JACOBY et al., 2000), micronutrientes (LYCK et al., 1996), variação genética (BITTENCOURT-OLIVEIRA et al., 2001) e pressão de herbivoria (AGRAWAL et al., 2005).

2.4.3. Testes de toxicidade aguda

Em relação à água coletada durante floração de cianobactérias nos reservatórios, todas as amostras de Barra Bonita 14/03/06 foram tóxicas aos dafinídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii*, em 48 horas de exposição. Para Barra Bonita 03/03/06, as amostras de 5 e 10 m de profundidade foram tóxicas a ambas as espécies, ao passo que a de 20 m foi tóxica apenas para *C. dubia*. As amostras de Barra Bonita 15/07/06 e de Promissão 08/03/06 não foram tóxicas aos dafinídeos. Para Promissão 17/03/06, as amostras de 0 e 5 m foram tóxicas às duas espécies, enquanto a de 15 m foi tóxica somente para *C. dubia* (Figura 2.6; Apêndice B).

Figura 2.6 – Percentagem de imobilidade dos dafinídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* (Crustacea, Cladocera) após 48 h de exposição a amostras de água coletadas em diferentes profundidades nos reservatórios de Barra Bonita e Promissão, Médio rio Tietê, SP, em diferentes datas de 2006, durante a ocorrência de florações de cianobactérias. As barras em destaque representam amostras tóxicas.

Massaro (2006) não observou toxicidade de amostras de água e de sedimento dos mesmos reservatórios para *Hydra viridissima* (Cnidaria, Hydrozoa).

Para avaliar se as cianobactérias predominantes em amostras de águas superficiais, provenientes de um reservatório eutrofizado do Estado de São Paulo, seriam responsáveis pelos efeitos adversos observados sobre *C. dubia*, Buratini (2000) realizou testes de toxicidade crônica, nos quais os indivíduos foram expostos a amostras de água bruta e filtrada (em pré-filtro AP20, para remoção da fração do material suspenso). O autor detectou efeito em 15 das 19 amostras brutas testadas, o qual se manifestou principalmente sobre a reprodução do organismo. Em contrapartida, a filtração reduziu significativamente, ou mesmo eliminou, em 86% a toxicidade das amostras em que foi detectada, registrando-se valores médios de fecundidade até dez vezes superior aos valores obtidos para as amostras brutas. Tal fato confirmaria a correlação entre a toxicidade e o material em suspensão, constituído predominantemente por *Microcystis aeruginosa* e *Cylindrospermopsis raciborskii*. Para o autor, entretanto, não foi possível determinar se o efeito sobre o organismo-teste resultou da eventual produção de toxinas, não liberadas no meio, ou de processos mecânicos que teriam inibido a taxa de filtração.

Dentre as cianobactérias registradas nos reservatórios de Barra Bonita e Promissão (Capítulo 1, item 1.4.2), espécies dos gêneros *Aphanocapsa*, *Microcystis*, *Cylindrospermopsis*, *Planktothrix*, *Anabaena* e *Oscillatoria*, são descritas na literatura como produtoras de toxinas (SIVONEN, 1996; SIVONEN e JONES, 1999; YOO et al., 1995). Apesar de não terem sido detectadas microcistinas extracelulares na água dos reservatórios, a ingestão de células de *Microcystis* poderia ter causado efeito tóxico aos dafinídeos, uma vez que as espécies do gênero foram dominantes em ambos os reservatórios e microcistinas totais foram detectadas nos extratos brutos das florações.

Estudos com *Daphnia pulex* mostram que a presença de uma linhagem tóxica de *M. aeruginosa* em densidade de $1,0 - 3,2 \times 10^4$ cel/mL é suficiente para causar mortalidade a esse dafnídeo (DeMOTT et al., 1991; REINIKAINEN et al., 1994). No presente trabalho, considerando que a densidade das formas coloniais e filamentosas foi subestimada pelo método de contagem (ind/mL), as maiores densidades de cianobactérias registradas para os reservatórios de Barra Bonita, (5×10^3 ind/mL 03/03/06) e Promissão (1×10^4 ind/mL em 17/03/06) poderiam ser superiores à dos estudos citados, indicando células e toxinas de *Microcystis* como responsáveis pelo efeito tóxico aos dafnídeos.

Por outro lado, apesar de não terem sido analisados no presente trabalho, estudos apontam os metais como responsáveis por efeitos adversos a organismos em reservatórios do rio Tietê, SP.

Rodgher (2001) observou aumento da toxicidade aguda da água e do sedimento para *Daphnia similis* ao longo dos reservatórios em cascata do rio Tietê, ao contrário do observado nos testes de toxicidade crônica para *Ceriodaphnia dubia*, em que os efeitos deletérios diminuíram. O autor encontrou fração biodisponível de metais elevada e destacou a influência de fatores como pH, dureza e material em suspensão na biodisponibilidade de poluentes.

Paschoal (2002) observou toxicidade aguda e crônica do sedimento total do reservatório de Barra Bonita para diversos organismos-teste (*Chironomus xanthus*, *D. similis*, *C. dubia*, *Vibrio fischeri* e *Spirillum volutans*). O estudo de Avaliação e Identificação da Toxicidade (AIT) indicou os metais como uma das classes de compostos químicos responsáveis pela toxicidade no reservatório.

Silvério et al. (2005) encontraram uma associação entre os baixos valores de pH, monitorados nos testes com amostras de sedimento do reservatório de Barra Bonita, e os

baixos números de neonatas produzidas por fêmeas de *C. dubia*. Segundo os autores, o pH poderia ter causado efeitos subletais aos organismos, devido à ocorrência de sinergismo entre a redução do mesmo e o aumento na concentração de metais biodisponíveis nos sedimentos.

Entretanto, o fato de a maioria das espécies dominantes no reservatório de Barra Bonita, entre elas *Anabaena spiroides* e *Microcystis* spp., serem grandes produtoras de polissacarídeos extracelulares ou exopolissacarídeos, que podem complexar metais, controlando a disponibilidade (LOMBARDI e VIEIRA, 1998; VIEIRA, 2002) e a toxicidade dos mesmos, deve ser considerado.

Oliveira-Neto et al. (2003) verificaram redução da toxicidade aguda de metais para *Ceriodaphnia silvestrii* na presença de exopolissacarídeos produzidos por cianobactérias, clorofíceas e diatomáceas. A adição de exopolissacarídeos de *Anabaena spiroides* reduziu a toxicidade aguda do cobre para *Ceriodaphnia cornuta* (CHOUEIRI, 2004) e para *Simocephalus serrulatus* (NOGUEIRA et al., 2005). Rodgher (2005) observou que elevadas densidades (10^6 cel/mL) de *Microcystis aeruginosa* reduziram a toxicidade do cádmio para *Daphnia similis*, e inferiu que esse resultado pode estar relacionado com a capacidade da cianobactéria em reter o cádmio.

Todavia, considerando que os cladóceros consomem exopolissacarídeos (CHOUEIRI et al., 2007; NOGUEIRA et al., 2005), o metal complexado ao alimento pode se tornar livre no trato intestinal, devido à natureza ácido-redutora do mesmo, podendo ser excretado junto às fezes ou assimilado, causando toxicidade.

No presente trabalho, a toxicidade aos dafinídeos foi observada principalmente para amostras coletadas entre 0 e 15 m de profundidade, onde a densidade de cianobactérias foi maior, e não para as de 20 e 25 m, onde o pH apresentou tendência à acidez e a concentração de oxigênio dissolvido foi muito baixa ou nula (anoxia),

condições que poderiam favorecer o potencial tóxico de certas substâncias, como os metais. Assim, pode-se supor que o efeito tóxico sobre os dafnídeos foi causado principalmente pelas cianobactérias, com contribuição dos metais.

Apesar de a Resolução CONAMA nº. 357/2005 estabelecer como condição de qualidade para águas de Classe 2 a não verificação de efeito tóxico crônico a organismos, a observação de toxicidade aguda a dafnídeos para amostras de água de ambos os reservatórios, principalmente Barra Bonita, é um alerta para o estado de degradação dos mesmos.

Em relação aos extratos brutos de florações de cianobactérias oriundas de ambos os reservatórios, todos causaram toxicidade aguda aos dafnídeos. Para o reservatório de Barra Bonita, os extratos brutos de 03/03/06 e de 15/07/06 resultaram em menores valores de CE50;48h, isto é, foram mais tóxicos aos dafnídeos do que os de 14/03/06 (Figura 2.7; Tabela 2.3; Apêndice B). Para o reservatório de Promissão, os extratos brutos de 08/03/06 foram mais tóxicos aos dafnídeos do que os de 17/03/06 (Figura 2.7; Tabela 2.4; Apêndice B).

Os extratos brutos de Barra Bonita 14/03/06 foram mais tóxicos para *C. dubia*, uma vez que os valores de CE50;48h foram de 1,9 a 2,9 vezes menores do que os de *C. silvestrii*. De acordo com Christoffersen (1996), a concentração de toxina que um organismo pode tolerar depende da toxicidade das células de cianobactérias, da eficiência de assimilação do organismo e da sensibilidade do organismo à toxina em questão. É possível que *C. dubia* seja mais sensível do que *C. silvestrii* a um ou mais compostos presentes no extrato bruto de Barra Bonita 14/03/06. Segundo Ferrão-Filho et al. (2000), as diferenças na sensibilidade entre cladóceros parecem estar mais relacionadas à história de vida do que à origem geográfica.

Figura 2.7 – Valores de CE50;24h e CE50;48h para os dafnídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* (Crustacea, Cladocera) nos testes de toxicidade aguda com os extratos brutos de florações de cianobactérias coletadas em diferentes datas de 2006 nos reservatórios de Barra Bonita e Promissão, Médio rio Tietê, SP.

Para *C. dubia*, os valores de CE50;24h foram de 1,6 a 4,1 vezes maiores do que os de CE50;48h, sendo que as menores variações foram registradas para os extratos de Barra Bonita 14/03/06 e as maiores para os de Barra Bonita 15/07/06 e de Promissão 08/03/06. Para *C. silvestrii*, os valores de CE50;24h foram de 1,1 a 3,6 vezes maiores do que os de CE50;48h, sendo que as menores variações também foram observadas para os

extratos de Barra Bonita 14/03/06 e as maiores para os de Barra Bonita 15/07/06. Isso indica que o efeito tóxico aos organismos pode aumentar com o tempo de exposição dos mesmos aos extratos brutos de cianobactérias.

Tabela 2.3 – Valores de CE50;48h para *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* (Crustacea, Cladocera) expostas a extratos brutos de cianobactérias do reservatório de Barra Bonita, Médio rio Tietê, SP, em alguns trabalhos realizados.

Coleta	<i>C.dubia</i>	<i>C.silvestrii</i>	Referência
	CE50;48h (IC95%) mg/L	CE50;48h (IC95%) mg/L	
Nov/2002	235 (201 – 275)	258 (228 – 291)	Okumura (2004)
Nov/2002	-	107,17 (86,35 – 133,03)	Sotero-Santos et al. (2006)
	-	100,39 (82,19 – 122,64)	
Nov/2002	290 (240 – 370)	90 (70 – 110)	Minillo (2005)
Fev/2003	540 (470 – 630)	470 (400 – 560)	
Abr/2003	470 (400 – 560)	360 (300 – 430)	
Jun/2003	1200 (1050 – 1450)	510 (410 – 630)	
Ago/2003	1120 (1960 – 1310)	1070 (730 – 1570)	
Out/2003	410 (350 – 490)	600 (500 – 720)	
03/03/06	103,53 – 168,18	116,57 – 137,96	Presente trabalho
14/03/06	174,11 – 282,84	408,26 – 546,42	
15/07/06	87,06 – 156,05	98,28 – 139,06	

IC95% = intervalo de confiança 95%

Tabela 2.4 – Valores de CE50;48h para *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* (Crustacea, Cladocera) expostas a extratos brutos de cianobactérias do reservatório de Promissão, Médio rio Tietê, SP, em alguns trabalhos realizados.

Coleta	<i>C.dubia</i>	<i>C.silvestrii</i>	Referência
	CE50;48h (IC95%) mg/L	CE50;48h (IC95%) mg/L	
Nov/2002	450 (360 – 560)	490 (400 – 610)	Minillo (2005)
Fev/2003	520 (340 – 580)	1080 (390 – 1320)	
Abr/2003	670 (610 – 730)	430 (360 – 500)	
Jun/2003	1120 (1000 – 1250)	790 (670 – 940)	
Ago/2003	ND	ND	
Out/2003	1700 (1650 – 1800)	1200 (1120 – 1290)	
08/03/2006	146,41 – 174,11	110,46 – 256,18	Presente trabalho
17/03/2006	246,23 – 428,71	324,90 – 390,86	
IC95% = intervalo de confiança 95%		ND = não determinado	

Minillo (2005) analisou a toxicidade de florações de cianobactérias nos reservatórios do Médio e Baixo rio Tietê, SP, e constatou que a maioria das amostras coletadas apresentou efeito tóxico aos cladóceros *Daphnia similis*, *C. dubia* e *C. silvestrii*. O autor considerou *D. similis* mais sensível, *C. silvestrii*, de sensibilidade intermediária, e *C. dubia*, mais tolerante.

Mendonça et al. (2006) utilizaram *C. silvestrii* para analisar o efeito tóxico agudo de extratos brutos de florações de cianobactérias (compostas por *Microcystis panniformis*, *M. aeruginosa*, *Anabaena circinalis*, *Cylindrospermopsis raciborskii* e *Planktothrix agardhii*), ocorridas em reservatórios de abastecimento humano no Rio Grande do Norte. O valor de CL50;48h foi de 105,79 mg/L para o reservatório de Armando Ribeiro Gonçalves, e de 38,15 mg/L e 149,89 mg/L para o reservatório de Gargalheiras.

De modo geral, não foi observada uma relação direta entre a concentração de microcistinas e a toxicidade dos extratos brutos de cianobactérias para os dafnídeos, ou seja, extratos com concentrações de microcistinas relativamente baixas (191,87 e 253,29 µg/L) resultaram em valores de CE50 próximos daqueles de extratos com elevadas concentrações dessas toxinas (1194,84 µg/L) e vice-versa (Figura 2.8). Tal fato também foi observado em outros estudos (JUNGSMANN e BENNDORF, 1994; MINILLO, 2005; OKUMURA et al. 2007).

Figura 2.8 – Concentrações de microcistinas totais dos extratos brutos de cianobactérias dos reservatórios de Barra Bonita e Promissão, Médio rio Tietê, SP, e respectivos valores de CE50;48h para *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* (Crustacea, Cladocera).

Okumura et al. (2007) atribuíram ao efeito combinado de diferentes tóxicos (cianotoxinas, metais e hidrocarbonetos aromáticos policíclicos) a maior toxicidade dos extratos brutos de florações dos reservatórios Barra Bonita e Ibitinga em relação a uma linhagem tóxica de *Microcystis* aos dafnídeos *C. silvestrii*, *C. dubia* e *D. similis*, apesar da maior quantidade de microcistinas na última.

DeMott et al. (1991) testou células, extratos e microcistina-LR purificada da linhagem PCC7820 de *Microcystis aeruginosa*, e observou toxicidade ao copépodo

Diaptomus birgei e aos dafinídeos *Daphnia pulicaria*, *D. hyalina* e *D. pulex*. Contudo, outros estudos fornecem evidências de que as microcistinas não são os únicos compostos que têm efeitos adversos sobre o zooplâncton.

Nizan et al. (1986) mostraram que linhagens de *M. aeruginosa* reduziram a ingestão de alimento em *Daphnia magna*, outras causaram mortalidade de dafinídeos jovens e adultos. No entanto, não foram encontradas relações entre bloqueio da ingestão, letalidade a dafinídeos e fatores que matam camundongos, uma vez que linhagens consideradas não tóxicas para camundongos apresentaram efeitos tóxicos à *Daphnia*. Assim, os autores sugerem que vários princípios tóxicos são responsáveis por diferentes manifestações tóxicas, a curto prazo.

Jungmann (1992) testou extratos aquosos de *Microcystis* PCC7806 e encontrou alta toxicidade para *Daphnia pulicaria* em uma fração livre de microcistina, e concluiu que *Microcystis* contém outros compostos, além de microcistinas, que são mais tóxicos para *Daphnia*. Esses compostos, não identificados, foram denominados de DTC – *Daphnia* toxic compound (composto tóxico à *Daphnia*) por Jungmann e Benndorf (1994). Os autores detectaram DTC em amostras naturais de *Microcystis*, em concentrações maiores do que em linhagens cultivadas em laboratório.

Portanto, além das microcistinas, outros compostos bioativos produzidos pelas cianobactérias poderiam conferir potencial tóxico aos extratos brutos.

Jakobi et al. (1996) isolaram um depsipeptídeo cíclico, a cianopectolina SS, de uma floração dominada por *Microcystis aeruginosa* em Leipzig, Alemanha. Cianopectolina SS foi mais tóxica a *Daphnia magna* do que microcistina-LR, mas não teve efeito tóxico sobre hepatócitos isolados de ratos.

Pietsch et al. (2001) demonstrou que compostos como lipopolissacarídeos (LPS) poderiam promover efeitos de modulação da toxicidade, com inibição de processos

enzimáticos de desintoxicação em microcrustáceos. Os LPS estariam reduzindo expressivamente a ação da atividade de enzimas, como a glutathione S-transferase e as peroxidases, ambas responsáveis pelas vias de metabolização e excreção de substâncias tóxicas.

Agrawal et al. (2005) mostraram que a linhagem tóxica PCC 7806 de *Microcystis aeruginosa* contém vários inibidores, de natureza química ainda desconhecida, com diferentes especificidades contra as duas maiores classes de proteases digestivas, tripsina e quimotripsina, em *Daphnia magna*.

Os compostos acima citados não foram analisados no presente trabalho, contudo, pode-se supor que a presença dos mesmos aumentaria o potencial tóxico dos extratos brutos de cianobactérias aos dafnídeos, explicando a maior toxicidade de extratos com concentrações relativamente baixas de microcistinas (191,87 e 253,29 µg/L) em relação àqueles com elevada concentração dessas toxinas (1194,84 µg/L).

2.4.4. Testes de toxicidade crônica

A sobrevivência dos dafnídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* foi significativamente afetada pelas concentrações mais altas (80 – 320 mg/L) dos extratos brutos de florações de cianobactérias oriundas dos reservatórios de Barra Bonita e Promissão, Médio rio Tietê, SP (Figuras 2.9, 2.10, 2.11 e 2.12; Tabela 2.5; Apêndice B). Essas concentrações, por consequência, também exerceram efeito negativo sobre a reprodução dos dafnídeos. Ao contrário, nas menores concentrações testadas (6,25 – 80 mg/L), a reprodução foi, inclusive, estimulada, sendo, muitas vezes, significativamente

superior à do controle, em especial para *C. dubia* (Figuras 2.13 e 2.14; Tabela 2.5; Apêndice B). Não foi observado efeito dose-reposta sobre a reprodução dos daftnídeos.

Figura 2.9 – Percentagem de sobrevivência dos daftnídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* (Crustacea, Cladocera) durante testes de toxicidade crônica (8 dias) com extratos brutos de floração de cianobactérias do reservatório de Barra Bonita, no Médio rio Tietê, SP, coletada em 03/03/2006. As linhas em destaque representam diferença estatisticamente significativa em relação ao controle.

Figura 2.10 – Percentagem de sobrevivência dos dafnídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* (Crustacea, Cladocera) durante testes de toxicidade crônica (8 dias) com extratos brutos de floração de cianobactérias do reservatório de Barra Bonita, Médio rio Tietê, SP, coletada em 14/03/2006. As linhas em destaque representam diferença estatisticamente significativa em relação ao controle.

Figura 2.11 – Percentagem de sobrevivência dos dafnídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* (Crustacea, Cladocera) durante testes de toxicidade crônica (8 dias) com extratos brutos de floração de cianobactérias do reservatório de Promissão, Médio rio Tietê, SP, coletada em 08/03/2006. As linhas em destaque representam diferença estatisticamente significativa em relação ao controle.

Figura 2.12 – Percentagem de sobrevivência dos dafnídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* (Crustacea, Cladocera) durante testes de toxicidade crônica (8 dias) com extratos brutos de floração de cianobactérias do reservatório de Promissão, Médio rio Tietê, SP, coletada em 17/03/2006. As linhas em destaque representam diferença estatisticamente significativa em relação ao controle.

De modo geral, a reprodução de *C. dubia* foi maior do que a de *C. silvestrii*.

Durante os testes, para as duas espécies, foram observadas neonatas mortas, as quais, no entanto, não foram consideradas, uma vez que são computadas apenas as neonatas vivas, para a análise dos dados de reprodução (ABNT, 2005).

Um número maior de testes deveria ser realizado, com fator de diluição menor para não ter concentrações muito espaçadas e, assim, observar melhor os efeitos subletais dos extratos brutos sobre os dafnídeos.

Figura 2.13 – Número médio de neonatas produzidas pelos dafnídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* (Crustacea, Cladocera) durante testes de toxicidade crônica (8 dias) com extratos brutos de florações de cianobactérias do reservatório de Barra Bonita, Médio rio Tietê, SP, coletadas em 03/03/06 e 14/03/06. Barras de erros correspondem ao desvio padrão. As barras em destaque representam diferença estatisticamente significativa em relação ao controle.

O resultado do teste com extrato bruto de floração de cianobactérias coletada no reservatório de Promissão em 08/03/06 não foi considerado válido para *C. silvestrii*, uma vez que 60% ou mais das fêmeas adultas sobreviventes no controle não produziram o mínimo de 15 organismos jovens ao final do teste (ABNT, 2005).

Figura 2.14 – Número médio de neonatas produzidas pelos dafnídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* (Crustacea, Cladocera) durante testes de toxicidade crônica (8 dias) com extratos brutos de cianobactérias do reservatório de Promissão, Médio rio Tietê, SP, coletadas em 08/03/06 e 17/03/06. Barras de erros correspondem ao desvio padrão. As barras em destaque representam diferença estatisticamente significativa em relação ao controle.

Tabela 2.5 – Significância estatística da percentagem de sobrevivência e do número médio de neonatas vivas produzidas pelos dafinídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* (Crustacea, Cladocera) durante os testes de toxicidade crônica (8 dias) com extratos brutos de florações de cianobactérias dos reservatórios de Barra Bonita e Promissão, Médio rio Tietê, SP, coletadas em diferentes datas de 2006.

Material	Concentração do extrato bruto (mg/L)	Sobrevivência (%)		nº. médio de neonatas	
		<i>C.dubia</i>	<i>C.silvestrii</i>	<i>C.dubia</i>	<i>C.silvestrii</i>
Barra Bonita 03/03/06	0 (controle)	100	90	19,9 ± 2,0	14,2 ± 5,0
	5	90	90	24,2 ± 11,8	18,6 ± 8,6
	10	100	70	27,5 ± 7,2	16,7 ± 12,2
	20	100	100	25,1 ± 3,5	31,2* ± 3,9
	40	90	90	17,2 ± 7,7	17,9 ± 7,4
	80	30*	30*	3,1* ± 4,5	0,1* ± 0,3
Barra Bonita 14/03/06	0 (controle)	100	100	17,5 ± 3,5	16,0 ± 7,5
	10	70	-	20,0 ± 14,1	-
	20	100	90	31,6* ± 3,0	17,4 ± 10,7
	40	100	100	28,9* ± 3,5	22,0 ± 10,1
	80	80	90	21,7 ± 10,2	27,9* ± 4,0
	160	10*	60*	0,3* ± 0,7	0* ± 0
	320	-	0*	-	0* ± 0
Promissão 08/03/06	0 (controle)	100	80†	18,0 ± 2,7	11,3† ± 6,4
	6,25	90	20*	28,2* ± 3,2	2,5* ± 5,3
	12,5	100	60	26,6* ± 8,9	8,0 ± 6,0
	25	100	40	26,2* ± 5,5	6,2 ± 5,8
	50	90	80	22,0 ± 7,4	6,7 ± 3,6
	100	0*	10*	1,0* ± 3,2	0* ± 0
Promissão 17/03/06	0 (controle)	100	100	24,0 ± 4,0	21,0 ± 10,0
	12,5	100	90	33,5* ± 7,3	22,1 ± 9,0
	25	100	100	36,8* ± 3,3	26,5 ± 9,6
	50	100	100	35,8* ± 5,0	28,5 ± 12,3
	100	50*	40*	12,8* ± 11,9	4,5* ± 6,3
	200	0*	0*	0* ± 0	0* ± 0

*diferença estatisticamente significativa em relação ao controle (p < 0,05)

†resultado não válido

- = não realizado

Okumura et al. (2007), analisando a toxicidade crônica do extrato bruto de cianobactérias do reservatório de Barra Bonita, observaram um efeito dose-resposta para a reprodução de *C. silvestrii*, ou seja, à medida que a concentração do extrato aumentava, a produção de neonatas diminuía, sendo essa diminuição estatisticamente significativa nas maiores concentrações testadas (25, 50 e 100 mg/L). A sobrevivência do cladócero foi significativamente afetada na concentração mais alta (100 mg/L).

Chen et al. (2005) observaram mudanças ultraestruturais, indicando que o canal alimentar poderia ser o órgão alvo afetado por exposição de *D. magna* à microcistina-LR purificada (2000 µg/L). Assim, para Thostrup e Christoffersen (1999), os organismos poderiam ser levados ao definhamento por restrição alimentar e/ou não aproveitamento dos nutrientes, devido ao comprometimento da assimilação/absorção pelas células epiteliais danificadas do canal alimentar.

Segundo DeMott et al. (1991), a inibição da alimentação poderia ser uma adaptação comportamental para evitar ingerir toxinas ou uma consequência direta de envenenamento.

Thostrup e Christoffersen (1999) relatam que a presença de *Microcystis aeruginosa* CYA 228/1 reduziu a taxa de alimentação, a sobrevivência, o crescimento e a reprodução de *Daphnia magna*. Para os autores, esses resultados indicam que a microcistina tem efeitos tóxicos diretos sobre os processos de vida de *D. magna*. Ferrão-Filho et al. (2000) observaram que *Microcystis* inibiu a taxa de alimentação dos cladóceros *Daphnia pulex* e *Moina micrura*.

No entanto, Rohrlack et al. (1999), usando um clone mutante de *Microcystis* PCC7806 que não era capaz de sintetizar qualquer variante de microcistina, provaram que essa toxina era a causa da mortalidade em *Daphnia galeata*, mas não era responsável pela inibição da alimentação. Os autores não encontraram relação entre a

presença de microcistinas e a inibição de ingestão, e concluíram que o envenenamento de *Daphnia* e a inibição da ingestão eram causados por diferentes fatores de *Microcystis*.

Portanto, as microcistinas exercem efeito adverso sobre a sobrevivência. Desse modo, os organismos expostos a altas concentrações do extrato bruto alocariam energia para desintoxicação, comprometendo, assim, o desenvolvimento, bem como a reprodução.

Chen et al. (2005) observaram que, após 21 dias de exposição, baixas concentrações de microcistina-LR purificada ($< 113 \mu\text{g/L}$) não tiveram efeitos deletérios sobre *Daphnia*, ao contrário, efeitos estimuladores foram detectados, assim como no presente trabalho. A reprodução foi significativamente superior à do controle em $113 \mu\text{g/L}$ de microcistina. No entanto, em concentrações maiores, eles constataram redução significativa da sobrevivência ($640 - 2000 \mu\text{g/L}$), bem como efeito dose-resposta na reprodução ($360 - 2000 \mu\text{g/L}$). Os autores atribuíram o efeito estimulante de baixas concentrações sobre crescimento e reprodução à estrutura da toxina. O número de átomos de oxigênio e nitrogênio na molécula de microcistina poderia ser capaz de quelar íons metálicos, tais como cálcio, ferro e zinco. Assim, as toxinas poderiam ajudar a absorção de nutrientes, especialmente, minerais, em *Daphnia*.

Ainda, o aumento na reprodução dos cladóceros pode ser uma resposta à presença de tóxicos, a fim de garantir a sobrevivência da espécie.

Segundo Lampert (1987), algas, bactérias e protozoários, além de detritos, são os itens alimentares de dafnídeos. Supõe-se que, nos extratos brutos, haveria outros compostos que poderiam servir de nutrientes para os dafnídeos e, assim, junto com o alimento fornecido (alga clorofícea e alimento composto) durante os testes, permitir maior reprodução do que no controle. De fato, nos testes de toxicidade aguda (48

horas), em que os organismos não são alimentados, observou-se que, nas menores concentrações dos extratos, principalmente em 50 mg/L, as neonatas de *C. dubia*, em especial, ficavam maiores, mais coradas e ativas do que no controle e nas maiores concentrações. Portanto, haveria alguma fonte de alimento para os organismos. Além disso, pode ter havido proliferação de bactérias e outros microrganismos nas soluções dos extratos, uma vez que foi detectado processo de decomposição (odor e redução do pH e da concentração de oxigênio dissolvido), fornecendo mais alimento aos dafinídeos.

Estudos mostram a ingestão de exopolissacarídeos de *Anabaena spiroides* por *Simocephalus serrulatus* (NOGUEIRA et al., 2005) e *Ceriodaphnia cornuta* (CHOUERI et al., 2007). *C. cornuta* apresentou expressivo sucesso reprodutivo e crescimento somático acentuado, então, o autor considerou os exopolissacarídeos um alimento de boa qualidade, capaz de suprir as necessidades nutricionais para sustentar uma população do cladócero. Considerando que algas e cianobactérias são grandes produtoras de exopolissacarídeos (VIEIRA, 2002), esses compostos estariam presentes nos extratos brutos, proporcionando uma fonte de alimento a mais para os dafinídeos.

De acordo com Kilham et al. (1997), a quantidade de alimento é tão importante quanto sua qualidade sobre a fecundidade, o crescimento e a sobrevivência dos organismos. Assim, no presente trabalho, os extratos brutos de cianobactérias podem ter fornecido uma quantidade adicional de compostos orgânicos, como carboidratos, proteínas e lipídios, aumentando o valor nutritivo do meio, o que foi especialmente importante nas menores concentrações testadas. Por outro lado, nas maiores concentrações dos extratos, é provável que o efeito tóxico das microcistinas tenha predominado sobre o valor nutricional.

O zooplâncton pode ser veículo potencial na transferência de cianotoxinas para níveis tróficos superiores na cadeia alimentar, pois é um dos mais importantes elos entre

os produtores e consumidores maiores, e estudos comprovam a bioacumulação dessas toxinas por essa comunidade (CHEN et al., 2005; FERRÃO-FILHO, 2002; THOSTRUP e CHRISTOFFERSEN, 1999) e por peixes (MAGALHÃES et al., 2000; SOARES et al., 2004).

Além disso, quando as toxinas são liberadas para o ambiente aquático elas podem persistir por dias, semanas ou meses (HARADA et al., 1996; INAMORI, et al., 1998; YOO et al., 1995).

Os resultados indicam que, no caso de um colapso da floração de cianobactérias em ambiente natural, pode haver problemas ecológicos e de saúde pública no sistema, uma vez que há efeitos adversos sobre a comunidade zooplanctônica, bem como comprometimento dos usos múltiplos da água (dessedentação de animais, recreação, irrigação, turismo, pesca, aquicultura, abastecimento) (Figura 2.15).

Figura 2.15 – Pessoas pescando (a) e peixe morto (b) às margens do reservatório de Barra Bonita, Médio rio Tietê, SP, durante floração de cianobactérias.

Portanto, a redução da eutrofização, com conseqüente diminuição na ocorrência de florações de cianobactérias nos reservatórios tropicais, é uma ação prioritária para a manutenção da qualidade da água, visando à proteção da saúde humana e conservação da diversidade da biota natural.

2.5. Conclusões

- As amostras de água dos reservatórios de Barra Bonita e Promissão, Médio rio Tietê, SP, causaram efeito tóxico aos dafinídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* (Crustacea, Cladocera), sendo que as do primeiro reservatório foram mais tóxicas.
- A toxicidade aos organismos pode ter sido causada por compostos tóxicos (metais) ou por cianobactérias (ação tóxica ou mecânica) presentes na água dos reservatórios.
- Os extratos brutos de florações de cianobactérias, oriundas dos reservatórios de Barra Bonita e Promissão, causaram toxicidade aguda aos dafinídeos.
- Os efeitos observados dos extratos brutos sobre os dafinídeos revelaram que existem fatores interferentes na toxicidade, como, por exemplo, a presença de outros compostos bioativos produzidos pelas cianobactérias, que podem aumentar o potencial tóxico de extratos com menor concentração de microcistinas, fazendo com que sejam mais tóxicos do que outros, com maior concentração.
- De modo geral, as duas espécies de dafinídeos apresentaram sensibilidade equivalente em relação à toxicidade dos extratos brutos de cianobactérias.

- Elevadas concentrações de microcistinas totais (191,87 – 1646,56 µg/L) foram detectadas nos extratos brutos obtidos a partir da “nata” concentrada das florações de cianobactérias provenientes dos reservatórios.
- Os efeitos adversos sobre a sobrevivência e a reprodução dos dafinídeos por altas concentrações de extrato bruto de cianobactérias indicam possíveis riscos para a comunidade litorânea dos reservatórios, uma vez que a “nata” das florações se concentra nas margens.
- A exposição dos dafinídeos às florações de cianobactérias no ambiente pode afetar a estrutura da comunidade zooplancônica, visto que foram observados efeitos tanto negativo como positivo, dependendo da concentração do extrato, sobre a reprodução dos mesmos.
- Os resultados mostram que os usos múltiplos dos reservatórios do rio Tietê estão limitados ou comprometidos, principalmente aqueles que implicam em riscos à saúde humana (recreação, irrigação, pesca, aquicultura, abastecimento) e à biota natural (dessedentação, proteção).

CAPÍTULO 3

Avaliação da variação temporal da toxicidade de uma linhagem de *Microcystis aeruginosa* a dafnídeos

3.1. Introdução

O crescente processo de eutrofização dos corpos de água tem como principal consequência o aumento na ocorrência de florações de cianobactérias, as quais podem produzir e liberar toxinas e, assim, implicar em riscos para a saúde humana e para a biota natural (AZEVEDO, 2000).

A produção de toxinas pode ser influenciada por diversos fatores, tais como fase de crescimento, intensidade luminosa, pH (SONG et al., 1998), temperatura, concentração de nutrientes, especialmente nitrogênio e fósforo (GUPTA et al., 2001; JACOBY et al., 2000), presença de elementos traço (LYCK et al., 1996), variação genética (BITTENCOURT-OLIVEIRA et al., 2001) e pressão de herbivoria (AGRAWAL et al., 2005).

Algumas das cianobactérias produzem toxinas durante todos os estágios de crescimento, enquanto outras produzem maiores quantidades durante um estágio específico. Além disso, algumas cianobactérias retêm as toxinas dentro das células durante a maior parte do ciclo de vida, enquanto outras as liberam no meio circundante à medida que são produzidas (YOO et al., 1995).

De acordo com Sipaúba e Rocha (2001), nos cultivos de espécies fitoplanctônicas como as cianobactérias, o termo crescimento refere-se às mudanças pelas quais a cultura passa, e é composto por distintas fases:

- Fase de indução ou lag: a maioria das células é viável, mas não está em condições de se dividir imediatamente. Primeiramente, enzimas requeridas para o crescimento sob as novas condições devem ser sintetizadas. Então, não há aumento no número de células nessa fase.
- Fase exponencial ou log: as células começam a dividir-se regularmente a uma taxa constante. A taxa de crescimento é máxima nessa fase e varia conforme a espécie.
- Fase de redução do crescimento: o tempo requerido para a duplicação celular aumenta, reduzindo assim a taxa de crescimento. Isso pode ocorrer devido à diminuição na disponibilidade de nutrientes no meio, ao aumento da concentração de metabólitos ou às alterações em diversos fatores ambientais, tais como pH, temperatura, entre outros, os quais podem reduzir a atividade fotossintética. Ela pode, ainda, ser decorrente da elevação da densidade populacional e da conseqüente diminuição da disponibilidade de luz por unidade celular (auto-sombreamento).
- Fase estacionária: a taxa de crescimento é compensada pela taxa de mortalidade, assim, a população não aumenta. Em volume limitado e cultivo estático, há vários fatores que atuam nesse sentido, como a exaustão de nutrientes (nitrato, fosfato, ferro), diminuição do CO₂ ou do O₂ no meio, alteração do pH do meio, acúmulos de produtos tóxicos.
- Fase senescente ou de declínio: fase na qual a taxa de mortalidade das células é maior que a taxa de reprodução e formação de novas células. O número de células viáveis decresce geometricamente.

Durante a senescência e lise das florações de cianobactérias, as toxinas são liberadas nos ambientes aquáticos e muitos organismos, tais como aves aquáticas, bactérias heterotróficas, fitoplâncton, macrófitas, protozoários, zooplâncton, macroinvertebrados, peixes, animais domésticos e selvagens, podem entrar em contato direto com as mesmas (CHRISTOFFERSEN, 1996; PFLUGMACHER et al., 1999).

Segundo Christoffersen (1996), o conhecimento das consequências ecológicas de toxinas de cianobactérias em ambientes aquáticos é fragmentado, contudo, possíveis riscos podem ser identificados: diminuição do crescimento de organismos microbianos, redução do potencial de herbivoria do zooplâncton, deficiência no desenvolvimento e estabelecimento de espécies sensíveis e acúmulo e transferência de toxinas nas cadeias alimentares, além da diminuição e/ou modificação da diversidade de espécies aquáticas (AZEVEDO, 2000).

A literatura a respeito dos efeitos de cianobactérias tóxicas sobre crescimento, sobrevivência, alimentação e comportamento de copépodos e, principalmente, de cladóceros é extensiva, porém conflitante (CHRISTOFFERSEN, 1996). Há evidências de que as cianobactérias exercem efeitos deletérios sobre o zooplâncton, entretanto tais efeitos são muito variáveis entre gêneros e espécies, e mesmo entre clones de espécies zooplancônicas (GILBERT, 1990). Uma das principais questões ainda a ser resolvida é se os efeitos inibitórios observados são devido ao suposto baixo valor nutricional das cianobactérias (TALAMONI, 1995), às cianotoxinas conhecidas (DeMOTT et al., 1991; ROHRLACK et al., 1999) ou a outros compostos não identificados (AGRAWAL et al., 2005; JUNGSMANN, 1992; JUNGSMANN e BENNDORF 1994).

A maioria dos estudos sobre as interações entre cianobactérias e zooplâncton tem focado os efeitos de linhagens tóxicas de cianobactérias isoladas e cultivadas em condições de laboratório (AGRAWAL et al., 2005; CHEN et al., 2005; DeMOTT et al.,

1991; FERRÃO-FILHO et al., 2000; JUNGSMANN, 1992; MONTEIRO, 2001; NIZAN et al., 1986; REINIKAINEN et al., 1994; ROHRLACK et al., 1999; THOSTRUP e CHRISTOFFERSEN, 1999).

Uma diferença principal no delineamento desses estudos está relacionada ao fato de os organismos serem expostos às cianotoxinas dissolvidas na água (AGRAWAL et al., 2005; CHEN et al., 2005; DeMOTT et al., 1991; JUNGSMANN, 1992; JUNGSMANN e BENNDORF, 1994; LAWTON et al., 1994; MINILLO et al., 2000; MINILLO, 2005; OKUMURA et al., 2007; SOTERO-SANTOS et al., 2006) ou alimentados com cianobactérias tóxicas (FERRÃO-FILHO et al., 2000; FERRÃO-FILHO e AZEVEDO, 2002; MONTEIRO, 2001; NIZAN et al., 1986; REINIKAINEN et al., 1994; ROHRLACK et al., 1999; THOSTRUP e CHRISTOFFERSEN, 1999).

Microcystis é um dos gêneros mais frequentes nas florações de cianobactérias dos sistemas aquáticos brasileiros, sendo *M. aeruginosa* a espécie mais bem distribuída (AZEVEDO, 2002), e as microcistinas, hepatotoxinas por ela produzidas, o grupo de toxinas melhor conhecido e mais extensivamente estudado (FALCONER, 1999; FASTNER et al., 1999).

Considerando que células livres de *Microcystis* foram dominantes no reservatório de Barra Bonita e, principalmente, no de Promissão (Capítulo 1), e que a fase de crescimento da floração pode influenciar a toxicidade da mesma, no presente capítulo, foram analisados os efeitos de extratos de uma linhagem tóxica de *Microcystis aeruginosa*, em diferentes estágios de crescimento, sobre dafnídeos.

3.2. Objetivos

3.2.1. Geral

Analisar a variação temporal da toxicidade de uma linhagem tóxica de *Microcystis aeruginosa*, em diferentes estágios de crescimento populacional, sobre dafinídeos, por meio de testes ecotoxicológicos.

3.2.2. Específicos

- Determinar a curva de crescimento da linhagem tóxica NPLJ-4 de *Microcystis aeruginosa*, sob condições controladas.
- Analisar microcistinas totais nos extratos de culturas da linhagem, em diferentes estágios de crescimento.
- Verificar em que fase do crescimento populacional da linhagem ocorre maior produção de microcistinas.

- Avaliar a toxicidade aguda de extratos de culturas da linhagem de *Microcystis*, em diferentes estágios do crescimento populacional, sobre os dafnídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* (Crustacea, Cladocera).
- Avaliar os efeitos da linhagem, em diferentes fases de crescimento, sobre a sobrevivência e a reprodução dos dafnídeos.
- Verificar em que fase de crescimento a linhagem pode causar mais efeitos adversos à biota aquática.
- Comparar a sensibilidade de *C. dubia* (espécie exótica) e de *C. silvestrii* (espécie nativa) a extratos de culturas da linhagem, em diferentes estágios de crescimento populacional.

3.3. Materiais e Métodos

3.3.1. Cultivo e determinação da curva de crescimento da linhagem NPLJ-4 de *Microcystis aeruginosa* sob condições controladas

O inóculo da linhagem NPLJ-4 de *Microcystis aeruginosa*, comprovadamente tóxica, foi cedido pelo Laboratório de Ecofisiologia e Toxicologia de Cianobactérias, do Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho, da Universidade Federal do Rio de Janeiro (LETC/IBCCF/UFRJ). Segundo Oliveira (2003), a linhagem NPLJ-4 produtora de microcistinas, foi isolada da Lagoa de Jacarepaguá, situada na zona oeste da cidade do Rio de Janeiro (23°00'S – 43°20'W), pela equipe do LETC/IBCCF/UFRJ, em 1996.

A linhagem foi cultivada em meio de cultura ASM-1 (GORHAM et al., 1964), com pH ajustado para 8,0, utilizando-se soluções de HCl 1 N ou NaOH 1 N, e autoclavado a 121°C e 1 atm por 15 a 60 min., dependendo do volume (CETESB, 1993). As culturas-estoque foram mantidas por repicagens periódicas, a cada quinze dias, em erlenmeyers (250 – 500 mL) e em tubos de ensaio (50 mL), colocados em incubadora em temperatura de 23 – 25°C, sob intensidade luminosa de 0,018 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ (fornecida por lâmpadas fluorescentes Phillips TLT 20W), fotoperíodo de 12h claro/12h escuro e agitação manual diária, o que promove a formação de colônias. Para a determinação da curva de crescimento e para os testes ecotoxicológicos, culturas

da linhagem foram mantidas em erlenmeyers de 4 a 6 L nas mesmas condições descritas acima, mas sob aeração constante, mantendo as culturas unicelulares (Figura 3.1).

Figura 3.1 – Aspecto geral de células e colônia da linhagem NPLJ-4 de *Microcystis aeruginosa*, quando mantida sob (a) aeração constante e (b) agitação manual (Fotos: D.T.Okumura).

Para a determinação da curva de crescimento da linhagem NPLJ-4 de *M. aeruginosa* naquelas condições de cultivo, alíquotas (2 mL) foram retiradas diariamente de uma cultura e preservadas com lugol para contagem das células em microscópio óptico, utilizando câmara de Neubauer. Assim, baseada nas mudanças de concentração das células (cel/mL), a curva de crescimento foi construída.

Repicagens, inoculações e retiradas de alíquotas das culturas foram realizadas sob bico de Bunsen. Os materiais utilizados para cultivo e testes com a linhagem foram devidamente tratados (água sanitária 10%, detergente, HCl 10%) (CETESB, 1993).

3.3.2. Preparo dos extratos da linhagem NPLJ-4 de *M. aeruginosa*

Alíquotas (300 – 500 mL) de culturas da linhagem NPLJ-4 foram coletadas, com base na curva de crescimento, nos seguintes estágios: meio e final da fase exponencial, fase estacionária e fase senescente; e contadas em câmara de Neubauer para determinar a densidade de células (cel/mL). Essas alíquotas foram armazenadas e mantidas em freezer até o preparo dos extratos para testes ecotoxicológicos e análise de microcistinas totais. Para provocar o rompimento das células e a liberação das toxinas, as alíquotas foram submetidas a um ciclo, em alternância, de congelamento e descongelamento em temperatura ambiente por três vezes. Após esse processo, os extratos foram centrifugados a 3500 rpm por 10 minutos para precipitação de células rompidas, e o sobrenadante foi utilizado na preparação, por diluição em água reconstituída (água de cultivo dos dafinídeos), das diferentes concentrações a serem testadas (procedimentos adaptados de CETESB, 1993 e MINILLO, 2005).

Considerando que o volume máximo das culturas foi de 4 L e diante do volume retirado, as alíquotas foram coletadas de diferentes culturas para não estressar as mesmas, o que afetaria o crescimento e a produção de toxinas.

3.3.3. Cultivo dos dafnídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* (Crustacea, Cladocera)

Esses cladóceros, utilizados como organismos-teste, foram cultivados e mantidos de acordo com normas padronizadas (ABNT, 2005), seguindo os procedimentos descritos no Capítulo 2 (p.81–82).

3.3.4. Testes de sensibilidade

Esses testes foram realizados conforme os procedimentos apresentados no Capítulo 2 (p.83), sendo que foram utilizados tubos de ensaio como recipientes-teste e dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$) como substância de referência, nas seguintes concentrações: 0 (controle); 0,2; 0,4; 0,8; 0,16 e 0,32 mg/L, preparadas a partir de uma solução-estoque de 1 ou de 10 mg/L de $K_2Cr_2O_7$.

3.3.5. Testes de toxicidade aguda

Para ambas as espécies de dafnídeos, cinco neonatas (< 24h) foram colocadas, em três ou quatro réplicas, em tubos de ensaio com 10 mL de extrato de cultura da linhagem NPLJ-4 de *Microcystis* nas diluições de 0% (controle), 10%, 25%, 50%, 75% e 100% (total) do extrato-mãe, previamente preparado (p.127), em água reconstituída,

independente da densidade de células. Esse procedimento foi realizado para todos os extratos-mãe de culturas da linhagem nos diferentes estágios de crescimento. Durante o período de exposição (48 horas), os organismos foram mantidos em incubadora a 25°C, sem iluminação e sem alimentação. Foram medidos: pH, condutividade elétrica e dureza no início e ao final dos testes. Após 48h, registrou-se o número de indivíduos imóveis ou mortos em cada concentração. Os resultados foram expressos em CE50 – concentração efetiva mediana que causa efeito agudo a 50% dos organismos no tempo de exposição (ABNT, 2004). Quando a porcentagem de organismos imóveis excedeu 10% no controle, o resultado não foi considerado válido e o teste, repetido. O excedente dos extratos-mãe, oriundo da preparação das diluições utilizadas nos testes, foi mantido em freezer para posterior análise de microcistinas totais. Foram realizados pelo menos seis testes com os extratos de culturas dessa linhagem, nos diferentes estágios de crescimento populacional, para ambas as espécies.

3.3.6. Testes de toxicidade crônica

Foi realizado um teste de toxicidade crônica para extrato de cultura da linhagem de *Microcystis* no final da fase exponencial e um para extrato na fase senescente, de acordo com normas padronizadas (ABNT, 2005). Para cada espécie, neonatas (< 24h) foram colocadas individualmente em tubos de ensaio com 15 mL do extrato bruto em concentrações subletais, preparadas por diluição do extrato-mãe, previamente preparado (p.127), em água reconstituída. As diluições, determinadas com base nos testes de toxicidade aguda, foram: 1%, 2%, 4%, 8% e 16% para extrato de cultura da linhagem

no fim da fase exponencial, e 0,75%, 1,5%, 3,0%, 6,0% e 12,0% para extrato de cultura na fase senescente. Foram utilizadas 10 réplicas para cada concentração e também para o controle. Durante o período de exposição (8 dias), os organismos foram mantidos em incubadora a 25°C, sem iluminação (para evitar degradação de toxinas pela luz), e alimentados diariamente, como no cultivo (alga e alimento composto). As soluções de extrato foram renovadas a cada dois dias, quando também eram registrados os indivíduos mortos e o número de neonatas produzidas, uma vez que as variáveis biológicas avaliadas foram sobrevivência e reprodução. Os resultados foram expressos em percentagem de sobrevivência e número médio de neonatas produzidas. Durante os testes, foram monitoradas as variáveis: pH (phmetro Quimis, modelo Q400A), condutividade elétrica (condutivímetro Digimed, modelo DM3), dureza (titulometria com EDTA) e concentração de oxigênio dissolvido (oxímetro Cole Palmer, modelo DO100). Os testes foram considerados válidos quando a mortalidade de organismos adultos no controle não excedeu 20%, e quando 60% ou mais das fêmeas adultas sobreviventes no controle tivessem produzido no mínimo 15 neonatas, não ultrapassando o oitavo dia (ABNT, 2005). O excedente dos extratos-mãe, utilizados na preparação das diluições empregadas nos testes, foi mantido em freezer para posterior quantificação de microcistinas totais.

3.3.7. Análises estatísticas

Para os testes de sensibilidade e de toxicidade aguda, foi utilizado o método estatístico Trimmed Spearman-Kärber (HAMILTON et al., 1977), enquanto para os

testes de toxicidade crônica, foi utilizado o programa computacional TOXSTAT 3.3 (GULLEY et al., 1991), conforme descrito no Capítulo 2 (p.87–88).

3.3.8. Análise de microcistinas

A concentração de microcistinas totais dos extratos de culturas da linhagem NPLJ-4 de *Microcystis aeruginosa*, nos diferentes estágios de crescimento, foi determinada por meio do imunoensaio ELISA com o kit de placas da Beacon Analytical Systems Inc., e expressa na forma de equivalentes de microcistinas totais em µg/L, conforme descrito no Capítulo 2 (p.88–89).

3.4. Resultados e Discussão

3.4.1. Testes de sensibilidade

Os valores de CE50;48h obtidos nos testes de sensibilidade ao dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$) para os organismos-teste *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* estiveram dentro da faixa de sensibilidade estabelecida para os mesmos nas condições do laboratório: 0,10 – 0,26 mg/L de $K_2Cr_2O_7$ para *C.dubia* e 0,08 – 0,24 mg/L de $K_2Cr_2O_7$ para *C. silvestrii* (Figura 3.2; Apêndice C), indicando que os organismos estavam adequados para serem utilizados nos testes de toxicidade aguda e crônica realizados no presente trabalho. *C. silvestrii* foi um pouco mais sensível ao dicromato de potássio do que *C. dubia*.

Figura 3.2 – Faixa de sensibilidade dos dafnídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* (Crustacea, Cladocera) ao dicromato de potássio (K₂Cr₂O₇), para cultivos realizados no Laboratório de Ecotoxicologia, Departamento de Ecologia e Biologia Evolutiva, Universidade Federal de São Carlos, no período de 2005 a 2006.

3.4.2. Curva de crescimento da linhagem NPLJ-4 de *Microcystis aeruginosa*

Nas condições de cultivo estabelecidas, a linhagem NPLJ-4 de *M. aeruginosa* apresentou a curva de crescimento padrão, com fase exponencial (0 a 20 dias), fase estacionária (21 a 31 dias) e fase senescente bem definidas (Figura 3.3). As alíquotas para a realização dos testes de toxicidade foram retiradas no meio da fase exponencial

(cerca de 10 dias), no fim da fase exponencial (cerca de 20 dias), na fase estacionária (24 dias) e na fase senescente (após 30 dias).

Figura 3.3 – Curva de crescimento da linhagem NPLJ-4 de *Microcystis aeruginosa* em meio ASM-1, temperatura de 23 a 25°C e fotoperíodo de 12h claro/12h escuro. Os pontos • indicam o estágio de crescimento da cultura para coleta de alíquotas para os testes ecotoxicológicos.

Na curva de crescimento da linhagem NPLJ-4 de *Microcystis*, não foi observada a fase lag. Essa fase está ausente quando uma cultura crescendo exponencialmente é transferida para um meio de mesmas condições de incubação e composição química. Sob tais condições, as células transferidas têm todas as enzimas requeridas e vias metabólicas para começar imediatamente o crescimento exponencial no meio novo.

3.4.3. Análise de microcistinas

Foram detectadas microcistinas totais nos extratos da linhagem NPLJ-4 de *M. aeruginosa* em todos os estágios de crescimento analisados (Tabela 3.1; Figura 3.4).

Tabela 3.1 – Concentrações de microcistinas totais de extratos brutos da linhagem NPLJ-4 de *Microcystis aeruginosa* em diferentes estágios de crescimento para diferentes culturas.

Culturas	Estágio de crescimento	Densidade (cel/mL)	Microcistinas totais (µg/L)
1	Fase estacionária	$1,40 \times 10^7$	1131,6
	Fase de senescência	$1,14 \times 10^7$	1164,2
2	Meio da fase exponencial	$8,6 \times 10^6$	541,2
	Final da fase exponencial	$1,25 \times 10^7$	1745,5
3	Fase estacionária	$1,53 \times 10^7$	991,7
	Fase de senescência	$1,24 \times 10^7$	1290,7
4	Meio da fase exponencial	$7,6 \times 10^6$	358,9
	Final da fase exponencial	$1,34 \times 10^7$	497,9
	Fase estacionária	$1,63 \times 10^7$	777,6
5	Meio da fase exponencial	$5,38 \times 10^6$	102,6
	Final da fase exponencial	$1,25 \times 10^7$	674,8

Figura 3.4 – Densidades de culturas da linhagem NPLJ-4 de *Microcystis aeruginosa* em diferentes estágios de crescimento e concentrações de microcistinas totais de extratos das mesmas.

Embora não tenha sido determinada para todos os estágios de crescimento de uma mesma cultura, a concentração de microcistinas totais da linhagem NPLJ-4 de *M. aeruginosa* aumentou com o crescimento da cultura, em especial na fase exponencial.

As informações na literatura sobre a variação temporal da quantidade de microcistinas ao longo do crescimento das culturas são bastante variadas. Watanabe e Oishi (1985) relataram que *M. aeruginosa* produziu as maiores quantidades de microcistina no fim da fase exponencial (logarítmica), e grandes quantidades foram liberadas no meio, especialmente durante a fase senescente. Song et al. (1998) analisaram o padrão de produção de microcistina de *Microcystis viridis* e encontraram a produção mais alta de toxinas totais no meio da fase exponencial de crescimento e a mais baixa próximo à fase de declínio.

Orr e Jones (1998) observaram que a concentração total de microcistina da cultura da linhagem MASH01-A19 de *M. aeruginosa* aumentava enquanto as células estavam se dividindo, permanecendo constante ou decrescendo apenas levemente durante a fase estacionária e a senescente. Os autores concluíram, então, que há uma correlação linear direta entre a divisão celular e a taxa de produção de microcistina em todas as cianobactérias produtoras dessa toxina, independente do fator ambiental que esteja limitando a divisão celular. Assim, nutrientes e outros fatores limitantes do crescimento (luz, temperatura, etc.) indiretamente influenciam a produção de microcistina em cianobactérias por meio de efeito sobre crescimento e divisão celular, não por meio de qualquer efeito direto sobre as via biossintéticas ou catabólicas de microcistina.

No presente estudo, observou-se, ainda, variação na concentração de microcistina para o mesmo estágio de crescimento em diferentes culturas da linhagem NPLJ-4. Os fatores ambientais que influenciam a formação de florações tóxicas

(temperatura, pH, intensidade luminosa, concentrações de nutrientes) também podem influenciar a produção de toxina de várias cianobactérias em culturas de laboratório (CODD et al., 1989). Assim, no presente trabalho, pode-se apontar redução da intensidade luminosa por causa de lâmpada queimada, cultura não axênica, variação na qualidade dos nutrientes decorrente da utilização de reagentes de marcas diferentes para preparo do meio, como fatores que podem ter afetado o crescimento das culturas e, conseqüentemente, a produção de toxinas.

3.4.4. Testes de toxicidade aguda

Todos os extratos brutos de culturas da linhagem NPLJ-4 de *Microcystis aeruginosa* obtidos no meio e no final da fase exponencial e na fase senescente causaram efeito tóxico agudo aos cladóceros *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii*, enquanto os extratos das culturas na fase estacionária resultaram em baixa ou nenhuma toxicidade (Figuras 3.5 e 3.6; Apêndice C), apesar de elevadas concentrações de microcistinas (777,6 – 1131,6 µg/L). Os extratos de culturas na fase de senescência foram os mais tóxicos, provavelmente devido ao acúmulo de outros metabólitos.

De modo geral, as duas espécies apresentaram sensibilidade equivalente aos extratos de culturas da linhagem NPLJ-4. *C. dubia* foi um pouco mais sensível do que *C. silvestrii* aos extratos de culturas na fase estacionária, quando esses causaram toxicidade. Segundo Ferrão-Filho et al. (2000), as diferenças na sensibilidade entre cladóceros parecem estar mais relacionadas à história de vida do que à origem geográfica.

Figura 3.5 – Valores de CE50;48h obtidos para os dafinídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* (Crustacea, Cladocera) nos testes de toxicidade aguda (1 – 6) com os extratos brutos de culturas da linhagem NPLJ-4 de *Microcystis aeruginosa* no meio e no final da fase exponencial de crescimento. Barras de erros correspondem ao intervalo de confiança 95%.

Figura 3.6 – Valores de CE50;48h obtidos para os dafnídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* (Crustacea, Cladocera) nos testes de toxicidade aguda (1 – 6) com os extratos brutos de culturas da linhagem NPLJ-4 de *Microcystis aeruginosa* nas fases estacionária e senescente. Barras de erros correspondem ao intervalo de confiança 95%.

Observou-se que nem sempre ocorreu uma relação direta entre a densidade das culturas (Figura 3.7) ou a concentração de microcistinas totais (Figura 3.8) e a toxicidade dos extratos de culturas da linhagem NPLJ-4 de *Microcystis* aos dafnídeos. Extratos de densidade elevada (da ordem de 10^7 cel/mL) e com alta concentração de microcistinas (da ordem de 1000 $\mu\text{g/L}$), como os de culturas na fase senescente, resultaram em alta toxicidade. No entanto, extratos de culturas na fase estacionária, também com alta densidade e elevada concentração de microcistina, resultaram em elevados valores de CE50;48h, ou seja, causaram baixa toxicidade.

Figura 3.7 – Densidades de culturas da linhagem NPLJ-4 de *Microcystis aeruginosa* em diferentes estágios de crescimento e respectivos valores de CE50:48h para *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* (Crustacea, Cladocera).

Figura 3.8 – Concentrações de microcistinas totais dos extratos brutos de culturas da linhagem NPLJ-4 de *Microcystis aeruginosa* em diferentes estágios de crescimento e respectivos valores de CE50;48h para *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* (Crustacea, Cladocera).

Okumura et al. (2007) analisaram a toxicidade de extrato bruto de material liofilizado da mesma linhagem de *Microcystis* (NPLJ-4) sobre dafnídeos e obtiveram valores de CE50;48h maiores do que aqueles obtidos para os extratos brutos de florações naturais, indicando uma maior toxicidade dos últimos, apesar da maior quantidade de microcistinas na linhagem. Os autores sugeriram que a maior toxicidade dos extratos brutos de amostras naturais em relação à linhagem poderia ser decorrente do efeito combinado de diferentes tóxicos (cianotoxinas, metais e hidrocarbonetos aromáticos policíclicos).

Na literatura, há diversos estudos sobre os efeitos de linhagens, tóxicas ou não, de *Microcystis* sobre cladóceros. Entretanto, esses estudos foram realizados com células intactas e não com extratos, como no presente trabalho.

Nizan et al. (1986) mostraram que algumas linhagens de *M. aeruginosa* com $3,5 \times 10^7$ cel/mL, na fase logarítmica, reduziram a ingestão de alimento em *Daphnia magna*, outras causaram mortalidade em dafnídeos jovens e adultos. No entanto, não foram encontradas relações entre bloqueio da ingestão, letalidade a dafnídeos e fatores que matam camundongos, uma vez que linhagens consideradas não tóxicas para camundongos apresentaram efeitos tóxicos ao cladóceros *Daphnia*. Assim, os autores sugerem que vários princípios tóxicos são responsáveis por diferentes manifestações tóxicas, em curto prazo.

DeMott et al. (1991) observaram diferença na resposta de duas espécies de *Daphnia* na presença de uma linhagem tóxica de *Microcystis aeruginosa* (PCC7820). *D. pulex* apresentou mortalidade rápida (48 h) em baixa concentração (1×10^4 cel/mL), enquanto *D. pulicaria* apresentou mortalidade reduzida mesmo na concentração mais alta (1×10^6 cel/mL). Ambas as espécies de *Daphnia* exibiram boa sobrevivência na presença de uma linhagem não tóxica (UTEX 2061).

Reinikainen et al. (1994) investigaram o efeito da linhagem tóxica PCC7820 de *M. aeruginosa* sobre a sobrevivência de juvenis e adultos de *Daphnia pulex* em diferentes concentrações de alimento (alga clorofícea). A presença da cianobactéria reduziu a sobrevivência de *D. pulex* em todas as combinações de estágio de vida (juvenis e adultos) e nível de alimento. No entanto, o efeito tóxico diminuiu com o aumento da concentração de alimento. Os autores concluíram que quantidades de 1,4 a $3,2 \times 10^4$ cel/mL de *M. aeruginosa* são suficientes para causar mortalidade em *D. pulex*.

Monteiro (2001) avaliou o efeito de duas linhagens de *Microcystis*, sendo uma tóxica (RST9501) e outra não tóxica (NPJT-01), sobre a sobrevivência de cladóceros, e nenhuma delas causou efeito tóxico agudo para *Daphnia similis* e para *Simocephalus serrulatus*, mesmo em concentrações de até 1×10^7 cel/mL, em 48 h de exposição. O autor sugere que o efeito de tais linhagens de *Microcystis* sobre cladóceros parece não estar associado à presença de microcistinas.

Eloff e Van der Westhuizen (1981), usando bioensaio com camundongo, observaram que células na fase estacionária de crescimento foram menos tóxicas do que células crescendo exponencialmente.

Nizan et al. (1986) analisaram o efeito da idade da linhagem tóxica PCC7820 de *M. aeruginosa* sobre *D. magna*. A toxicidade de uma cultura velha de *Microcystis* (fase estacionária) foi muito maior do que aquela de uma cultura na fase logarítmica de crescimento para o dafnínídeo, em 4 dias de exposição. Para os autores, culturas velhas de cianobactérias são mais tóxicas do que as novas, e o aumento da toxicidade de cultura velha de *M. aeruginosa* não é devido a um acúmulo de metabólitos extracelulares, uma vez que o sobrenadante de tais culturas não mostrou efeitos tóxicos, mas, sim, um reflexo da mudança qualitativa e/ou quantitativa no conteúdo intracelular da cianobactéria. Analisando os resultados dos autores, observou-se que a sobrevivência

dos organismos era de 90% para a linhagem de *Microcystis* na fase estacionária até o segundo dia de exposição (48 h), caindo para 0% no quarto dia. Assim, no presente estudo, poder-se-ia ter realizado testes de toxicidade crônica para melhor avaliar o efeito dos extratos de culturas da linhagem NPLJ-4 de *M. aeruginosa* na fase estacionária sobre os cladóceros, uma vez que esses extratos ocasionaram baixa, ou nenhuma toxicidade aguda, aos mesmos.

A maior toxicidade dos extratos de culturas da linhagem de *Microcystis* na fase senescente pode estar relacionada, além das microcistinas, a outros compostos, identificados (JAKOBI et al., 1996; PIETSCH et al., 2001) ou não (AGRAWAL et al., 2005; JUNGSMANN, 1992; JUNGSMANN e BENNDORF, 1994), produzidos pelas células, acumulados ou liberados no meio, e que causam efeitos tóxicos sobre os dafnídeos.

Algas e cianobactérias são grandes produtoras de polissacarídeos extracelulares (VIEIRA, 2002), e a produção dos mesmos é predominantemente observada na fase estacionária de crescimento (GIROLDO, 2003; ORTOLANO, 2005). Assim, pode-se dizer que esses polissacarídeos, de algum modo, influenciam a toxicidade de extratos de culturas da linhagem de *M. aeruginosa* na fase estacionária sobre dafnídeos.

3.4.5. Testes de toxicidade crônica

A sobrevivência dos cladóceros *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* foi significativamente afetada pelas concentrações mais elevadas dos extratos de culturas da linhagem NPLJ-4 de *Microcystis aeruginosa* no final da fase exponencial ($2,29 \times 10^6$

cel/mL) e na fase senescente de crescimento ($1,37 \times 10^6$ cel/mL) (Figura 3.9 e 3.10; Tabela 3.2; Apêndice C). *C. silvestrii* foi mais sensível do que *C. dubia*, principalmente para o extrato de cultura na fase de senescência, em que a sobrevivência foi afetada pelas três maiores concentrações testadas ($3,42 \times 10^5$; $6,84 \times 10^5$ e $1,37 \times 10^6$ cel/mL).

Figura 3.9 – Percentagem de sobrevivência dos dafinídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* (Crustacea, Cladocera) durante testes de toxicidade crônica (8 dias) com extratos brutos de culturas da linhagem NPLJ-4 de *Microcystis aeruginosa* no final da fase exponencial de crescimento. E+0x = 10^x . As linhas em destaque representam diferença estatisticamente significativa em relação ao controle.

Figura 3.10 – Percentagem de sobrevivência dos daftídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* (Crustacea, Cladocera) durante testes de toxicidade crônica (8 dias) com extratos brutos de culturas da linhagem NPLJ-4 de *Microcystis aeruginosa* na fase senescente de crescimento. E+0x = 10^x. As linhas em destaque representam diferença estatisticamente significativa em relação ao controle.

De modo geral, a produção de neonatas diminuiu com o aumento da concentração dos extratos, sendo essa diminuição estatisticamente significativa nas maiores concentrações (Figura 3.11; Tabela 3.2; Apêndice C). A reprodução de *C. dubia* foi maior do que a de *C. silvestrii* em todas as concentrações dos extratos testados.

Durante os testes, para ambas as espécies, foram observadas neonatas mortas, as quais, no entanto, não foram registradas, uma vez que são consideradas apenas as neonatas vivas, na análise dos dados de reprodução (ABNT, 2005).

Figura 3.11 – Número médio de neonatas produzidas pelos dafnídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* (Crustacea, Cladocera) durante testes de toxicidade crônica (8 dias) com extratos brutos de culturas da linhagem NPLJ-4 de *Microcystis aeruginosa* no final da fase exponencial e na fase senescente de crescimento. E+0x = 10^x. Barras de erros correspondem ao desvio padrão. As barras em destaque representam diferença estatisticamente significativa em relação ao controle.

Tabela 3.2 – Significância estatística da percentagem de sobrevivência e do número médio de neonatas vivas produzidas pelos dafinídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii*, durante os testes de toxicidade crônica (8 dias), com extratos de culturas da linhagem NPLJ-4 de *Microcystis aeruginosa* no final da fase exponencial e na fase senescente de crescimento.

Estágio de crescimento	Densidade (cel/mL)	Sobrevivência (%)		n°. médio de neonatas	
		<i>C.dubia</i>	<i>C.silvestrii</i>	<i>C.dubia</i>	<i>C.silvestrii</i>
Final da fase exponencial	0 (controle) (0%)	100	100	18,3 ± 3,8	16,8 ± 8,7
	1,43 × 10 ⁵ (1%)	90	100	25,1* ± 6,1	21,3 ± 6,0
	2,86 × 10 ⁵ (2%)	100	100	28,5* ± 2,0	18,9 ± 7,6
	5,72 × 10 ⁵ (4%)	100	90	26,6* ± 5,7	12,8 ± 10,5
	1,14 × 10 ⁶ (8%)	100	70	18,7 ± 6,3	3,9* ± 4,5
	2,29 × 10 ⁶ (16%)	30*	0*	0,6* ± 1,3	0* ± 0
Fase de senescência	0 (controle) (0%)	100	100	23,3 ± 4,3	16,7 ± 4,3
	8,55 × 10 ⁴ (0,75%)	100	80	26,1 ± 2,3	13,8 ± 8,0
	1,71 × 10 ⁵ (1,5%)	90	90	23,1 ± 3,5	11,3* ± 5,8
	3,42 × 10 ⁵ (3,0%)	100	40*	21,9 ± 5,5	3,4* ± 4,5
	6,84 × 10 ⁵ (6,0%)	100	20*	15,1* ± 7,8	1,6* ± 3,4
	1,37 × 10 ⁶ (12,0%)	10*	0*	0,9* ± 1,5	0,4* ± 1,3

*diferença estatisticamente significativa em relação ao controle (p < 0,05)

O extrato de cultura da linhagem de *Microcystis* na fase senescente foi mais danoso aos dafinídeos do que o de cultura no final da fase exponencial, com efeitos deletérios pronunciados sobre a sobrevivência e a reprodução de *C. silvestrii*. Okumura et al. (2007) observaram que o extrato bruto de material liofilizado da mesma linhagem (NPLJ-4) de *Microcystis* não afetou a sobrevivência de *C. silvestrii*, porém diminuiu a reprodução do dafinídeo, sendo a redução estatisticamente significativa nas concentrações superiores a 0,04 mg/mL ou 240 µg/g.

A reprodução de *C. dubia* foi estimulada nas menores concentrações do extrato de cultura no final da fase exponencial, sendo significativamente superior à do controle. Esse aumento na reprodução pode ser uma resposta à presença do tóxico, no caso as microcistinas, a fim de garantir a sobrevivência da espécie. Ainda, considerando que algas e cianobactérias são grandes produtoras de polissacarídeos extracelulares (VIEIRA, 2002), esses compostos estariam presentes no extrato, proporcionando uma fonte de alimento a mais para os organismos, pois estudos mostraram a ingestão de exopolissacarídeos de cianobactérias por cladóceros (NOGUEIRA et al., 2005; CHOUERI et al., 2007).

Nas concentrações mais altas dos extratos, as microcistinas teriam causado a mortalidade dos dafinídeos. Por outro lado, naquelas concentrações que não causaram efeito sobre a sobrevivência, mas afetaram significativamente a reprodução dos dafinídeos, esses organismos teriam de alocar energia para desintoxicação ou, ainda, reduzir a taxa de alimentação para evitar a toxina, comprometendo, assim, o desenvolvimento e a reprodução.

Há trabalhos na literatura sobre os efeitos deletérios de linhagens tóxicas de cianobactérias na reprodução de cladóceros. Contudo, esses estudos são baseados no uso de células intactas.

Thostrup e Christoffersen (1999) verificaram que a presença da linhagem tóxica CYA 228/1 de *M. aeruginosa* reduziu a taxa de alimentação, a sobrevivência, o crescimento e a reprodução de *Daphnia magna*. Para os autores, a microcistina tem efeitos tóxicos diretos sobre os processos de vida de *D. magna*.

Ferrão-Filho et al. (2000) observaram que três linhagens tropicais (NPLJ-2, NPLJ-3 e NPLJ-6) de *Microcystis*, em fase exponencial de crescimento, reduziram fortemente a taxa de crescimento populacional e a reprodução (atraso na idade da

primeira reprodução e redução no número de ovos/fêmea) dos cladóceros *Daphnia pulex*, *Moinodaphnia macleayi*, *Moina micrura* e *Ceriodaphnia cornuta*. Essa redução foi proporcional à porcentagem de células tóxicas na dieta. Em baixas concentrações de *Microcystis* tóxicas, alguns indivíduos sobreviveram e reproduziram, enquanto outros sobreviveram, mas não reproduziram.

Agrawal et al. (2001) notaram que o crescimento populacional do cladóceros *Moina macrocopa* foi suprimido, quando o mesmo foi alimentado com células livres de *Microcystis* (5×10^5 cel/mL), tóxicas ou não, oriundas de vários lugares, em mistura com *Chlorella*. Para os autores, *Microcystis* afeta adversamente a filtração e/ou processo de digestão, impedindo, portanto, a utilização de *Chlorella*.

Monteiro (2001) verificou que a presença da linhagem tóxica RST9501 de *M. aeruginosa* (1×10^6 cel/mL), durante 21 dias de exposição, não afetou a sobrevivência, mas inibiu a reprodução de *D. similis*, independente da quantidade e qualidade de alimento disponível. Concentrações mais baixas (1×10^5 cel/mL) reduziram a reprodução em até 70%, em relação ao controle. Tanto a linhagem tóxica (RST9501) como a não tóxica (NPJT-01) de *M. aeruginosa* apresentaram toxicidade crônica para *C. dubia*, causando inibição estatisticamente significativa da reprodução e diminuição no crescimento. Na concentração máxima (1×10^7 cel/mL), para ambas linhagens foi observada redução no número de filhotes produzidos por fêmea entre 90 e 100% em relação ao controle. Ao contrário, a concentração mais baixa (3×10^5 cel/mL) estimulou a reprodução em até 10%. O autor sugere que a inibição do processo de filtração, e não a presença de toxinas, pode ser um dos fatores responsáveis pelos efeitos observados, uma vez que ambas as linhagens, com e sem microcistinas, inibiram a reprodução e reduziram o crescimento do dafnínideo.

Para DeMott et al. (1991), a inibição da alimentação poderia ser uma adaptação comportamental para evitar ingerir toxinas ou uma consequência direta de envenenamento.

Portanto, diante dos efeitos adversos de linhagens de *Microcystis* sobre cladóceros, sobretudo na reprodução, a exposição desses organismos às florações no ambiente pode afetar a estrutura da comunidade zooplanctônica e do sistema como um todo, considerando ainda a bioacumulação de cianotoxinas pelo zooplâncton (FERRÃO-FILHO, 2002; THOSTRUP e CHRISTOFFERSEN, 1999).

3.5. Conclusões

- Microcistinas totais foram detectadas nos extratos de culturas da linhagem NPLJ-4 de *Microcystis aeruginosa* em todos os estágios de crescimento analisados: meio e final da fase exponencial, fase estacionária e fase de senescência.
- A concentração de microcistinas totais da linhagem NPLJ-4 aumentou com o crescimento da cultura.
- Os extratos brutos de culturas da linhagem no meio e no final da fase exponencial e na fase senescente causaram efeito tóxico agudo aos dafnídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* (Crustacea, Cladocera), enquanto os extratos de culturas na fase estacionária resultaram em baixa ou nenhuma toxicidade, apesar de elevadas concentrações (777,6 – 1131,6 µg/L) de microcistinas totais.
- De modo geral, os dafnídeos apresentaram sensibilidade equivalente aos extratos de culturas da linhagem NPLJ-4 nos testes de toxicidade aguda.
- Os extratos de culturas na fase de senescência foram os mais tóxicos aos dafnídeos, possivelmente devido ao acúmulo de metabólitos, com efeitos deletérios pronunciados sobre a sobrevivência e a reprodução, principalmente de *C. silvestrii*.

- A exposição dos cladóceros às florações de cianobactérias no ambiente pode afetar a estrutura da comunidade zooplancônica, em virtude dos efeitos que exercem sobre os mesmos.

CAPÍTULO 4

Testes de toxicidade e biomonitoramento na avaliação da eficiência de processos de tratamento de água na remoção de células, toxinas e subprodutos de cianobactérias

4.1. Introdução

O acelerado crescimento populacional e a conseqüente intensificação das atividades agrícolas e industriais, bem como o manejo inadequado dos resíduos e efluentes, têm resultado na eutrofização dos ecossistemas de água doce e no comprometimento dos recursos hídricos em geral, prejudicando os usos múltiplos dos mesmos (FIGUEIREDO et al., 2004).

Uma das principais conseqüências da eutrofização é o aumento da ocorrência das florações de cianobactérias. A produção e a liberação de toxinas por diversas espécies de cianobactérias representam um dos problemas mais graves de tais florações nos sistemas aquáticos, considerando a possibilidade de intoxicações e até morte do homem e de outros animais. Os principais tipos de intoxicação incluem distúrbios hepáticos, neurológicos, gastrointestinais e reações alérgicas (AZEVEDO e VASCONCELOS, 2006).

Em todo o mundo, há diversos relatos de intoxicação de animais domésticos e selvagens por beberem ou nadarem em águas com florações de cianobactérias (Codd et al., 1989; Sivonen e Jones, 1999; Yoo et al., 1995). Quanto ao homem, as mais prováveis rotas de exposição às cianotoxinas incluem o uso recreacional de lagos e rios (rota oral e dérmica), o consumo de água potável (rota oral) e o consumo de suplementos alimentares à base de cianobactérias (rota oral). Uma rota menos importante de exposição é aquela da inalação (Falconer et al., 1999;

VASCONCELOS e ARAÚJO, 1994; YOO et al., 1995). Em termos globais, os relatos clínicos de danos à população humana, pelo consumo oral de toxinas de cianobactérias em águas de abastecimento, aparecem como consequência de acidentes, ignorância ou má administração (AZEVEDO e VASCONCELOS, 2006; YOO et al., 1995).

O mais grave episódio de intoxicação humana causada por cianotoxinas ocorreu em 1996, no Brasil, em Caruaru, PE, onde quase 60 pacientes de uma clínica de hemodiálise morreram devido à utilização de água contaminada com cianotoxinas hepatotóxicas. As análises químicas confirmaram a presença de microcistinas no carvão ativado utilizado no sistema de purificação de água da clínica, bem como nas amostras de sangue e fígado dos pacientes intoxicados. Esse passou a ser o primeiro caso confirmado de morte de seres humanos causada por toxina produzida por cianobactérias (AZEVEDO e VASCONCELOS, op. cit.). Tal incidente demonstrou a relevância dos riscos das cianotoxinas para a saúde humana e a importância da eficiência dos processos utilizados nas estações de tratamento de água para remoção de toxinas (JOCHIMSEN et al., 1998).

Quando atingem mananciais utilizados para a captação de águas para o abastecimento, as florações de cianobactérias podem trazer grandes problemas para as estações de tratamento de água, pois, além de produzirem compostos que conferem odor e sabor à água (PERSSON, 1996), podem produzir e liberar toxinas. Quando dissolvidas na água, as toxinas de cianobactérias ou cianotoxinas geralmente não são removidas pelo tratamento convencional, e podem ter a concentração aumentada durante tal processo devido à lise das células (CHOW et al., 1998). Assim, é desejável remover células intactas ou, então, diminuir a carga de toxina na estação de tratamento de água, evitando a captação de células (DRIKAS et al., 2001), eliminando ou reduzindo substancialmente a necessidade de processos adicionais para remoção de toxinas, bem

como riscos à saúde humana (SIVONEN e JONES, 1999). O carvão ativado e alguns oxidantes podem ser usados em adição ao processo convencional para fornecer água potável aceitável (DRIKAS et al., 2001).

O homem pode sofrer exposição a baixas doses de cianotoxinas pela ingestão de água potável (HEINZE, 1999; UENO et al., 1999), como consequência da lise de cianobactérias em lagos e reservatórios contaminados e da não remoção das toxinas pelo tratamento convencional. A exposição prolongada deve ser considerada como um sério risco à saúde, uma vez que as microcistinas, as toxinas de cianobactérias mais comuns, são potenciais causadoras de tumores (FALCONER e HUMPAGE, 1996). O consumo continuado de pequenas doses destas hepatotoxinas pode levar a uma maior incidência de câncer hepático na população exposta (AZEVEDO, 2000).

Em 1999, a Organização Mundial de Saúde (OMS), após várias reuniões com pesquisadores de diferentes países, editou um “Guideline” específico para toxinas de cianobactérias em águas de abastecimento público, em que ficou estabelecido o limite de 1,0 µg/L como a concentração máxima aceitável para consumo humano oral diário (CHORUS e BARTRAM, 1999). A Portaria nº 518, de 25 de março de 2004 (BRASIL, 2004), que estabelece normas e padrões de potabilidade de água para consumo humano no Brasil, contempla o monitoramento da ocorrência de cianobactérias e de cianotoxinas, tanto na água bruta do manancial utilizado para captação de água, como na água tratada para consumo. Essa Portaria estabelece VMP (valor máximo permitido) de 1 µg/L de microcistinas, 15,0 µg/L de cilindrospermopsina e 3,0 µg/L de saxitoxinas em água para consumo.

Segundo Yoo et al. (1995), apesar do crescente interesse mundial em relação aos riscos à saúde associados com as toxinas de cianobactérias, poucos estudos têm sido publicados sobre a efetividade de remoção de cianotoxinas por várias tecnologias de

tratamento de água (CAVALCANTE et al., 2005; COSTA et al., 2006; DRIKAS et al., 2001; INAMORI et al., 1998; MOHAMED et al., 1999). A informação disponível sobre estações piloto e em escala real, operando sob condições reais de níveis de toxina em água bruta e condições relevantes de qualidade de água, é muito limitada. Os estudos publicados são razoavelmente consistentes em suas descobertas sobre a efetividade de processos de tratamento para remover toxinas, porém a maior parte das pesquisas tem focalizado as hepatotoxinas, particularmente as microcistinas. De fato, esse grupo de toxinas, produzidas particularmente por *Microcystis aeruginosa*, é, até o momento, o melhor conhecido e mais extensivamente estudado (FALCONER, 1999; FASTNER et al., 1999).

De modo geral, os processos para o tratamento convencional (coagulação e filtração) fornecem remoção limitada de toxinas (<50%) (NICHOLSON et al., 1994; MOHAMED et al., 1999), assim, a maior utilidade de tais processos seria para a remoção de células de cianobactérias (DRIKAS et al., 2001). A adsorção pelo carvão ativado tem sido razoavelmente efetiva. A ozonização tem sido consistentemente muito efetiva em destruir rapidamente as toxinas. A cloração tem produzido resultados aparentemente variáveis. O ponto de aplicação de qualquer oxidante pode ter um impacto na sua efetividade em reduzir os níveis de toxina. A pré-oxidação pode causar lise celular e conseqüente liberação de toxinas para a água antes das células serem removidas por outros processos de tratamento (DRIKAS et al., op. cit.; YOO et al., 1995). A atividade biológica pode contribuir para a remoção das microcistinas (INAMORI et al., 1998). O uso de radiação gama para controle de populações de cianobactérias tem sido pesquisado (COSTA et al., 2006). A razão custo/eficiência e a complexidade são os principais fatores limitantes à implantação de processos e técnicas desenvolvidos para remoção de toxinas em sistemas de tratamento de água e esgoto.

O presente trabalho foi realizado em colaboração com a doutoranda Emília Kiyomi Kuroda, sob orientação do Prof. Luiz Di Bernardo do Departamento de Hidráulica e Saneamento, da Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, como parte do projeto “Estudos ecotoxicológicos com cianobactérias e sua aplicação em processos de remoção de toxinas algais em água de abastecimento” (Processo nº 02/08341-7), financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP.

Kuroda (2006) avaliou a remoção de células, microcistinas e subprodutos de *Microcystis* spp., de linhagem tóxica e de floração natural, pelos processos de dupla filtração com filtração ascendente em pedregulho e de filtração descendente em areia, oxidação (cloração) e adsorção com carvão ativado pulverizado ou granular. Para avaliação complementar da eficiência desses processos de tratamento, os efluentes dos mesmos foram submetidos, no presente estudo, a testes de toxicidade aguda com cladóceros e biomonitoramento com peixes.

Os cladóceros e os peixes são organismos indicados para uso em estudos ecotoxicológicos, porque são bastante sensíveis a diversos agentes químicos. Além disso, apresentam fácil cultivo ou adaptação em condições de laboratório, (DOMINGUES e BERTOLETTI, 2006).

Os testes de toxicidade são freqüentemente utilizados para detectar e avaliar os efeitos tóxicos potenciais de substâncias químicas sobre organismos aquáticos (RAND e PETROCELLI, 1985).

O monitoramento da qualidade da água em estações de captação de água para o abastecimento público e em estações de tratamento de efluentes industriais pode ser realizado por meio de análises físicas e químicas, as quais podem auxiliar na identificação das causas das alterações na qualidade da água, ou de respostas

fisiológicas e comportamentais de organismos a baixas concentrações de contaminantes. Estes últimos são chamados de biomonitores. Sistemas que monitoram a qualidade da água e que geram condições de alarme caso esta esteja fora de padrões mínimos de qualidade constituem monitores automáticos e são utilizados para que sejam tomadas providências imediatas tão logo seja identificado um problema (CAIRNS et al., 1973).

Os organismos podem apresentar respostas fisiológicas e comportamentais distintas a baixas concentrações de contaminantes, incluindo alteração na motricidade e na respiração. Esforços têm sido realizados no sentido de associar estas respostas a sistemas automáticos de alarme. Por exemplo, as atividades cardíaca e respiratória de várias espécies de truta e de outras espécies de peixe têm sido utilizadas em sistemas biológicos de alerta precoce, automatizados (“BEWS – Biological Early Warning Systems”) (DIAMOND et al., 1988).

O biomonitoramento consiste no uso da resposta biológica para avaliar as mudanças na qualidade da água, fornecendo informações que são usadas em programas de controle ambiental (SILVA e BAPTISTA, 2000). O biomonitoramento em tempo real é capaz de detectar alterações comportamentais induzidas por concentrações que não causam mortalidade (MAGALHÃES et al., 2005). A exposição a concentrações subletais de compostos químicos pode ser a ameaça mais predominante com a qual organismos aquáticos são confrontados no ambiente. Uma resposta comportamental pode ser a reação inicial à exposição química no ambiente natural (RAND, 1985).

4.2. Objetivos

4.2.1. Geral

Avaliar a eficiência de processos de tratamento de água na remoção de células, toxinas e subprodutos de cianobactérias, por meio de testes de toxicidade com cladóceros e biomonitoramento com peixes.

4.2.2. Específico

Utilizar testes de toxicidade aguda com dafnídeos (*Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii*) e biomonitoramento pelo sistema de alerta precoce com peixes (*Danio rerio*) para avaliar a eficiência de processos de tratamento de água empregados na remoção de células, microcistinas e subprodutos de *Microcystis* spp., determinando qual o mais eficiente.

4.3. Materiais e Métodos

4.3.1. Ensaio em bancada

Considerando que esse trabalho foi realizado em colaboração, informações, dados e resultados de Kuroda (2006) são apresentados no Anexo A (p.302), a fim de possibilitar uma visão integrada do mesmo.

Primeiro, foram realizados ensaios de bancada (em jarreste e filtros de laboratório de areia – FLAs), para estabelecimento das condições operacionais (coagulação química, oxidação, adsorção) dos ensaios a serem realizados em instalação piloto – IP.

O equipamento jarreste é composto de 6 jarros de acrílico transparente de 2 L, tacômetro digital para medição da rotação, dispositivo para aplicação de produtos químicos e coleta de água nos 6 jarros simultaneamente. O sistema de filtros de laboratório de areia (FLAs) é constituído por seis filtros, cada um com corpo em acrílico transparente de 1,9 cm de diâmetro, 40 cm de altura e areia aderida na parede interna.

Os efluentes dos ensaios de bancada, descritos na Tabela 4.1, foram utilizados em testes de toxicidade aguda com dafnídeos, como referência para avaliação da eficiência de processos de tratamento de água empregados na remoção de células, microcistinas e subprodutos de *Microcystis*.

Tabela 4.1 – Descrição dos ensaios de bancada, cujos efluentes foram analisados por meio de testes de toxicidade aguda com dafnídeos.

Ensaio	Objetivo	Procedimento						
1-A ^a	Avaliação da dosagem de coagulante mg (Al ₂ (SO ₄) ₃ ×14,3 H ₂ O)/L seguida de filtração em FLA	J1 0	J2 0,5	J3 1,0	J4 1,5	J5 2,0	J6 2,5	
2-A	Avaliação da dosagem de coagulante mg (Al ₂ (SO ₄) ₃ ×14,3 H ₂ O)/L seguida de filtração em FLA	J1 3,0	J2 3,5	J3 4,0	J4 4,5	J5 5,0	J6 5,5	
3-B ^b	Avaliação da granulometria do FLA para a filtração direta	FLA1		FLA2		FLA3		
4-B	Avaliação do uso de carvão ativado granular – CAG após filtração direta em filtro de laboratório de areia – FLA	FLA1 ↓ CAG		FLA2 ↓ CAG		FLA3 ↓ CAG		
8-D ^c	Determinação das condições de coagulação química para 7 tipos de coagulantes à base alumínio	J1 ↓ FLA	J2 ↓ FLA	J3 ↓ FLA	J4 ↓ FLA	J5 ↓ FLA	J6 ↓ FLA	J7 ↓ FLA
9-E ^d	Avaliação da influência do pH da água de diluição no desempenho da filtração direta	J1 ↓ FLA	J2 ↓ FLA	J3 ↓ FLA	J4 ↓ FLA	J5 ↓ FLA	J6 ↓ FLA	
10-F ^e	Avaliação da influência da turbidez da água de diluição no desempenho da filtração direta	J1 ↓ FLA	J2 ↓ FLA	J3 ↓ FLA	J4 ↓ FLA	J5 ↓ FLA	J6 ↓ FLA	

^aÁgua de estudo (AE) da série A: densidade de *Microcystis* spp. = $1,5 \times 10^5$ cel/mL

^bAE série B: densidade de *Microcystis* spp. = $5,9 \times 10^4$ cel/mL

^cAE série D: densidade de *Microcystis* spp. = $2,1 \times 10^5$ cel/mL

^dAE série E: densidade de *Microcystis* spp. = $2,1 \times 10^5$ cel/mL

^eAE série F: densidade de *Microcystis* spp. = $2,1 \times 10^5$ cel/mL

J = jarro

Cada série de ensaios corresponde a uma coleta de água de diluição – AD (água filtrada da ETA 2 de São Carlos) para preparação da água bruta ou água de estudo – AE

(adição de cultura da linhagem tóxica NPLJ-4 de *Microcystis* e/ou extrato de microcistinas).

4.3.2. Ensaio em Instalação Piloto – IP

A instalação piloto – IP foi montada nas dependências da Estação de Tratamento de Água 2 de São Carlos – ETASC 2, localizada no Distrito Industrial – CEAT do município. O esquema geral da IP e os resultados dos ensaios realizados por Kuroda (2006) constam no Anexo A (p.302).

Na Tabela 4.2, é apresentada uma descrição dos ensaios realizados na IP. Cada ensaio consistiu de um sistema de tratamento composto por uma combinação de processos: dupla filtração (ascendente e descendente), oxidação (pré-cloração, intercloração ou pós-cloração) e adsorção (carvão ativado em pó ou filtro com carvão ativado granular), e avaliado mediante o uso de uma água de estudo preparada para esse fim. Os ensaios I a V foram realizados a partir de AE contendo células, microcistinas e subprodutos da linhagem tóxica NPLJ-4 de *Microcystis*, enquanto os ensaios VI a VIII, a partir de AE contendo material natural de cianobactérias coletado em 15/07/2006 no reservatório de Barra Bonita, no Médio rio Tietê, SP. As florações de cianobactérias têm sido recorrentes em reservatórios do rio Tietê, e estudos comprovam a ocorrência de florações tóxicas.

Nos ensaios, além da água de diluição – AD e da água de estudo – AE, os efluentes de cada processo do sistema de tratamento foram avaliados por meio de testes de toxicidade aguda com dafnídeos e de biomonitoramento com peixes.

Tabela 4.2 – Sistemas de tratamento utilizados nos ensaios I a VIII realizados em instalação piloto – IP, cujos efluentes foram avaliados por meio de testes de toxicidade aguda com dafnídeos e de biomonitoramento com peixes.

Ensaio	Sistema de tratamento
I*	MR → FAP → INTER → FD → FCAG
II*	PRÉ → CAP → MR → FAP → FD
III*	PRÉ → MR → FAP → FD
IV*	MR → FAP → FD → PÓS e FCAG (simultaneamente)
V*	MR → FAP → FD → PÓS e FCAG (simultaneamente)
VI**	MR → FAP → INTER → FD → FCAG
VII**	CAP → MR → FAP → FD
VIII**	PRÉ → CAP → MR → FAP → FD

MR = mistura rápida; FAP = filtro ascendente de pedregulho; FD = filtro descendente; PRE = pré-cloração; INTER = intercloração; POS = pós-cloração; CAP = carvão ativado em pó; FCAG = filtro com carvão ativado granular. *ensaios realizados com linhagem tóxica NPLJ-4 de *Microcystis*; **ensaios realizados com floração natural de cianobactérias coletada em 15/07/02006 no reservatório de Barra Bonita, Médio rio Tietê, SP.

4.3.3. Cultivo dos dafnídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* (Crustacea, Cladocera)

Esses cladóceros, utilizados como organismos-teste, foram cultivados e mantidos de acordo com normas padronizadas (ABNT, 2005), conforme procedimentos descritos no Capítulo 2 (p.81–82).

4.3.4. Testes de toxicidade aguda

Para cada dafnídeo, cinco neonatas (< 24 h) foram colocadas, em três réplicas, em tubos de ensaio contendo 10 mL das amostras, sem diluição (100%), e oriundas dos ensaios de bancada e da instalação piloto. As amostras foram mantidas sob refrigeração até o início dos testes. Durante o período de exposição (48 h), os organismos foram mantidos em incubadora a 25°C, sem iluminação e sem alimentação. Foram realizadas medidas das variáveis: pH, condutividade elétrica e dureza no início e ao final dos testes. Após 48h, registrou-se o número de indivíduos imóveis ou mortos para cada amostra. Quando a porcentagem de organismos imóveis no controle excedeu 10%, o resultado não foi considerado válido (ABNT, 2004). Os testes invalidados não puderam ser repetidos, em virtude da elevada quantidade de amostras e do tempo de preservação das mesmas. Considerando que foram utilizadas amostras sem diluição, os resultados dos testes foram expressos de forma qualitativa, ou seja, como “tóxico” ou “não tóxico”, confirmados por meio de análise estatística (teste de Fisher) (ABNT, 2004).

4.3.5. Aclimação e manutenção de *Danio rerio* (Teleostei, Cyprinidae) em laboratório

Danio rerio Hamilton-Buchanan é originário da Índia e tem sido utilizado mundialmente em estudos ecotoxicológicos (DOMINGUES e BERTOLETTI, 2006). Espécimes adultos de *D. rerio* (Figura 4.1) foram adquiridos em lojas especializadas de aquarofilia. A aclimação e a manutenção dos organismos em laboratório seguiram

procedimentos descritos em normas padronizadas (ABNT, 2004). Os peixes foram mantidos em aquários (40 e 60 L) com água da torneira, oriunda de poço artesiano e não clorada, mantendo-se a relação de 1 g de organismo por litro de água, e alimentados com ração TETRAMIN[®], duas vezes ao dia. Foram adicionadas soluções específicas à água da torneira, para que apresentasse dureza total de 40 a 50 mg CaCO₃/L e pH de 6,5 a 7,5.

Figura 4.1 – Espécime adulto de *Danio rerio* (Teleostei, Cyprinidae) (Foto retirada do site <http://users.ugent.be/~kwautier/VMDB/staff.html>, acessado em 18/12/2006)

4.3.6. Biomonitoramento

Espécimes adultos de *D. rerio*, previamente aclimatados, foram transportados até a instalação piloto – IP em sacos plásticos, separados aleatoriamente em lotes de 15 ou 20 organismos e colocados em cada aquário/tratamento com 15 L de efluente em fluxo contínuo. Os peixes não foram alimentados 24 h antes nem durante os ensaios. Foram realizadas observações diretas das respostas comportamentais de locomoção dos organismos para cada tratamento nos ensaios I a VI na IP (Figura 4.2), como um sistema de alerta precoce, em que são consideradas grandes alterações no comportamento, como natação em posição lateral ou de barriga para cima, ou

mortalidade. O biomonitoramento com os peixes não foi realizado nos ensaios VII e VIII, em virtude da não disponibilidade de organismos.

Figura 4.2 – Aquários utilizados no sistema de biomonitoramento por alerta precoce com a espécie de peixe *Danio rerio* nos ensaios na instalação piloto – IP para avaliação da eficiência dos processos de tratamento empregados na remoção de células, microcistinas e subprodutos de *Microcystis* spp.

4.4. Resultados e Discussão

4.4.1. Ensaios em bancada

No teste de toxicidade com amostras dos ensaios 1 e 2 da série A (coagulação química seguida de filtração em filtros de laboratório de areia – FLAs para avaliação da influência da dosagem do coagulante), apenas a amostra de água de diluição – AD da Estação de Tratamento de Água 2 de São Carlos – ETASC 2 não causou efeito tóxico agudo aos dafnídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* (Figura 4.3; Apêndice D). Por outro lado, a água de estudo – AE, à qual foi adicionada suspensão da cultura de *Microcystis*, ocasionou toxicidade, possivelmente em decorrência das microcistinas.

DeMott et al. (1991) observaram rápida mortalidade (48 h) de *Daphnia pulex* em baixa concentração (1×10^4 cel/mL) de uma linhagem tóxica de *Microcystis aeruginosa* (PCC7820). Nos testes de toxicidade aguda realizados com a linhagem NPLJ-4 da mesma espécie, foram necessárias concentrações maiores do que 1×10^6 cel/mL, na forma de extrato, para causar efeito tóxico agudo aos dafnídeos (Capítulo 3). Diversos estudos na literatura apontam a suscetibilidade dos cladóceros à ação das cianotoxinas e/ou outros compostos metabólicos liberados pelas cianobactérias (CHEN et al., 2005; FERRÃO-FILHO e AZEVEDO, 2002; JUNGSMANN, 1992; NIZAN et al., 1986; REINIKAINEN et al., 1994; ROHRLACK et al., 1999; THOSTRUP e

CHRISTOFFERSEN, 1999). Para as outras amostras, a toxicidade pode ter sido causada pelos coagulantes adicionados.

Figura 4.3 – Percentagem de imobilidade dos dafnídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* (Crustacea, Cladocera) após 48 h de exposição aos efluentes dos ensaios 1 e 2 da série A de avaliação da dosagem de coagulante. As barras em destaque representam amostras tóxicas. (C = controle; AD = água de diluição; AE = água de estudo; 1A = ensaio 1 da série A; 2A = ensaio 2 da série A; os números de 1 a 6 correspondem aos jarros do jarreste)

Após tratamento com coagulantes, a água efluente do filtro rápido de areia (ensaio 3), sem células ou subprodutos de *Microcystis*, causou toxicidade aguda aos dafnídeos. O efeito tóxico pode ter sido causado pela concentração residual de alumínio (TAKENAKA et al., 2005). Ao contrário, para a água oriunda do filtro rápido de areia, em que foi empregada a filtração direta seguida de adsorção em carvão ativado granular (ensaio 4), foi evidenciada a eficiência na remoção da toxicidade (Figura 4.4; Apêndice D). Em relação a esse aspecto, esses resultados sugerem que apenas os efluentes do sistema que receberam tratamento complementar com carvão ativado granular – CAG apresentaram respostas satisfatórias.

Figura 4.4 – Percentagem de imobilidade dos dafnídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* (Crustacea, Cladocera) após 48 horas de exposição aos efluentes dos ensaios 3 (avaliação da granulometria do filtro de areia) e 4 (avaliação do uso de carvão ativado granular após a filtração) da série B. As barras em destaque representam amostras tóxicas. (AD = água de diluição; AE = água de estudo; 3B = ensaio 3 da série B; 4B = ensaio 4 da série B; os números de 1 a 3 correspondem a filtros de laboratório de areia – FLAs)

Nos ensaios 8, 9 e 10 das séries D, E e F, respectivamente, apenas a água de estudo não causou toxicidade aguda a *Daphnia similis* (Figura 4.5; Apêndice D). Talvez, a densidade de células fosse baixa para provocar efeito tóxico ao organismo. Como sugerido anteriormente, a toxicidade da água de diluição da ETASC 2 pode ter sido causada por resíduos (alumínio, cloro) do tratamento em conjunto com os coagulantes adicionados nos ensaios, aumentando os efeitos deletérios ao dafnídeo. Na água de estudo, a toxicidade foi reduzida.

Figura 4.5 – Percentagem de imobilidade de *Daphnia similis* (Crustacea, Cladocera), após 48 horas de exposição aos efluentes dos ensaios 8 (uso de diferentes coagulantes), 9 (influência do pH na filtração) e 10 (influência da turbidez na filtração) das séries D, E e F, respectivamente. As barras em destaque representam amostras tóxicas. (C = controle; AD = água de diluição; AE = água de estudo; 8D = ensaio 8 da série D; 9E = ensaio 9 da série E; 10F = ensaio 10 da série F; os números de 1 a 7 correspondem aos jarros do jarreste).

4.4.2. Ensaios em Instalação Piloto – IP

Os resultados dos testes de toxicidade aguda com os cladóceros, referentes aos ensaios na instalação piloto – IP, são apresentados detalhadamente no Apêndice D.

Como nos ensaios de bancada, no ensaio I, a água de diluição (AD) da ETASC 2 causou toxicidade aos dafnídeos. A toxicidade água de estudo (AE) foi reduzida. Os efeitos deletérios dos efluentes do filtro ascendente de pedregulho (FAP) podem ter sido causados pela adição de coagulante. Os efluentes da intercloração (INTER) e do filtro descendente (FD) causaram toxicidade apenas no início do experimento, indicando que esses dois processos removeram os compostos tóxicos não removidos por FAP (Figura 4.6).

Figura 4.6 – Percentagem de imobilidade dos dafinídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* após 48 h de exposição aos efluentes de cada processo de tratamento em diferentes tempos de amostragem do Ensaio I-IP. As barras em destaque representam amostras tóxicas. (AD = água de diluição; AE = água de estudo; FAP = filtro ascendente de pedregulho; INTER = intercloração; FD = filtro descendente; CAG = filtro com carvão ativado granular)

Para o ensaio II, a água de diluição (AD) causou toxicidade aos dafinídeos, ao contrário de AE, que pode ter reduzido os efeitos tóxicos de AD. Os efluentes da pré-cloração (PRE) causaram toxicidade a *C. silvestrii*, talvez por subprodutos ou residuais de cloro, apesar da adição de tiosulfato de sódio para neutralizar os efeitos do cloro aos organismos. O efluente FAP-7h foi tóxico apenas para *C. dubia* (Figura 4.7).

No ensaio III, não foram observados efeitos tóxicos aos dafinídeos (Figura 4.8).

Figura 4.7 – Percentagem de imobilidade dos dafnídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* após 48 h de exposição aos efluentes de cada processo de tratamento em diferentes tempos de amostragem do Ensaio II-IP. As barras em destaque representam amostras tóxicas. (AD = água de diluição; AE = água de estudo; PRE = pré-cloração; CAP = carvão ativado em pó; FAP = filtro ascendente de pedregulho; FD = filtro descendente)

Figura 4.8 – Percentagem de imobilidade dos dafnídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* após 48 h de exposição aos efluentes de cada processo de tratamento em diferentes tempos de amostragem do Ensaio III-IP. (AD = água de diluição; AE = água de estudo; PRE = pré-cloração; FAP = filtro ascendente de pedregulho; FD = filtro descendente)

Segundo Kuroda (2006) todos os efluentes do FAP tiveram remoção total, superior a 99,5%, com exceção do ensaio IV, devido à ocorrência de problemas operacionais no sistema de dosagem e controle do pH de coagulação, o que pode explicar os efeitos tóxicos aos dafinídeos dos efluentes FAP, FD e CAG, uma vez que AD e AE não causaram toxicidade. Os efluentes de pós-cloração foram tóxicos apenas para *C. dubia* (Figura 4.9). Observa-se que a imobilidade no controle excedeu 10% para ambas as espécies, indicando que os organismos não estavam em boas condições fisiológicas, o que também pode ter influenciado os resultados.

Figura 4.9 – Percentagem de imobilidade dos dafinídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* após 48 h de exposição aos efluentes de cada processo de tratamento em diferentes tempos de amostragem do Ensaio IV-IP. As barras em destaque representam amostras tóxicas. (AD = água de diluição; AE = água de estudo; FAP = filtro ascendente de pedregulho; FD = filtro descendente; POS = pós-cloração; CAG = filtro com carvão ativado granular)

No ensaio V, repetição do ensaio IV, AE não causou efeitos tóxicos aos dafinídeos. Os efluentes FD foram tóxicos somente para *C. dubia*. AD e os efluentes FAP, POS e CAG causaram toxicidade aos dafinídeos, em especial para *C. dubia* (Figura 4.10). A toxicidade do efluente POS-7h pode ter sido causada por falta ou

insuficiência de tiosulfato de sódio para neutralizar os efeitos do oxidante aos organismos. A maior toxicidade do efluente CAG-10h pode ter sido decorrente da saturação do carvão, perdendo a eficiência na remoção de compostos tóxicos. Segundo Kuroda (2006), o processo de tratamento por adsorção com CAG, utilizado como pós-tratamento, foi bastante eficiente para assegurar a qualidade dos efluentes finais dos sistemas testados (ensaios 1, 4 e 5), especialmente, com relação à remoção de microcistinas extracelulares.

Figura 4.10 – Percentagem de imobilidade dos dafinídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* após 48 h de exposição aos efluentes de cada processo de tratamento em diferentes tempos de amostragem do Ensaio V-IP. As barras em destaque representam amostras tóxicas. (AD = água de diluição; AE = água de estudo; FAP = filtro ascendente de pedregulho; FD = filtro descendente; POS = pós-cloração; CAG = filtro com carvão ativado granular)

Os ensaios VI, VII e VIII foram realizados com floração de cianobactérias, coletada no reservatório de Barra Bonita.

No ensaio VI, maior toxicidade aos dafinídeos foi causada pelos efluentes FAP, INTER e FD, possivelmente devido aos produtos adicionados durante o tratamento, como coagulante e oxidante. Ainda, a quantidade de tiosulfato de sódio aplicada pode

não ter sido suficiente para neutralizar o efeito do oxidante na intercloração. AD e AE e efluentes CAG foram tóxicos somente para *C. dubia*. A toxicidade reduzida ou ausente dos efluentes CAG evidencia a eficiência desse processo na remoção de compostos tóxicos (Figura 4.11).

Figura 4.11 – Percentagem de imobilidade dos daifnídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* após 48 h de exposição aos efluentes de cada processo de tratamento em diferentes tempos de amostragem do Ensaio VI-IP. As barras em destaque representam amostras tóxicas. (AD = água de diluição; AE = água de estudo; FAP = filtro ascendente de pedregulho; INTER = intercloração; FD = filtro descendente; CAG = filtro com carvão ativado granular)

Em relação ao ensaio VII, AE e os efluentes CAP (carvão ativado em pó) não causaram toxicidade aos daifnídeos. Ao contrário, AD e os efluentes FAP e FD foram tóxicos aos daifnídeos, sendo que os dois últimos constituíram os processos finais do sistema de tratamento nesse ensaio, evidenciando a menor eficiência dos mesmos na remoção de compostos tóxicos (Figura 4.12). Segundo Kuroda (2006), a dupla filtração (FAP seguido de FD) foi bastante eficiente na remoção de células de *Microcystis* spp. e, conseqüentemente, de microcistinas intracelulares. Contudo, a remoção ou a degradação

de microcistinas extracelulares foi significativa somente com o emprego de processos complementares de oxidação e/ou adsorção.

Figura 4.12 – Percentagem de imobilidade dos dafnídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* após 48 h de exposição aos efluentes de cada processo de tratamento em diferentes tempos de amostragem do Ensaio VII-IP. As barras em destaque representam amostras tóxicas. (AD = água de diluição; AE = água de estudo; CAP = carvão ativado em pó; FAP = filtro ascendente de pedregulho; FD = filtro descendente)

No ensaio VIII, AD, AE e os efluentes FAP e FD causaram toxicidade aos dafnídeos. Os efluentes PRE e CAP foram tóxicos apenas para *C. silvestrii* (Figura 4.13).

Segundo Kuroda (2006), a concentração de microcistinas totais da AE preparada com amostras de floração de cianobactérias do reservatório de Barra Bonita foi da ordem de 1 µg/L e a de microcistinas extracelulares, menor do que o limite de detecção do método (< 0,16 µg/L). Apesar disso, AE contendo floração natural causou toxicidade aos dafnídeos (ensaios VI e VIII), ao contrário da AE preparada com a linhagem tóxica NPLJ-4 de *Microcystis*.

Figura 4.13 – Percentagem de imobilidade dos dafinídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* após 48 h de exposição aos efluentes de cada processo de tratamento em diferentes tempos de amostragem do Ensaio VIII-IP. As barras em destaque representam amostras tóxicas. (AD = água de diluição; AE = água de estudo; PRE = pré-cloração; CAP = carvão ativado em pó; FAP = filtro ascendente de pedregulho; FD = filtro descendente)

Os extratos brutos preparados a partir do material liofilizado das mesmas amostras de floração do reservatório de Barra Bonita, coletadas em 15/07/06 e utilizadas nos ensaios VI, VII e VIII em IP, causaram toxicidade aguda aos dafinídeos (Capítulo 2).

Okumura et al. (2007) atribuíram ao efeito combinado de diferentes tóxicos (cianotoxinas, metais e hidrocarbonetos aromáticos policíclicos – PAHs) a maior toxicidade dos extratos brutos de cianobactérias dos reservatórios de Barra Bonita e Ibitinga, quando comparados a linhagem NPLJ-4 de *Microcystis* em testes com dafinídeos (*C. silvestrii*, *C. dubia* e *D. similis*), apesar da maior quantidade de microcistina presente na última. De fato, estudos recentes têm demonstrado a ocorrência de compostos tóxicos na água e no sedimento de reservatórios do rio Tietê, SP (FRACÁCIO et al., 2003; PASCHOAL, 2002; RODGHER et al., 2003; SILVÉRIO et al., 2005).

Todas as operações de tratamento de água (coagulação convencional/filtração, processos de filtração em membrana e troca iônica, filtração em carvão ativado granular, etc.) geram diferentes resíduos com composição química e biológica distinta (BOURGEOIS et al., 2004). Alguns fatores como a qualidade da água bruta, o pH, a temperatura da água, os produtos químicos adicionados durante o tratamento, estação do ano (sazonalidade) e os processos de tratamento utilizados, influenciam na qualidade e na quantidade dos resíduos produzidos (LIN et al., 1984).

Ao longo do presente estudo, verificou-se a influência e a importância da qualidade da água bruta na interpretação dos resultados dos testes de toxicidade, isto é, dependendo das características da água do manancial que abastecia a ETASC 2, a água poderia ou não estar recebendo pré-cloração. Apesar desta prática não ser recomendada quando visando evitar a formação de trihalometanos, existem ocasiões em que ela é requerida devido à má qualidade da água do manancial em termos bacteriológicos. Como a água de diluição era coletada na ETASC 2 e passava por todas as etapas do tratamento de ciclo completo, com exceção da cloração e da adição de flúor, dependendo da dosagem de coagulante utilizada no tratamento, poderia haver uma maior ou menor concentração de alumínio residual na água de diluição. Portanto, os ensaios não foram realizados com uma água que apresentava sempre as mesmas características; ou seja, as amostras da água da ETASC 2 variaram em relação à sua composição química, contendo possíveis contaminantes que poderiam interferir ou mascarar os resultados dos processos de tratamento estudados para a remoção de cianobactérias ou suas toxinas.

Entre os fatores que poderiam interferir na toxicidade das amostras da água da ETA, destacam-se o alumínio residual proveniente do coagulante sulfato de alumínio e

o cloro residual, que poderia ter sido utilizado em uma eventual pré-cloração da água bruta.

Diversos estudos têm examinado os efeitos tóxicos do alumínio à vida aquática (BIRCHALL et al., 1989; DRISCOLL et al., 1980; FREEMAN e EVERHART, 1971; FREEMAN, 1973; GEORGE et al., 1995; HAVAS, 1985; HUN et al., 1987; RAMAMOORTHY, 1988). Entretanto, de acordo com Kuroda (2006), devido às condições otimizadas de coagulação química, a concentração residual de alumínio, proveniente do sulfato de alumínio usado como coagulante, resultou inferior ao limite de detecção do método em todas as análises realizadas.

Quanto ao cloro, este elemento pode vir a ser um importante tóxico em águas superficiais que recebem efluentes de águas de abastecimento cloradas, efluentes de estações de tratamento de esgotos, efluentes de operações de descoloração de indústrias têxteis e indústrias de papel e celulose. A química de compostos clorados em águas naturais é complexa. A toxicidade e a persistência das formas temporárias dos compostos ricos em cloro usualmente utilizados dependem do pH, da temperatura da água, dos compostos nitrogenados e dos tipos e da quantidade de matéria orgânica que estão presentes (STEWART et al., 1996). Os processos convencionais de tratamento de água, além de não eliminarem as toxinas, aumentam o risco de formação de compostos organoclorados do grupo dos trihalometanos, quando uma água rica em matéria orgânica é tratada pelo cloro (VASCONCELOS e ARAÚJO, 1994). Segundo Kuroda (2006), em todas as amostras dos ensaios em IP realizados, as concentrações de trihalometanos foram inferiores ao valor máximo permitido de 0,1 mg/L em água potável para consumo humano, estabelecido pela Portaria nº. 518/2004. Contudo, tais concentrações poderiam causar efeitos adversos a cladóceros.

Takenaka et al. (2006) analisaram a qualidade da água de abastecimento de uma estação de tratamento de água, utilizando *Ceriodaphnia silvestrii* como organismo-teste, e observaram que a água tratada causou efeitos tóxicos agudos e crônicos ao dafnídeo. Segundo os autores, a toxicidade foi causada provavelmente por cloro residual, não completamente removido pela aeração, ou por subprodutos de desinfecção do cloro (trihalometanos) na água tratada, considerando o nível de matéria orgânica presente no manancial de captação.

Analizando os resultados dos ensaios na instalação piloto – IP, observou-se que, de modo geral, os efeitos tóxicos aos dafnídeos parecem ter sido causados mais por compostos residuais (como alumínio e cloro) dos processos de tratamento do que propriamente por *Microcystis* e seus subprodutos. Isso é evidenciado pelo teste realizado com efluentes de alguns ensaios após ajuste da dureza para a faixa de cultivo dos organismos, evidenciando redução da toxicidade (Figura 4.14). Para o ajuste da dureza, as amostras foram acrescidas de soluções específicas (sulfato de cálcio, cloreto de potássio, bicarbonato de sódio e sulfato de magnésio) e agitadas por 1 h, o que também pode ter contribuído para diminuição dos efeitos deletérios por eliminação de cloro, por exemplo.

A dureza da água pode promover efeitos adversos sobre os organismos submetidos a testes de toxicidade, quando seus valores diferirem grandemente daqueles da água de manutenção dos cultivos (CETESB, 1986). A água de cultivo dos dafnídeos apresenta dureza entre 40 e 48 mg CaCO₃/L, enquanto a dureza das amostras de água dos ensaios foi de 3 a 14 mg CaCO₃/L. Contudo, as duas faixas estão dentro da faixa de água mole ou branda, ≤ 50 mg/L CaCO₃ (DI BERNARDO, 1993). Segundo Aragão e Buratini (2000), em estudos ecotoxicológicos, a dureza das águas pode constituir um fator modificador da toxicidade de alguns poluentes, principalmente metais, sendo que

muitos destes tornam-se mais tóxicos em águas mais moles. Rattner e Heath (1995) afirmam que a dureza da água afeta substancialmente a toxicidade de certos metais, sendo que comumente os metais são mais tóxicos em águas menos duras e tal efeito varia de acordo com o metal, tornando-se mais efetivo para o cádmio, enquanto cobre e zinco são menos afetados.

Figura 4.14 – Percentagem de imobilidade de *Ceriodaphnia silvestrii* após 48 h de exposição aos efluentes de processos de tratamento em diferentes tempos de amostragens dos Ensaios V, VI, VII e VIII-IP, antes e após ajuste da dureza de 4 - 6 mg CaCO₃/L para 40 - 48 mg CaCO₃/L. As barras em destaque representam amostras tóxicas. (AD = água de diluição; FAP = filtro ascendente de pedregulho; FD = filtro descendente; INTER = intercloração; CAG = filtro com carvão ativado granular)

Nos testes de toxicidade aguda aos dafinídeos dos extratos de culturas da linhagem NPLJ-4 de *Microcystis aeruginosa*, em diferentes estágios de crescimento (Capítulo 3), os valores de CE50;48h foram de $1,38 - 5,35 \times 10^6$ cel/mL e os de microcistinas, de 35,67 - 171,6 µg/L para extratos de culturas na metade da fase exponencial; os valores de CE50;48h foram de $1,90 \times 10^6 - 1,09 \times 10^7$ cel/mL e os de microcistinas, de 176 - 860 µg/L para extratos de culturas no final da fase exponencial. Esses valores são, portanto, muito superiores aos registrados para a mesma linhagem

nos ensaios I a V realizados na instalação piloto, em que a densidade máxima na água de estudo foi de $5,3 \times 10^4$ cel/mL e de microcistinas, de 23,2 µg/L (KURODA, 2006).

Embora misturada à água de diluição – AD, que causou efeitos tóxicos aos dafnídeos, a água de estudo – AE, de modo geral, não causou toxicidade aos mesmos. Isso pode ser explicado pelo fato de as cianobactérias serem grandes produtoras de polissacarídeos extracelulares, os quais podem complexar metais e, desse modo, controlar a disponibilidade (LOMBARDI e VIEIRA, 1998; VIEIRA, 2002) e a toxicidade dos mesmos nos ambientes.

De fato, Oliveira-Neto et al. (2003) verificaram redução da toxicidade aguda de metais para *Ceriodaphnia silvestrii* na presença de exopolissacarídeos produzidos por cianobactérias, clorofíceas e diatomáceas. A adição de exopolissacarídeos de *Anabaena spiroides* reduziu a toxicidade aguda do cobre para *Ceriodaphnia cornuta* (CHOUERI, 2004) e para *Simocephalus serrulatus* (NOGUEIRA et al., 2005). Rodgher (2005) observou que elevadas densidades (10^6 cel/mL) de *Microcystis aeruginosa* reduziram a toxicidade do cádmio para *Daphnia similis*, e inferiu que este resultado pode estar relacionado com a capacidade da cianobactéria em reter o cádmio. Portanto, a presença de *Microcystis* na AE pode ter diminuído a toxicidade de compostos tóxicos presentes na AD.

Portanto, a água pré-tratada com cloro foi desfavorável aos testes com dafnídeos, comprometendo a utilização destes organismos para avaliar a eficiência de processos de tratamento de água para remoção de células e toxinas de cianobactérias, uma vez que a água de estudo não causou toxicidade aos mesmos. No entanto, esses organismos são bons indicadores da presença de compostos tóxicos, tendo em vista que a água da ETASC 2 e os efluentes dos processos de tratamento dos ensaios causaram efeitos tóxicos aos mesmos.

Em relação ao biomonitoramento com peixes, observou-se morte após 3 h de exposição à água de estudo – AE apenas no ensaio II, que, no entanto, foi causada pelo oxidante da pré-cloração, devido à não adição accidental de tiosulfato de sódio para neutralizar o efeito tóxico do cloro aos organismos. Nos demais ensaios se observou a mortalidade de *Danio rerio*, possivelmente em virtude do curto período de exposição, de 10 – 12 horas, uma vez que a toxicidade aguda (letalidade) para peixes é avaliada em até 96 h de exposição. Portanto, foram realizadas apenas observações de respostas locomotoras dos peixes durante os ensaios I a VI em IP (Tabela 4.3).

Tabela 4.3 – Observações de respostas locomotoras ou de mortalidade de indivíduos da espécie de peixe *Danio rerio* (Teleostei, Cyprinidae) durante os ensaios I a VI realizados em instalação piloto - IP.

Ensaio	nº de peixes	tempo de exposição	Tratamento					
I	20	12 h	AD	AE	FAP	INTER	FD	CAG
			H, a, s, f	H, h, a, f, s	H, h, a, s, f	H, h, s	H, s, r	s, c
II	20	10 h	AD	AE	PRE	CAP	FAP	FD
			a, s, r	m*	s	a, r, s, f	s, f	s, f
III	15	10 h	AD	AE	PRE	FAP	FD	
			a, s, f, r	h, a, s, f, r	s, f, r	h, s, f, r	s, f	
IV	15	10 h	AD	AE	FAP	FD	POS	CAG
			a, s, f, r	a, s, f, r	s, f, r	a, s, f, r	s, f, r	s, f, r
V	20	10 h	AD	AE	FAP	FD	POS	CAG
			s, f, r	s	s, f, r	s	s, f, r	s, f, r
VI	20	10 h	AD	AE	FAP	INTER	FD	CAG
			a, s, f, r	H, a, s, r	a, f, r	a, s, f, r	a, s, f, r	s, r

H = hiperatividade, h = hipoatividade, a = agrupamento, c = conflito entre indivíduos, s = superfície, f = fundo, r = rente à parede do aquário; m = mortos. *em decorrência do oxidante da pré-cloração, pois não foi adicionado tiosulfato de sódio para neutralizar o efeito tóxico do cloro aos organismos.

No ensaio I, não houve indícios de alterações comportamentais para os indivíduos expostos ao efluente CAG. No ensaio VI, realizado com floração de cianobactérias do reservatório de Barra Bonita, foi observada hiperatividade dos indivíduos expostos à AE. Em relação aos demais ensaios, de modo geral, não houve indícios de alterações comportamentais ao longo do período de observação.

Rand (1985) faz várias considerações sobre o uso de respostas comportamentais para a avaliação de efeitos subletais de compostos tóxicos a organismos aquáticos. Observações diretas de comportamento no laboratório e no campo são tediosas, consumidoras de tempo, às vezes, muito subjetivas e, muitas vezes, difíceis de quantificar e avaliar. Atividade locomotora espontânea livre e padrões locomotores são espécie-específicos e altamente variáveis ao longo do tempo, implicando a necessidade de observação prolongada. Portanto, avaliação precisa da locomoção, se de animais “normais” (controle) ou “expostos” (tratados), requer monitoramento automatizado da atividade locomotora ou dos padrões com um sistema sofisticado de aquisição e análise de dados. Embora existam muitos estudos na área de toxicologia aquática comportamental, essa área está ainda nos estágios iniciais de desenvolvimento. Não há espécies-teste ou técnicas padronizadas e toda informação disponível sobre comportamento normal de organismos aquáticos é pequena, especialmente para as espécies-teste rotineiramente usadas em testes agudos e crônicos. Além disso, os resultados comportamentais em toxicologia aquática são difíceis de comparar e avaliar para muitas substâncias químicas, pois muitas técnicas diferentes e espécies-teste têm sido usadas. Além disso, dados comportamentais normais devem primeiro ser obtidos para, então, o teste de toxicidade ser iniciado.

A ecotoxicologia comportamental é uma área de pesquisa em expansão e, com o desenvolvimento de tecnologias de registro automático, como, por exemplo, sistemas de vídeo, o esforço investido e a subjetividade das observações foram bastante reduzidos.

Magalhães et al. (2005) avaliaram a eficiência de um sistema de análise de imagem para registro de padrões comportamentais da atividade locomotora do peixe de *D. rerio* exposto ao hipoclorito de sódio em concentrações subletais, visando o desenvolvimento de um sistema de biomonitoramento em tempo real de laboratório. Os autores utilizaram tempo ambulatorial, velocidade média e distância percorrida como indicadores toxicológicos. As respostas comportamentais foram registradas e quantificadas individualmente, de modo simultâneo. Segundo os autores, a hiperatividade caracteriza uma resposta de escape: se a substância não causa intoxicação, mas é irritante, o organismo tenta fugir do local contaminado, o que explicaria o aumento da atividade locomotora. Outra resposta observada foi a hipoatividade, quando o peixe reduz o metabolismo e, conseqüentemente, a atividade locomotora, o que poderia ser uma tentativa de adaptação ou efeito direto da substância que interfere na fisiologia do peixe, como um comportamento de estocagem de energia.

Amado et al. (2006) analisaram os efeitos da microcistina sobre DNA, enzimas antioxidantes e atividade locomotora de *D. rerio*. Os peixes foram distribuídos em quatro grupos: controle; expostos ao extrato liofilizado de *Aphanothece* sp, uma cianobactéria não tóxica; e expostos ao extrato liofilizado da cianobactéria *Microcystis aeruginosa* (RST9501) em duas concentrações de microcistina. Após 24 h de teste, os animais foram submetidos ao teste em campo aberto que avalia a atividade locomotora. Os autores observaram que os animais do grupo exposto à maior concentração de microcistina (50 µg/L) tiveram sua atividade locomotora diminuída em relação aos animais dos grupos controle e exposto à cianobactéria não tóxica.

Ferrão-Filho et al. (2006) avaliaram o efeito de uma linhagem de *Cylindrospermopsis raciborskii* (CYRF), produtora de saxitoxinas, na atividade natatória do cladócero *Daphnia pulex* e do peixe *D. rerio* (Teleostei, Cyprinidae), utilizando um sistema de captura e processamento automático de imagem. Os animais foram submetidos a diferentes concentrações de células da cianobactéria (5000 a 50000), bem como amostras de água do Reservatório do Funil, com ocorrência de tal cianobactéria. Os resultados mostraram efeito significativo da linhagem na distância percorrida e na velocidade média de ambas as espécies. Para as amostras de água do reservatório, as duas espécies apresentaram respostas contrárias, sendo que *D. pulex* exibiu diminuição da atividade natatória, enquanto *D. rerio* mostrou aumento da atividade em relação ao grupo controle.

No presente trabalho, as respostas comportamentais dos peixes durante os ensaios em instalação piloto – IP foram utilizadas apenas como um sistema de alerta precoce, isto é, se grandes alterações no comportamento dos peixes fossem observadas (posição lateral ou de barriga para cima) ou se ocorresse mortalidade ao longo dos ensaios (CAIRNS et al., 1973; DIAMOND et al., 1988; SPELLERBERG, 1991), os quais seriam indícios de toxicidade. Pode-se concluir, portanto, que não houve grande alteração comportamental que caracterizasse toxicidade aguda, em curto prazo, sobre os peixes utilizados como sistema de alerta-precoce.

4.5. CONCLUSÕES

- Os efeitos tóxicos aos dafnídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii*, observados nos ensaios de bancada e da instalação piloto – IP, foram causados muito mais por resíduos de produtos (coagulantes, oxidantes) empregados nos processos de tratamento do que por células, microcistinas e/ou subprodutos de *Microcystis*.
- A água da ETA-2 São Carlos utilizada nos ensaios da Instalação Piloto – IP exerceu grande influência nos resultados dos testes de toxicidade, uma vez que a mesma causou efeitos tóxicos aos dafnídeos.
- Os testes de toxicidade com dafnídeos não foram boa ferramenta para avaliar a eficiência de processos de tratamento de água empregados na remoção de células, toxinas e subprodutos de cianobactérias, visto que esses organismos foram mais afetados pela água da ETA-2 do que pela água contendo *Microcystis*.
- Os dafnídeos indicaram a presença de contaminantes (residuais de cloro e de alumínio) na água da ETA-2.
- Os indivíduos adultos do peixe *Danio rerio* não foram adequados para o biomonitoramento em sistema de alerta precoce em estação de tratamento de água, tanto para as águas brutas quanto para os efluentes dos diferentes processos de tratamento empregados, recomendando-se a utilização de formas mais jovens da mesma espécie ou de espécies mais sensíveis.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando que o presente estudo foi realizado durante a ocorrência de florações de cianobactérias, as mesmas não poderiam deixar de ser dominantes na comunidade fitoplanctônica dos reservatórios de Barra Bonita e Promissão, Médio rio Tietê, SP. Períodos de estratificação e estabilidade da coluna de água, com anoxia, temperaturas elevadas e disponibilidade de nutrientes, aliados, ainda, às características fisiológicas ou mecanismos de adaptação desses organismos, podem ser citados como condições que teriam favorecido a proliferação das cianobactérias nesses reservatórios.

Entre as cianobactérias encontradas nos reservatórios, células livres de *Microcystis* (*M. aeruginosa*, *M. panniformis* e *M. protocystis*) se destacaram, principalmente no de Promissão. Esse gênero compreende espécies produtoras das hepatotoxinas microcistinas. De fato, os extratos brutos preparados a partir do material liofilizado das florações de cianobactérias oriundas dos reservatórios continham microcistinas, bem como causaram toxicidade aguda e crônica aos dafnídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* (Crustacea, Cladocera). No entanto, os efeitos observados sobre os dafnídeos não podem ser explicados apenas pela presença de microcistinas, uma vez que extratos com menores concentrações de microcistinas foram mais tóxicos do que aqueles com maiores concentrações.

Além das cianobactérias, a presença de outros compostos, tais como metais e agrotóxicos, poderiam ser responsáveis pelos efeitos tóxicos das amostras de água dos reservatórios sobre os dafnídeos, evidenciando a deterioração desses sistemas.

Os estudos com a linhagem tóxica NPLJ-4 de *Microcystis aeruginosa* indicaram que a produção de microcistinas aumenta com o crescimento da população, em culturas estáticas. Os extratos de culturas dessa linhagem na fase de senescência foram os mais tóxicos aos dafnídeos, com efeitos pronunciados sobre a sobrevivência e a reprodução de *C. silvestrii*. Todavia, a presença de microcistinas por si só não pode explicar os efeitos observados sobre os dafnídeos, visto que os extratos de culturas na fase estacionária resultaram em baixa ou nenhuma toxicidade, apesar de elevadas concentrações de microcistinas totais.

Pesquisas sobre a composição química desses extratos brutos, tanto da linhagem tóxica de *M. aeruginosa* como das florações naturais de cianobactérias, contribuiriam para elucidar as causas dos efeitos observados sobre os dafnídeos, como, por exemplo, a presença de outros compostos bioativos produzidos pelas cianobactérias, além das toxinas, que aumentariam o potencial tóxico de tais extratos. De qualquer modo, os resultados observados sugerem que a exposição dos dafnídeos a florações de cianobactérias no ambiente pode provocar mudança na estrutura da comunidade zooplancônica.

Em relação ao abastecimento público de água, analisando variáveis, tais como turbidez, número de partículas, concentração de microcistinas e densidade de *Microcystis* spp., a dupla filtração mostrou-se bastante eficiente na remoção de células e, conseqüentemente, de microcistinas intracelulares, porém, a remoção ou degradação de microcistinas extracelulares foi significativa apenas com o emprego de processos complementares de oxidação e/ou adsorção (KURODA, 2006). Entretanto, não foi possível avaliar a eficiência dos processos de tratamento empregados nos ensaios de bancada e da instalação piloto – IP, utilizando testes de toxicidade com dafnídeos e biomonitoramento com peixes. Os efeitos tóxicos observados sobre os dafnídeos foram

causados muito mais por resíduos de produtos (coagulantes, oxidantes) utilizados nos processos de tratamento do que pelas células, microcistinas e/ou subprodutos de *Microcystis* spp. Tal fato, contudo, evidencia que os dafnídeos são bastante sensíveis para indicar a presença de contaminantes na água.

Para o sistema de alerta precoce em estações de tratamento de água, as formas mais jovens, como as larvas recém-eclodidas, do próprio *Danio rerio*, ou, ainda, outras espécies de peixes, tais como *Poecilia reticulata*, *Serrapinnus notomelas* e *Hyphessobrycon eques*, poderiam ser utilizadas, a fim de se obter melhores resultados em termos de sensibilidade. No caso dos indivíduos adultos, as análises histológicas têm sido mais importantes para revelar possíveis alterações nos mesmos (FRACÁCIO et al., 2003; FRACÁCIO, 2006; MELETTI, 2003).

Os resultados observados, tais como condições para ocorrência de florações de cianobactérias, presença de microcistinas e efeitos tóxicos da água e dos extratos brutos aos dafnídeos, evidenciam o estado de degradação dos reservatórios de Barra Bonita e Promissão, o que compromete os usos múltiplos da água, como o abastecimento público, e implica em riscos à saúde humana e à biota natural. Portanto, medidas remediadoras e, sobretudo, preventivas, tais como tratamento de efluentes industriais e domésticos e recomposição da mata ciliar, devem ser tomadas para conter a poluição e o processo de eutrofização desses sistemas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRAWAL, M.K.; BAGCHI, D.; SUVENDRA, N.B. Acute inhibition of protease and supression of growth in zooplankter *Moina macrocopa*, by *Microcystis* blooms collected in Central India. **Hydrobiologia**, 464, p.37-44, 2001.

AGRAWAL, M.K.; ZITT, A.; BAGCHI, D.; WECKESSER, J.; SUVENDRA, N.B.; VON ELERT, E. Characterization of proteases in guts of *Daphnia magna* and their inhibition by *Microcystis aeruginosa* PCC 7806. **Environ. Toxicol.**, 20, p.314-322, 2005.

AGUIAR, D.G.; AZEVEDO, S.M.F.O. Effect of nutrient concentrations on growth and hepatotoxin production by *Microcystis aeruginosa* (Cyanobacteria). **Verh. Internat. Verein. Limnol.**, Stuttgart, v.26, p.1657-1658, May.1998.

AMADO, L.L.; SANTOS, L.C.; ACOSTA, D.; MORAES, T.B.; FERREIRA, J.L.R.; YUNES, J.S.; CERACITANO, L.A.; MONSERRAT, J.M. Avaliação da toxicidade da microcistina sobre a geração de dano de DNA, a atividade locomotora e de enzimas antioxidantes no peixes *Danio rerio* (Teleostei, Cyprinidae). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECOTOXICOLOGIA, 9., 2006, São Pedro. **Resumos**. São Paulo: Vida e Consciência, Jul.2006. p.152.

ANAGNOSTIDIS, K.; KOMÁREK, J. Modern approach to the classification system of Cyanophytes, 3: Oscillatoriales. **Arch. Hydrobiol.**, v.80, n.1-4, p.237-472, 1988. (Algological Studies, 50-53).

ANTÔNIO, S. **Produção primária com ênfase na excreção de matéria orgânica dissolvida por populações fitoplantônicas naturais do reservatório de Barra Bonita, SP.** 2006. 114p. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2006.

ARAGÃO, M.A.; BURATINI, S.V. Caracterização da dureza de águas superficiais do Estado de São Paulo. In: ENCONTRO DE ECOTOXICOLOGIA, 6., 2000, São Carlos. **Resumos**. São Carlos: USP/IPEN/SETAC, 2000. p.126.

ARANHA, F.J. **Influência de fatores hidráulicos e hidrológicos na composição e biomassa do fitoplâncton, em curto período de tempo, na represa de Barra Bonita - SP.** 1990. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1990.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12713:** Ecotoxicologia aquática – Toxicidade aguda – Método de ensaio com *Daphnia* spp (Cladocera, Crustácea). Rio de Janeiro, 2004, 21p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15088:** Ecotoxicologia aquática – Toxicidade aguda – Método de ensaio com peixes. Rio de Janeiro, 2004, 19p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13373:** Ecotoxicologia aquática – Toxicidade crônica – Método de ensaio com *Ceriodaphnia* spp (Cladocera, Crustacea). Rio de Janeiro, 2005, 15p.

AZEVEDO, M.T.P. Cianobactérias formadoras de florações: biodiversidade em águas de abastecimento. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FICOLOGIA, 9., 2002, Aracruz. **Resumos**. Aracruz: Sociedade Brasileira de Ficologia, 2002. p.19.

AZEVEDO, M.T.P.; SANT'ANNA, C.L. Morfologia e reprodução. In: SANT'ANNA, C.L.; AZEVEDO, M.T.P.; AGUIAR, L.F.; CARVALHO, M.C.; CARVALHO, L.R.; SOUZA, R.C.R. **Manual ilustrado para identificação e contagem de cianobactérias planctônicas de águas continentais brasileiras.** Rio de Janeiro: Interciência, 2006. Capítulo 2, p.4-8.

AZEVEDO, S.M.F.O. Cianobactérias e eutrofização. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL REPRESA DO LOBO - Broa - 30 anos de Pesquisa em Limnologia, Gerenciamento e Participação da Comunidade e Bases Científicas para o Gerenciamento da Eutrofização, 2000, São Carlos. **Resumos**. São Paulo: IIE/USP/UFSCar, Dez.2000. p.20.

AZEVEDO, S.M.F.O.; EVANS, W. R.; CARMICHAEL, W.W.; NAMIKOSHI, M. First report of microcystins from a Brazilian isolate of the cyanobacterium *Microcystis aeruginosa*. **J. Appl. Phycol.**, Belgium, v.6, p.261-265, 1994.

AZEVEDO, S.M.F.O.; VASCONCELOS, V.M. Toxinas de cianobactérias: causas e consequências para a saúde pública. In: ZAGATTO, P.A.; BERTOLETTI, E. (orgs.) **Ecotoxicologia aquática** – princípios e aplicações. São Carlos: RiMa, 2006. Capítulo 18, p.433-452.

BARBOSA, F.A.R.; PADISÁK, J.; ESPÍNDOLA, E.L.G.; BORICS, G.; ROCHA, O. The Cascading Reservoir Continuum Concept (CRCC) and its Application to the River Tietê-Basin, São Paulo State, Brazil. In: TUNDISI, J.G.; STRASKRABA, M. (eds.) **Theoretical Reservoir Ecology and its Applications**, São Carlos, Rio de Janeiro: IIE, Brazilian Academy of Sciences e Backhuys Publishers. 1999. p.425-437.

BARBOSA, J.; MAGALHÃES, V.; AZEVEDO, S. Avaliação da presença de microcistinas no reservatório do Funil (RJ) e sua bioacumulação em organismos zooplânctônicos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE LIMNOLOGIA, 10., 2005, Ilhéus. **Anais**. CD-ROM, Jul.2005.

BARTRAM, J.; CARMICHAEL, W.W.; CHORUS, I.; JONES, G.; SKULBERG, O.M. Introduction. In: CHORUS, I.; BARTRAM, J. (eds.) **Toxic cyanobacteria in water** – a guide to their public health consequences, monitoring and management. London: E & FN Spon, 1999. Cap.1; p.1-13.

BIRCHALL, J.D.; EXLEY, C.; CHAPPELL, J.S.; PHILLIPS, M.J. Acute toxicity of aluminum to fish eliminated in silicon-rich acid water. **Nature**, v.338, n.9, p.146-148, 1989.

BITTENCOURT-OLIVEIRA, M.C.; OLIVEIRA, M.C.; YUNES, J.S. Cianobactérias tóxicas: o uso de marcadores moleculares para avaliar a diversidade genética. **Biotecnologia ciência & desenvolvimento**, 23, p.44-47. 2001.

BOURGEOIS, J.C.; WALSH, M.E.; GAGNON, G.A. Treatment of drinking water residuals: comparing sedimentation and dissolved air flotation performance with optimal cation ratios. **Water Res.**, v.38, p.1173–1182, 2004.

BOURRELY P. **Les Algues d'eau douce: initiation à la systematique, 2: les algues jaunes et brunes, les chrysophycées, pheophycées, xanthophycées et diatomées**. Paris: N. Bouhée, 1981. 517p.

BOURRELY P. **Les algues d'eau douce: initiation à la systematique, 3: les algues brunes et rouges, les eugléniens, peridiniens et cryptomonadines**. Paris: N. Bouhée, 1985. 606p.

BOUVY, M.; PAGANA, M.; TROUSSELLIER, M. Effects of a cyanobacterial bloom (*Cylindrospermopsis raciborskii*) on bacteria and zooplankton communities in Ingazeira reservoir (northeast Brazil). **Aquat. Microb. Ecol.**, v.25, p.215-227, 2001.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução** nº. 357, de 17 de março de 2005. Brasília, 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria** nº. 518, de 25 de março de 2004. Brasília, 2004.

BRONDI, S.H.G. **Eutrofização da represa de Barra Bonita e comportamento da comunidade fitoplanctônica**. 1994. 172p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1994.

BURATINI, S.V. A relação da toxicidade de amostras de águas superficiais ao cladócero *Ceriodaphnia dubia* com a ocorrência de cianofíceas. In: ENCONTRO DE ECOTOXICOLOGIA, 6., 2000, São Carlos. **Resumos**. São Carlos: USP/IPEN/SETAC, 2000. p.65.

BURATINI, S.V.; BERTOLETTI, E. Análise estatística. In: ZAGATTO, P.A.; BERTOLETTI, E. (orgs.), **Ecotoxicologia aquática** – princípios e aplicações, 478p. São Carlos: RiMa. Capítulo 10, p.221-249.

CAIRNS J. JR.; SPARKS R.E.; WALLER W.T. The use of fish as sensors in industrial wastes lines to prevent fish kills. **Hydrobiologia**, v.41, p.151-167, 1973.

CALHEIROS, D.F. **Ecotoxicologia de compostos organoclorados persistentes em um ecossistema eutrófico, Represa de Barra Bonita (Médio Tietê)**. 1993. 189p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1993.

CALIJURI, M.C. **Respostas fisioecológicas da comunidade fitoplanctônica e fatores ecológicos em ecossistemas com diferentes estágios de eutrofização**. 1988. 293p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1988.

CALIJURI, M.C. **A comunidade fitoplanctônica em um reservatório tropical (Barra Bonita, SP)**. 1999. 211 p. Tese (Livre Docência) – Departamento de Hidráulica e Saneamento, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1999.

CALIJURI, M.C.; DOS-SANTOS, A.C.A.; JATI, S. Temporal changes in the phytoplankton community structure in a tropical and eutrophic reservoir (Barra Bonita, SP - Brazil). **J. Plankton Res.**, 4, p.617-634, 2002.

CALIJURI, M.C.; SANTOS, A.C.A. Short-term changes in the Barra Bonita reservoir (São Paulo, Brazil): emphasis on the phytoplankton communities. **Hydrobiologia**, v.330, p.163-175, 1996

CARVALHO, L.R. Cianotoxinas. In: SANT'ANNA, C.L.; AZEVEDO, M.T.P.; AGUIJARO, L.F.; CARVALHO, M.C.; CARVALHO, L.R.; SOUZA, R.C.R. **Manual ilustrado para identificação e contagem de cianobactérias planctônicas de águas continentais brasileiras**. Rio de Janeiro: Interciência, 2006. Capítulo 3, p.9-19.

CARVALHO, M.C. Problemática das florações de algas em reservatórios do Estado de São Paulo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FICOLOGIA, 9., 2002, Aracruz. **Resumos**. Aracruz: Sociedade Brasileira de Ficologia, 2002. p.11.

CASTRO, A.C.L. **Ictiofauna do reservatório de Barra Bonita (SP): aspectos ecológicos da comunidade e dinâmica populacional da corvina, *Plagioscion squamosissimus* (heckel, 1840) (Acanthopterygii, Sciaenidae)**. 1994. 176p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1994.

CAVALCANTE-SILVA, E.; HEREMAN, T.; BITTENCOURT-OLIVEIRA, M.; ARRUDA-NETO, J.; BUCH, B.; BARROS, S. Radiação gama integrada a agentes físicos exógenos. Tecnologia promissora no controle de cianobactérias tóxicas? In: CONGRESSO BRASILEIRO DE LIMNOLOGIA, 2005, Ilhéus. **Anais**. CD-ROM, Jul.2005.

CHEN, W.; SONG, L.; OU, D.; GAN, N. Chronic toxicity and responses of several important enzymes in *Daphnia magna* on exposure to sublethal microcystin-LR. **Environ. Toxicol.**, v.20, p.323-330, 2005.

CHORUS, I.; BARTRAM, J. (eds.). **Toxic cyanobacteria in water** – a guide to their public health consequences, monitoring and management. London: E & FN Spon, 1999. 416p.

CHOUERI, R.B. **Consumo e influencia de exopolissacarídeos de *Anabaena spiroides* (Cyanophyceae) sobre a toxicidade e captura do cobre em *Ceriodaphnia cornuta* (Cladocera, Daphnidae)**. 2004. 87p. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.

CHOUERI, R.B.; MELÃO, M.G.G.; LOMBARDI, A.T.; VIEIRA, A.A.H. Effects of cyanobacterium exopolysaccharides on life-history of *Ceriodaphnia cornuta* SARS. **J. Plankton Res.**, v.4, n.29, p.339-345. 2007.

CHOW, C.W.K.; HOUSE, J.; VELZEBOER, R.M.A.; DRIKAS, M.; BURCH, M.D.; STEFFENSEN, D.A. The effect of ferric chloride flocculation on cyanobacterial cells. **Water Res.**, v.32, n.3, p.808-814. 1998.

CHRISTOFFERSEN, K. Ecological implications of cyanobacterial toxins in aquatic food web. **Phycologia**, 35, p.42-50, 1996.

CODD, G.A.; BELL, S.G.; BROOKS, W.P. Cyanobacterial toxins in waters. **Water Sci. Technol.**, n.21, p.1–13, 1989.

COMPANHIA ENERGÉTICA DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Conservação e manejo nos reservatórios**: limnologia, ictiologia e pesca. São Paulo: CESP, 1998. 166p. (Série Divulgação e Informação).

COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL. **Norma Técnica L5.025**. Água - teste para avaliação de toxicidade aguda de cianobactérias (algas azuis). São Paulo: CETESB, 1993.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Desenvolvimento de métodos para o estabelecimento de critérios ecotoxicológicos**. São Paulo: CETESB, 1986. 174p. (Relatório Técnico).

COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo - 2005**.
<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/relatorios.asp>

COSTA, I.A.S. **Ecotoxicologia de cianobactérias em um reservatório eutrofizado do semi-árido nordestino brasileiro**. 2003. 179p. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2003.

COSTA, P.G.; PRIMEL, E.G.; BEHREND, F.; YUNES, J.S. Estudo da persistência, remoção, degradação e transformação de variantes de saxitoxinas produzidas pela cianobactéria *Cylindrospermopsis* sp. durante as etapas de floculação, adição de carvão ativado em pó e cloração. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECOTOXICOLOGIA, 9., 2006, São Pedro. **Resumos**. São Paulo: Vida e Consciência, Jul.2006. p.114.

DE FILIPPO, R. **Ciclo sazonal do fitoplâncton, fatores climáticos e hidrológicos na represa de Barra Bonita, São Paulo**. 1987. 90p. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1987.

DEBERDT, G.L.B. **Estudos das cianobactérias em um reservatório com elevado grau de trofia (Reservatório de Salto Grande - Americana - SP)**. 2002. 207p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2002.

DELLAMANO-OLIVEIRA, M.J. **Comunidade fitoplanctônica do reservatório de Barra Bonita e sua relação com a composição e quantidade de polissacarídeos extracelulares e agregados gelatinosos**. 2006. 99 p. Tese (Doutorado em Ecologia) – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2006.

DeMOTT, W.R.; ZHANG, Q.T.X.; CARMICHAEL, W.W. Effects of toxic cyanobacteria and purified toxins on the survival and feeding of a copepod and three species of *Daphnia*. **Limnol. Oceanogr.**, v.7, n.36, p.1346-1357, 1991.

DI BERNARDO, L. **Métodos e técnicas de tratamento de água**. v.1. Rio de Janeiro: ABES, 1993. 496p.

DIAMOND J.; COLLINS M.; GRUBER D. An overview of automated biomonitoring - past developments and future needs". In: GRUBER D.; DIAMOND J. (eds.) **Automated biomonitoring: living sensors as environmental monitors**. Chichester: Ellis Horwood, 1988. p. 23-39.

DIAZ, R.A.G. **Flutuações nictemerais dos fatores ecológicos na Represa de Barra Bonita - Médio Tiete - SP**. 1990. 157p. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1990.

DOKULIL, M.R.; TEUBNER, K. Cyanobacterial dominance in lakes. **Hydrobiologia**, Dordrecht, v.38, n.1/3, p.1-12, Nov.2000.

DOMINGUES, D.F.; BERTOLETTI, E. Seleção, manutenção e cultivo de organismos aquáticos. In: ZAGATTO, P.A.; BERTOLETTI, E. (orgs.) **Ecotoxicologia aquática – princípios e aplicações**. São Carlos: RiMa, 2006. Capítulo 7, p.153-184.

DRIKAS, M.; CHOW, C.W.K.; HOUSE, J.; BURCH, M.D. Using coagulation, flocculation, and settling to remove toxic cyanobacteria. **Journal AWWA**, v.93, n.2, p.100-111, 2001.

DRISCOLL, JR, C.T.; BAKER, J.P.; BISOGNI, JR, J.J.; SCHOFIELD, C.L. Effect of aluminum on fish in dilute acidified water. **Nature**, v.284, n.13, p.161-164, 1980.

ELOFF, J.N.; VAN DER WESTHUIZEN, A.J. Toxicological studies on microcystins. In: CARMICHAEL, W.W. (ed.). **The water environmental – algal toxins and health**. Plenum, 1981. p.343-364.

ESPÍNDOLA, E.L.G. **Dinâmica da associação congênica das espécies de *Notodiatomus* (Copepoda, Calanoida) no reservatório de Barra Bonita, São Paulo.** 1994. 363p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1994.

ESPÍNDOLA, E.L.G.; ROCHA, O.; RIETZLER, A.C.; CALIJURI, M.C.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; TUNDISI, J.G.; BARBOSA, F.A.R. Limnologia comparada dos reservatórios em cascata do Médio Tietê (SP): uma análise temporal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE LIMNOLOGIA, 7., 1999, Florianópolis. **Resumos.** UFSC, v.1, p.233.

ESTEVES, F.A. **Fundamentos de limnologia.** Rio de Janeiro: Interciência/FINEP, 1988. 576p.

FALCONER, I.; HARDY, S.J.; HUMPAGE, A.R.; FROSCIO, S.M.; TOZER, G.J.; HAWKINS, P.R. Hepatic and renal toxicity of the blue-green alga (cyanobacterium) *Cylindrospermopsis raciborskii* in male swiss albino mice. **Environ. Toxicol.**, v.1, n.14, p.143-150, 1999.

FALCONER, I.; HUMPAGE, A.R. Tumor promotion by cyanobacterial toxins. **Phycologia**, n.35, p.74-79, 1998.

FALCONER, I.R. An overview of problems caused by toxic blue-green algae (Cyanobacteria) in drinking water and recreational water. **Environ. Toxicol.**, v.1, n.14, p.5-12, 1999.

FASTNER, J. First results on the occurrence of microcystin-LR in Berlin and Brandenburg Lakes. In: CODD, G.A.; JEFFERIES, T.M.; KEEVIL, C.W.; POTTER, E. (eds.) **Detection methods for cyanobacterial toxins.** Cambridge: The Royal Society of Chemistry, 1994. p.149-151.

FASTNER, J.; NEUMANN, U.; WIRSING, B.; WECKESSER, J.; WIEDNER, C.; NIXDORF, B.; CHORUS, I. Microcystins (hepatotox hepatopeptides) in german fresh water bodies. **Environ. Toxicol.**, v.1, n.14, p.13-22, 1999.

FERRÃO-FILHO, A.S.; AZEVEDO, S.M.F.O.; DeMOTT, W.R. Effects of toxic and non-toxic cyanobacteria on the life history of tropical and temperate cladocerans. **Freshwat. Biol.**, 45, p.1-19, 2000.

FERRÃO-FILHO, A.S.; DOMINGOS, P.; AZEVEDO, S.M.F.O. Influences of a *Microcystis aeruginosa* Kützing bloom on zooplankton populations in Jacarepaguá Lagoon (Rio de Janeiro, Brazil). **Limnologica**, 32, p.295-308, 2002.

FERRÃO-FILHO, A.S.; KOZLOWSKY-SUZUKI, B.; AZEVEDO, S.M.F.O. Accumulation of microcystins by a tropical zooplankton community. **Aquat. Toxicol.**, 59: 201-208, 2002.

FERRÃO-FILHO, A.S.; AZEVEDO, S.M.F.O. Effects of unicellular and colonial forms of *Microcystis aeruginosa* from laboratory culture and natural populations on tropical cladoceran. **Aquat. Ecol.**, v.37, 23-35, 2002.

FERRÃO-FILHO, A.S.; MAGALHÃES, V.F.; BAPTISTA, D.F. Avaliação da toxicidade de *Cylindrospermopsis raciborskii* na atividade natatória de organismos aquáticos através de processamento de imagem. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECOTOXICOLOGIA, 9., 2006, São Pedro. **Resumos.** São Paulo: Vida e Consciência, Jul.2006. p.184-185.

FIGUEIREDO, D.R.; AZEITEIRO, U.M.; ESTEVES, S.M.; GOLÇALVES, F.J.M.; PEREIRA, M.J. Microcystin-producing blooms – a serious global public health issue. **Ecotoxicol. Environ. Saf.**, v.59, p.151-163, 2004.

FONSECA, C.P. **Estudo de flutuações de curta duração na comunidade zooplanctônica, Barra Bonita, Médio Tietê, SP.** 1990. 175p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1990.

FRACÁCIO, R. **Utilização de bioensaios ecotoxicológicos com *Danio rerio* (Cypriniformes, Cyprinidae) e análises limnológicas para a avaliação ambiental dos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP).** 2001. 183 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.

FRACÁCIO, R.; VERANI, N.F.; ESPÍNDOLA, E.L.G.; ROCHA, O.; RIGOLIN-SÁ, O.; ANDRADE, C.A. Alterations on growth and gill morphology of *Danio rerio* (Pisces, Ciprinidae) exposed to the toxic sediments. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, 46, p.685-695, 2000.

FRACÁCIO, R. **Estudos limnológicos e ecotoxicológicos (laboratoriais e *in situ*), com ênfase na avaliação da toxicidade de metais e pesticidas organoclorados em peixes (*Danio rerio* e *Poecilia Reticulata*) – sub-bacia do rio Monjolinho (São Carlos).** 2006. 184p. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade de São Carlos, São Carlos, 2006

FRANÇA, R.S. **A comunidade de invertebrados bentônicos nos reservatórios de Promissão, Nova Avanhandava e Três Irmãos (Baixo rio Tietê-SP).** 2006. 145 p. Dissertação (Mestrado) – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2006.

FREEMAN, R.; EVERHART, W.H.. Toxicity of aluminum hydroxide complexes in neutral and basic media to Rainbow Trout. **Trans. Am. Fish. Soc.**, v.100, n.4, p.644-658, 1971.

FREEMAN, R. Toxicity of aluminum hydroxide complexes in neutral and basic media to Rainbow Trout. **Trans. Am. Fish. Soc.**, v.102, n.1, p.152-154, 1973.

FROMME, H.; KÖHLER, A.; KRAUSE, R.; FÜHRLING, D. Occurrence of cyanobacterial toxins – microcystins and anatoxin-a – in Berlin water bodies with implications to human health and regulations. **Environ. Toxicol.**, 15, p.120-130, 2000.

FUJIMOTO, N.; SUDO, S.; SUGIURA, N.; INAMORI, Y. Nutrient-limited of *Microcystis aeruginosa*. and *Phormidium tenue* and competition under various N:P supply ratios and temperatures. **Limnol. Oceanogr.**, v.42, n.2, p.250-256, 1997.

FULTON, R.S. Grazing on filamentous algae by herbivorous zooplankton. **Freshwat. Biol.**, Oxford, v.20, n.2, p.263-271, Oct.1988.

GENTIL, J.G. **Estudo limnológico comparado em cinco reservatórios do Estado de São Paulo localizados em diferentes sistemas hidrográficos.** 1984. 269p. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1984.

GEORGE, D.B.; BERK, S.G.; ADAMS, V.D.; TING, R.S.; ROBERTS, R.O.; PARKS, L.H.; LOTT, R.C. Toxicity of alum sludge extracts to a freshwater alga, protozoan, fish, and marine bacterium. **Arch. Environ Contam. Toxicol.**, v.29, p.149-158, 1995.

GILBERT, J.J. Differential effects of *Anabaena affinis* on cladocerans and rotifers: mechanisms and implications for zooplankton community structure. **Ecology**, v.71, p.1727-1740, 1990.

GIROLDO, D. **Especificidade em associações alga/bactéria vinculadas aos carboidratos excretados por três espécies fitoplancônicas de um reservatório tropical eutrófico do Estado de São Paulo (Barra Bonita)**. 2003. 152p. Tese (Doutorado em Fisiologia e Bioquímica dos Microorganismos) – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2003.

GOLTERMAN, H.L.; CLYMO, R.S.; OHNSTAD, M.A.M. **Methods for physical and chemical analysis of freshwater**. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1978, 213p. (I.B.P. Handbook, 8).

GORHAM, P.R.; MCLACHLAN, J.; HAMMER, U.T.; DIM, W.K. Isolation and culture of toxic strain of *Anabaena flos-aquae* (Lyngb.) de Bréb. **Verh. Int. Ver. Limnol.** 15, p.796-804, 1964.

GÔUVEA, S.P. **O papel dos polissacarídeos algais extracelulares na dinâmica de metais no reservatório de Barra Bonita**. 2004. 97p. Tese (Doutorado em Fisiologia e Bioquímica dos Microorganismos) – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.

GULLEY, D.D.; BOETTER, A.M.; BERGMAN, H.L. **TOXSTAT 3.3**, Computer Program, 1991.

GÜNTZEL, A.M. **Variações espaço-temporais da comunidade zooplancônica nos reservatórios do Médio e Baixo rio Tietê/Paraná, SP**. 2000. 445p. Tese (Doutorado) – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2000.

GUPTA, N.; BHASKAR, A.S.B.; DANGI, R.S.; PRASAD, G.B.K.S.; LAKSHMANA RAO, P.V. Toxin production in batch cultures of freshwater cyanobacterium *Microcystis aeruginosa*. **Bull. Environ. Contam. Toxicol.**, 67, p.339-346, 2001.

HAMILTON, M.A.; RUSSO, R.C.; THURFTON, R.B. Trimmed Spearman-Kärber methods for estimating median lethal concentration in toxicity bioassay. **Environ. Sci. Technol.**, 11, p.714-719, 1977.

HARADA, K.; TSUJI, K.; WATANABE, M.F.; KONDO, F. Stability of microcystins from cyanobacteria – III. Effects of pH and temperature. **Phycologia**, v.35, n.6 (Suppl.), p.83-88, 1996.

HAVAS, M. Aluminum bioaccumulation and toxicity to *Daphnia magna* in soft water at low pH. **Can. J. Fish. Aquat. Sci.**, v.42, p.1741-1748, 1985.

HEINZE, R. Toxicity of the cyanobacterial toxin microcystin-LR to rats after 28 days intake with the drinking water. **Environ. Toxicol.**, v.1, n.14, p.57-60, 1999.

HENRY, R. O crescimento potencial do fitoplâncton da represa de Barra Bonita (rio Tietê, SP): uma comparação sazonal dos efeitos de enriquecimento artificial em amostras de seus tributários. **Ciê. Cult.**, v.38, n.9, p.1553-1564, 1986.

HOLMES, C.F.B.; McCREADY, T.L.; CRAIG, M.; LAMBERT, T.W.; HRUDEY, S.E. A sensitive bioscreen for detection of cyclic peptide toxins of the microcystin class. In: CODD, G.A.; JEFFERIES, T.M.; KEEVIL, C.W.; POTTER, E. (eds.) **Detection methods for cyanobacterial toxins**. Cambridge: The Royal Society of Chemistry, 1994. p.85-89.

HONDA, R.Y.; VIEIRA, J.M.S.; AZEVEDO, M.T.P.; AZEVEDO, S.M.F.O; CARVALHO, L.R.; SANT'ANNA, C.L.; GEMELGO, M.C.P. Toxicidade e aspectos ecológicos de *Microcystis panniformis* no Lago das Garças, São Paulo, SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE LIMNOLOGIA, 8., 2001, João Pessoa. **Resumos**, p.212.

HUNN, J.B.; CLEVELAND, L.; LITTLE, E.E. Influence of pH and aluminum on developing brook trout in a low calcium water. **Environ. Pollut.**, v.43, p.63-73, 1987.

HUTCHINSON, G.E. **A treatise on limnology**. v.2. New York: John Wiley & Sons, 1967.

INAMORI, Y.; SUGIURA, N.; IWAMI, N.; MATSUMURA, M.; HIROKI, M.; WATANABE, M.M. Degradation of the toxic cyanobacterium *Microcystis viridis* using predaceous micro-animals combined with bacteria. **Phycol. Res.**, v.46 (Suppl.), p.37-44, 1998.

JACOBY, J.M.; COLLIER, D.C.; WELCH, E.B.; HARDY, F.J.; CRAYTON, M. Environmental factors associated with a toxic bloom of *Microcystis aeruginosa*. **Can. J. Fish. Aquat. Sci.**, 57, p.231-240, 2000.

JAKOBI, C.; RINEHART, K.L.; NEUBER, R.; MES, K.; WECKESSER, J. Cyanopeptolin SS, a disulphated depsipeptide from a water bloom: structural elucidation and biological activities. **Phycologia**, 35, p.111-116, 1996.

JARDIM, F.A. Florações de cianobactérias como fator determinante no tratamento de água. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FICOLOGIA, 9., 2002, Aracruz.. **Resumos**. Aracruz: Sociedade Brasileira de Ficologia, 2002. p.22.

JATI, S. **Estrutura e dinâmica da comunidade fitoplanctônica no reservatório de Barra Bonita (SP): uma análise em diferentes escalas de tempo**. 1998. 147p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998.

JOCHIMSEN, E.M.; CARMICHAEL, W.W.; AN, J.S.; CARDO, D.M.; COOKSON, S.T.; HOLMES, C.E.; ANTUNES, M.B.; MELO FILHO, D.A.; LYRA, T.M.; BARRETO, V.S.; AZEVEDO, S.M.; JARVIS, W.R. Liver failure and death after exposure to microcystins at a hemodialysis center in Brazil. **N. Engl. J. Med.**, v.338, p.873-878, 1998.

JUNGSMANN, D.; BENNDORF, J. Toxicity to *Daphnia* of a compound extracted from laboratory and natural *Microcystis* spp., and the role of microcystins, **Freshwat. Biol.**, 32, p.13-20, 1994.

JUNGSMANN, D. Toxic compounds isolated from *Microcystis* PCC7806 that are more active against *Daphnia* than two microcystins. **Limnol. Oceanogr.**, v.37, n.8, p.1777-1783, 1992.

KILHAM, S.S.; KEEGER, D.A.; GOULDE, C.E.; LYNN, S.G. Effects of algal quality on fecundity and population growth rates of *Daphnia*. **Freshwat. Biol.**, 38: 639-647, 1997.

KOMÁREK, J.; ANAGNOSTIDIS, K. Chroococcales. In: ETTL, A.; GERLOFF, J.; HEYNIG, H.; MOLLENHAUER, D. (eds.) **Süßwasserflora von Mitteleuropa**. Bd. 19. Stuttgart: G. Fischer Verlag, 1999. 548p.

KOMÁREK, J.; FOTT, B. Chlorophyceae Chlorococcales. In: HUBER-PESTALOZZI, G. **Das phytoplankton des Süßwassers: systematik und biologie**. Stuttgart: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Pt.7, 1983, 1044p. (Die Binnengewässer, August Thienemann, ed.16).

KOROLEFF, F. Determination of Nutrients. In: GRASSHOFF, K. (ed.). **Methods of Seawater Analysis**. Verlag Chemie Weinheim, 1976. p.117-181.

KUIPER-GOODMAN, T.; FALCONER, I.; FITZGERALD, J. Human health aspects. In: CHORUS, I.; BARTRAM, J. (eds.) **Toxic cyanobacteria in water** London: E&FN Spon, 1999. Cap.4, p.113-153.

KURODA, E.K. **Remoção de células e subprodutos de *Microcystis* spp. por dupla filtração, oxidação e adsorção.** 2006. 267p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

LAMPARELLI, M.C. **Grau de trofia em corpos de água do Estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento.** 2004. 235p. Tese (Doutorado) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

LAMPERT, W. Feeding and nutrition in *Daphnia*. In: PETTERS, R.H.; DE BERNARDI, R. (eds.) *Daphnia*. **Mem. Inst. Ital. Idrogiol.**, 45, p.143-195, 1987.

LAWTON, L.A.; BEATTIE, K.A.; HAWSER, S.P.; CAMPBELL, D.L.; CODD, G.A. Evaluation of assay methods for the determination of cyanobacterial hepatotoxicity. In: CODD, G.A.; JEFFERIES, T.M.; KEEVIL, C.W.; POTTER, E. (eds.) **Detection methods for cyanobacterial toxins**, 1994. p.111-116.

LIMA, D. **Análise da composição, abundância e distribuição da comunidade fitoplancônica nos reservatórios do sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê/SP.** 2004. 312 p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004.

LIN, S.; EVANS, R.L.; SCHNEPPER, D.; HILL, T. **Evaluation of wastes from the East St. Louis water treatment plant and their impact on the Mississippi river.** Illinois: State Water Survey Div., Champaign - National Technical Information Service-NTIS, ISWS/CIR-160/84, 1984.

LOMBARDI, A.T.; VIEIRA, A.A.H. Copper and lead complexation by high molecular weight compounds produced by *Synura* sp. (Chrysophyceae). **Phycologia**, v.37, p.34-39, 1998.

LORENZEN, C.J. Determination of chlorophyll and phaeopigments: spectrophotometric equations. **Limnol. Oceanogr.**, v.12, p.343-346, 1967.

LUND, J.W.G. The ecology of the freshwater phytoplankton. **Biol. Ver.**, 40, p.231-293, 1965.

LUZIA, A.P. **Limnologia e grau de trofia dos reservatórios em cascata do rio Tietê (Médio e Baixo Tietê, São Paulo).** 2004. 101p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004.

LYCK, S.; GJØLME, N.; UTKILEN, H. Iron starvation increases toxicity of *Microcystis aeruginosa* CYA 228/1 (Chroococcales, Cyanophyceae). **Phycologia**, 35, p.120-124, 1996.

MACKERETH, F.G.H.; HERON, J.; TALLING, J.F. **Water analysis some revised methods for limnologists.** (Freshwater Biological Association Scientific Publication, 36). Kendal Titus Wilson & Sons Ltda, 1978. 117p.

MAGALHÃES, D.; BAPTISTA, D.; CUNHA, R. Sistema de biomonitoramento em tempo real para avaliação de efeito tóxico de substâncias químicas no comportamento natatório do peixe *Danio rerio*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE LIMNOLOGIA, 2005, Ilhéus. **Anais**. CD-ROM, Jul.2005.

MAGALHÃES, V.F.; SOARES, R.M.; AZEVEDO, S.M.F.O. Microcystin contamination in fish from the Jacarepaguá Lagoon (Rio de Janeiro, Brazil): ecological implication and human health risk. **Toxicon**, 39, p.1077-1085, 2001.

MARGALEF, R. **Limnología**. Barcelona: Omega, 1983.1010 p.

MARGULIS, L.; SCHWARTZ, K.V. **Cinco reinos**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 497p. 2001.

MARINHO, M.M.; AZEVEDO, S.M.F.O. Razão N/P e a dominância de cianobactérias: causa ou consequência? In: CONGRESSO BRASILEIRO DE LIMNOLOGIA, 8., 2001, João Pessoa. **Resumos**, p.264.

MASSARO, F.C. **Estudos ecotoxicológicos com *Hydra viridissima* (Cnidaria: Hydrozoa)**. 2006. 95 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

MATSUMURA-TUNDISI, T.; HINO, K.; CLARO, S.M. Limnological studies at 23 reservoirs in southern part of Brazil. **Verh. Internat. Verein. Limnol.**, 21, 1040-1047, 1981.

MATSUMURA-TUNDISI, T.; LUZIA, A.P.; TUNDISI, J.G. Estado trófico dos reservatórios em cascata do Médio e Baixo Tietê (SP) e manejo para o controle da eutrofização, In: TUNDISI, J.G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; GALLI, C.S. (eds.) **Eutrofização na América do Sul: causas, consequências e tecnologias para gerenciamento e controle**. EUTROSUL - Rede Sul-Americana de eutrofização (IIE, IIEGA). 2006. p.141-160.

MATSUMURA-TUNDISI, T.; TUNDISI, J.G.; ABE, D.S.; LUZIA, A.P.; RAEDER, L.F. O efeito das barragens do “river continuum” (Médio Tietê) nos fatores biogeoquímicos e na diversidade zooplancônica. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL REPRESA DO LOBO - Broa - 30 anos de Pesquisa em Limnologia, Gerenciamento e Participação da Comunidade e Bases Científicas para o Gerenciamento da Eutrofização, 2000, São Carlos. **Resumos**. São Paulo: IIE/USP/UFSCar, Dez.2000. p.51.

MELETTI, P.C. **Avaliação da degradação ambiental por meio de testes de toxicidade com sedimento e de análises histopatológicas em peixes**. 2003. 209p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

MENDONÇA, J.M.S.; SANTOS, A.P.; MARINHO, L.A.; MARTINS, M.C.; COSTA, I.A.S. Efeito de microcistinas de florações naturais e saxitoxinas de culturas de cianobactérias sobre *Ceriodaphnia silvestrii* (Crustacea, Cladocera). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECOTOXICOLOGIA, 9., 2006, São Pedro. **Resumos**. São Paulo: Vida e Consciência, Jul.2006. p.37.

MINILLO, A. **Análise da distribuição, densidade e toxicidade de florações de cianobactérias e suas toxinas nos reservatórios do Médio e Baixo rio Tietê (SP) e relação com as características limnológicas do sistema**. 2005. 400p. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

MINILLO, A.; FERREIRA, A.H.F.; YOGUI, G.T.; YUNES, J.S. Concentrações de microcistinas e toxicidade nas formas coloniais de *Microcystis aeruginosa* de florações no estuário da Lagoa dos Patos, RS, In: ESPÍNDOLA, E.L.G.; PASCHOAL, C.R.B.; O. ROCHA, O.; BOHRER, M.B.C.; OLIVEIRA-NETO, A.L. (eds.) **Ecotoxicologia** - Perspectivas para o Século XXI. São Carlos: RiMa, 2000. p.521-536.

MOHAMED, Z.A.; CARMICHAEL, W.W.; AN, J.; EL-SHAROUNY, H.M. Activated carbon removal efficiency of microcystins in an aqueous cell extract of *Microcystis aeruginosa* and *Oscillatoria tenuis* strains isolated from egyptian freshwaters. **Environ. Toxicol.**, v.1, n.14, p.197-201, 1999.

MONTEIRO, N.J.C. **Estudos da toxicidade da cepa de *Microcystis aeruginosa* RST9501 da Lagoa dos Patos sobre Cladocera como subsídio ao monitoramento ambiental**. 2001. 178 p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

MORETTO, E.M. **A comunidade de peixes dos reservatórios dos trechos Médio e Baixo do rio Tietê, com ênfase nas espécies introduzidas *Plagioscion squamosissimus* e *Geophagus surinamensis***. 2006. 142 p. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2006.

NICHOLSON, B.C.; ROSITANO, J.; BURCH, M.D. Destruction of cyanobacterial peptide hepatotoxins by chlorine and chloramine. **Water Res.**, v.28, n.6, p.1297-1303, 1994.

NIZAN, S.; DIMENTMAN, C.; SHILO, M. Acute toxic effects of the cyanobacterium *Microcystis aeruginosa* on *Daphnia magna*. **Limnol. Oceanogr.**, v.3, n.31, p.497-502, 1986.

NOGUEIRA, P.F.M.; MELÃO, M.G.G.; LOMBARDI, A.T.; VIEIRA, A.A.H. The effects of *Anabaena spiroides* (Cyanophyceae) exopolysaccharide on copper toxicity to *Simocephalus serrulatus* (Cladocera, Daphnidae). **Freshwat. Biol.**, v.50, n.9, 1560-1567, 2005.

NUSCH, E.A. Comparison of different methods for chlorophyll and phaeopigment determination. **Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol.**, 14, p.14-36, 1980.

OBEREMM, A.; BECKER, J.; CODD, G.A.; STEINBERG, C. Effects of cyanobacterial toxins and aqueous crude extracts of cyanobacteria on the development of fish and amphibians. **Environ. Toxicol.**, v.1, n.14, p.77-88, 1999.

OKUMURA, D.T. **Cultivo de cianobactérias e avaliação da toxicidade dos produtos de degradação destas algas aos cladóceros planctônicos *Daphnia similis*, *Daphnia laevis* e *Ceriodaphnia silvestrii***. 2004. 88p. Monografia (Bacharelado) – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, Jul.2004.

OKUMURA, D.T.; SOTERO-SANTOS, R.B.; TAKENAKA, R.A.; ROCHA, O. Evaluation of cyanobacteria toxicity in tropical reservoirs using crude extracts bioassay with cladocerans, **Ecotoxicology**, (no prelo)

OLIVEIRA, A.C.P.; SAMPAIO, G.F.; GÔMARA, G.A. Detecção de hepatotoxinas e neurotoxinas (toxinas de cianobactérias) no reservatório do Funil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE LIMNOLOGIA, 9., 2003, Juiz de Fora. Secções de **painéis**.

OLIVEIRA-NETO, A.; VIEIRA, A.A.H.; BOTTA-PACHOAL, C.; ALMEIDA, C.A.; MIRANDA, V.F. Toxicidade aguda por metais pesados e substâncias orgânicas para o organismo zooplancônico *Ceriodaphnia silvestrii* (Cladocera) na presença de polissacarídeos excretados por microalgas *Selenastrum capricornutum* (Chlorophyceae), *Anabaena spiroides*, *Microcystis aeruginosa* (Cyanophyceae), *Aulacosiera granulata* (Bacillariophyceae). In: IBERIAN, 5., IBEROAMERICAN CONGRESS OF ENVIRONMENTAL CONTAMINATION AND TOXICOLOGY, 2., 2003, Porto. **Resumos**. p.31.

ORR, P.T.; JONES, G.J. Relationship between microcystin production and cell division rates in nitrogen-limited *Microcystis aeruginosa* cultures. **Limnol. Oceanogr.**, v.43, n.7, p.1604-1614, 1998.

ORTOLANO, P.I.C. **Produção de agregados gelatinosos em culturas de microalgas de um reservatório eutrofizado (rio Tietê/SP)**. 2005. 72p. Dissertação (Mestrado) – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2005.

OWEN, R.P. Biological and economic significance of benthic cyanobacteria in two scottish highland lochs. In: CODD, G.A.; JEFFERIES, T.M.; KEEVIL, C.W.; POTTER, E. (eds.) **Detection methods for cyanobacterial toxins**, 2004. p.145-148.

PASCHOAL, C.M.R.B. **Avaliação ecotoxicológica de sedimentos em reservatórios da bacia do Rio Tietê, SP, com ênfase na aplicação do estudo de AIT : avaliação e identificação da toxicidade**. 2002. 146p. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2002.

PEREIRA, R.H.G. **Análise da distribuição, densidade e diversidade de Copepoda Calanoida e Cyclopoida nos reservatórios e tributários do Médio e Baixo rio Tietê e sua relação com as características limnológicas do sistema**. 2003. 289 p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

PERSSON, P.E. Cyanobacteria and off-flavours. **Phycology**, v.35, p.168-71, 1996.

PFLUGMACHER, S.; CODD, G.A.; STEINBERG, C.E.W. Effects of cyanobacterial toxin microcystin-LR on detoxication enzymes in aquatic plants. **Environ. Toxicol.**, v.1, n.14, p.111-115, 1999.

PIELOU, E.C. The measurement of diversity in different types of biological collection. **J. Theor. Biol.**, v.13, p.131-134, Dec.1966.

PIETSCH, C.; WIEGAND, C.; AMÉ, M.V.; NICKLISCH, A.; WUNDERLIN, D.; PFLUGMACHER, S. The effects of a cyanobacterial crude extract on different aquatic organisms: evidence for cyanobacterial toxin modulating factors. **Environ. Toxicol.**, 16, p.535–542, 2001.

PROENÇA, L.A.O. Prefácio. In: SANT'ANNA, C.L.; AZEVEDO, M.T.P.; AGUIJARO, L.F.; CARVALHO, M.C.; CARVALHO, L.R.; SOUZA, R.C.R. **Manual ilustrado para identificação e contagem de cianobactérias planctônicas de águas continentais brasileiras**. Rio de Janeiro: Interciência, 2006.

RAMAMOORTHY, S. Effect of pH on speciation and toxicity of aluminum to rainbow trout (*Salmo gairdneri*). **Can. J. Fish. Aquat. Sci.**, v.45, n.4, p.634-642, 1988.

RAND, G. Behavior. In: RAND, G.M.; PETROCELLI, S.R. (eds.). **Fundamentals of aquatic toxicology: methods and applications**. Washington: Hemisphere Publishing. 1985. Capítulo 9, p.221-263.

RAND, G.M.; PETROCELLI, S.R. Introduction. In: RAND, G.M.; PETROCELLI, S.R. (eds.) **Fundamentals of aquatic toxicology: methods and applications**. Washington: Hemisphere Publishing. 1985. Capítulo 1, 1-28.

RATTNER, B.A.; HEATH, A.C. Environmental factors affecting contaminant toxicity in aquatic and terrestrial vertebrates. In: HOFFMAN, D.J.; RATTNER, B.A.; BURTON Jr., G. A.; CAIRNS Jr., J. (eds.) **Handbook of Ecotoxicology**. Boca Raton: Lewis Publishers. 1995.

REINIKAINEN, M.; KETOLA, M.; WALLS, M. Effects on the concentrations of toxic *Microcystis aeruginosa* and an alternative food on the survival of *Daphnia pulex*. **Limnol. Oceanogr.**, v.2, n.39, p.424-432, 1994.

REYNOLDS, C.S. **The ecology of freshwater phytoplankton**. Cambridge, Cambridge University Press, 1984. 384p.

REYNOLDS, C.S. The concept of ecological succession applied to seasonal periodicity of freshwater phytoplankton. **Verh. Int. Verein. theor. angew. Limnol.**, v.23, p.683-691, 1988.

REYNOLDS, C.S.; PADISÁK, J.; SOMMER, U. Intermediate disturbance in the ecology of phytoplankton and the maintenance of species diversity: a synthesis. p.183-188. In: PADISÁK, J.; REYNOLDS, C.S.; SOMMER, U. (eds.) **Intermediate disturbance hypothesis in phytoplankton ecology**. Developments in hydrobiology, v.81. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers. 1993. 199p.

REYNOLDS, C.S. Phytoplankton assemblages in reservoirs. In: TUNDISI, J.G.; STRASKRABA, M. (eds) **Theoretical Reservoir Ecology and its Applications**, IIE, Brazilian Academy of Sciences e Backhuys Publishers, 1999. p.439-456.

RIETZLER, A.C. **Alimentação, ciclo de vida e análise da coexistência de espécies de cyclopóida na Represa de Barra Bonita**. 1995. 385p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1995.

ROCHA, O.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; SAMPAIO, E.V. Phytoplankton and zooplankton community structure and production as related to trophic state in some Brazilian lakes and reservoirs. **Vehr. Int. Verein. Limnol.**, Stuttgart, 26, p.599-604, 1997.

ROCHA, O.; SOTERO-SANTOS, R.B.; MINILLO, A.; ESPÍNDOLA, E.L.G.; YUNES, J.S. Cianotoxicidade em Águas Doces Tropicais: O Impacto da Eutrofização. In: TUNDISI, J.G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; GALLI, C.S. (eds.) **Eutrofização na América do Sul: causas, consequências e tecnologias para gerenciamento e controle**, EUTROSUL - Rede Sul-Americana de eutrofização (IIE, IIEGA). 2006. p. 337-352.

RODGHER, S. **Estudos ecotoxicológicos e limnológicos nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tietê: uma análise espacial e temporal**. 2001. 159 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.

RODGHER, S. **Avaliação dos efeitos ecotoxicológicos dos metais cádmio e cromo em organismos planctônicos**. 2005. 251p. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

RODGHER, S.; ESPÍNDOLA, E.L.G.; ROCHA, O.; FRACÁCIO, R.; PEREIRA, R. H.G.; RODRIGUES, M.H.S. Ecotoxicological analysis of the water and sediment from Middle and Low Tietê River cascade reservoirs (State of São Paulo). **Acta Limnol. Bras.** 15, p.81-93, 2003.

RODRIGUES, M.H.S. **Limnologia, análise da comunidade de macroinvertebrados bentônicos e bioensaios de toxicidade para avaliação ambiental dos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tietê (SP)**. 2003. 205p Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

ROHRLACK, T.; DITTMANN, E.; HENNING, M.; BÖRNER, T.; KOHL, J.G. Role of microcystins in poisoning and food ingestion inhibition of *Daphnia galeata* caused by the cyanobacterium *Microcystis aeruginosa*. **Appl. Environ. Microbiol.**, v.65, n.2, p.737-739, 1999.

ROS, J. **Prática de ecologia**. Barcelona: Omega, 1979. 181p.

ROSITANO, J.; NICHOLSON, B.C. A method for detection of cyanobacterial peptide toxins by HPLC. In: CODD, G.A.; JEFFERIES, T.M.; KEEVIL, C.W.; POTTER, E. (eds.) **Detection methods for cyanobacterial toxins**, 1994. p.155-157.

ROUND, F. E. **The taxonomy of the Chlorophyta**, 2. Britsch Phycological Journal 6: 235-264. 1991.

ROUND, F.E.; CRAWFORD, R.M.; MANN, D.G. **The diatoms: biology and morphology of genera**. Cambridge: Cambridge University Press. 1990. 747p.

SAGGIO, A.A. **Estudo da eutrofização do reservatório de Barra Bonita (rio Tietê-SP) através de simulação numérica**. 1992. 105p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1992.

SAKER, M.L.; THOMAS, A.D.; NORTON, J.H. Cattle mortality attributed to the toxic cyanobacterium *Cylindrospermopsis raciborskii* in an outback region of North Queensland. **Environ. Toxicol.**, v.1, n.14, p.179-182, 1999.

SANDES, M.A.L. **Estudos ecológicos em florescimento de *Microcystis* (Cyanobacteria-Cyanophyceae) e interações com a flora bacteriana na represa de Barra Bonita-Médio Tietê/SP**. 1998. 242p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998.

SANT'ANNA, C.L.; AZEVEDO, M.T.P. Contribution to the knowledge of potentially toxic cyanobacteria from Brazil, **Nova Hedwigia**, v.71, n.3-4, p.359-385, 2000.

SANTOS, A.A.C.A. **Biomassa e estrutura da comunidade fitoplanctônica em curtos períodos de tempo no reservatório de Barra Bonita, São Paulo**. 1996, 148p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1996.

SANTOS, S.S.C.D. **Alguns aspectos do ciclo do fósforo e eutrofização na Represa de Barra Bonita, SP**. 1996, 100p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1996.

SHANNON, C.E.; WEAVER, W. **The mathematical theory of communication**. Urbana, University of Illinois Press, 117pp. 1949.

SHAPIRO, J. The role of carbon dioxide in the initiation and maintenance of blue-green algae dominance in lakes. **Freshwat. Biol.**, Oxford, v.37, n.2, p.307-323. Apr.1997.

SILVA, J.F.H.M.; BAPTISTA, D.F. Biomonitoramento de águas superficiais em tempo real por análise de imagem. In: ENCONTRO DE ECOTOXICOLOGIA, 6., 2000, São Carlos. **Resumos**. São Carlos: USP/IPEN/SETAC, 2000. p.137.

SILVÉRIO, P.F.; FONSECA, A.L.; BOTTA-PASCHOAL, C.M.R.; MOZETO, A.A. Release, bioavailability and toxicity of metals in lacustrine sediments: A case study of reservoirs and lakes in Southeast Brazil. **Aquat. Ecosystem Health & Management**, 8, p.313-122, 2005.

SIPAÚBA-TAVARES, L.H.; ROCHA, O. **Produção de plâncton (fitoplâncton e zooplâncton) para alimentação de organismos aquáticos**. São Carlos: RiMa (apoio FAPESP), 2001. 106p.

SIVONEN, K. Cyanobacterial Toxins and Toxin Production. **Phycologia**, 35, p.12-24, 1996.

SIVONEN, K.; JONES, G. Cyanobacterial toxins. In: CHORUS, I.; BARTRAM, J. (eds.) **Toxic cyanobacteria in water - a guide to their public health consequences, monitoring and management**. London: E & FN Spon. 1999. 416p. Capítulo3, p.41-111.

SIVONEN, K.; NAMIKOSHI, M.; LUUKKAINEN, R.; FÄRDIG, M.; ROUHIAINEN, L.; EVANS, W.R.; CARMICHAEL, W.W.; RINEHART, K.L.; NIEMELÄ, S.I. Variation of cyanobacterial hepatotoxins in Finland. In: CODD, G.A.; JEFFERIES, T.M.; KEEVIL, C.W.; POTTER, E. (eds.) **Detection methods for cyanobacterial toxins**, 1994. p.152-154.

SOARES, R. M.; MAGALHÃES, V. F.; AZEVEDO, S.M.F.O. Accumulation and depuration of microcystins (cyanobacteria hepatotoxins) in *Tilapia rendalli* (Cichlidae) under laboratory conditions. **Aquat. Toxicol.**, 70, p.1-10, 2004.

SOMMER, U. Growth and survival strategies of phytoplanktonic diatoms. In: SANDGREEN, C.D. (ed.) **Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton**. Cambridge: Cambridge University Press. p.227-260, 1988.

SOMMER, U.; PADISÁK, J.; REYNOLDS, C.S.; JUHÁSZ-NAGY, P. Hutchinson's heritage: the diversity-disturbance relationship in phytoplankton. p.1-7. In: PADISÁK, J.; REYNOLDS, C.S.; SOMMER, U. (eds.) **Intermediate disturbance hypothesis in phytoplankton ecology**. Developments in hydrobiology, v.81. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers. 1993. 199p.

SONG, L.; SANO, T.; LI, R.; WATANABE, M.M.; LIU, Y.; KAYA, K. Microcystin production of *Microcystis viridis* (cyanobacteria) under different cultures conditions. **Phycol. Res.**, 46: 19-23, 1998.

SORIANO, A.J.S. **Distribuição espacial e temporal de invertebrados bentônicos da represa de Barra Bonita (SP)**. 1997. 149p. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais) – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1997.

SOTERO-SANTOS, R.B.; SOUZA E SILVA, C.R.; VERANI, N.F.; NONAKA, K.O.; ROCHA, O. Toxicity of a cyanobacteria bloom in Barra Bonita Reservoir (Middle Tietê River, São Paulo, Brazil). **Ecotoxicol. Environ. Safe**, v.64, p.163-170, 2006.

SOUZA, R.C.R. Introdução. In: SANT'ANNA, C.L.; AZEVEDO, M.T.P.; AGUIJARO, L.F.; CARVALHO, M.C.; CARVALHO, L.R.; SOUZA, R.C.R. (orgs.) **Manual ilustrado para identificação e contagem de cianobactérias planctônicas de águas continentais brasileiras**. Rio de Janeiro: Interciência, 2006. Capítulo 1, p.1-4.

SPELLERBERG, I.F. **Monitoring ecological change**. Cambridge University Press, 334p, 1991.

STEFANI, P.M. **Ecologia trófica de espécies alóctones (*Cichla cf. ocellaris* e *Plagioscion squamosissimus*) e nativa (*Geophagus brasiliensis*) nos reservatórios do rio Tietê**. 2006. 104 p Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

STEFFENSEN, D.; BURCH, M.; NICHOLSON, B.; DRIKAS, M.; BAKER, P. Management of toxic blue-green algae (Cyanobacteria) in Australia. **Environ. Toxicol.**, v.1, n.14, p.183-196, 1999.

STEFFENSEN, D.A.; HUMPAGE, A.R.; ROSITANO, J.; BRETAG, A.H.; BROWN, R.; BAKER, P.D.; NICHOLSON, B.C. Neurotoxins from Australia *Anabaena*. In: CODD, G.A.; JEFFERIES, T.M.; KEEVIL, C.W.; POTTER, E. (eds.). **Detection methods for cyanobacterial toxins**, 1994. p.45-50.

STEWART, A.J.; HILL, W.R.; HAM, K.D.; CHRISTENSEN, S.W.; BEAUCHAMP, J.J. Chlorine dynamics and ambient toxicity in receiving streams. **Ecol. Appl.**, v.6, n.2, p.458-471, 1996.

STEWART, W.D.P. **Algae physiology and biochemistry**. Academic Press. 1974. 985p.

STRASKRABA, M.; TUNDISI, J.G. **Reservoir water quality management**. (Guidelines of lake management handbook – vol.9). Japão: ILEC/UNEP, 1999. 229 p.

STRICKLAND, J.D.H.; PARSONS, T.R. A manual of seawater analysis. **Bull. Fish. Res. Board Can.**, v.125, p.1-18, 1960.

SURIANI, A. L. **A estrutura da comunidade de macro-invertebrados bentônicos em três represas do médio rio Tietê (SP), com ênfase nas espécies exóticas *Melanoides tuberculata* (Gastropoda, Thiaridae) e *Corbicula fluminea* (Bivalvia, Corbiculidae)**. 2006. 146 p. Dissertação (Mestrado) – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2006.

TAKENAKA, R.A.; SOTERO-SANTOS, R.M.B.; OKUMURA, D.T.; KURODA, E.K.; DI BERNARDO, L.; ROCHA, O. Bioensaios com cladóceros como ferramenta no estudo de processos de remoção de cianobactérias em sistemas de tratamento de água. In: ESPÍNDOLA, E.L.G.; WENDLAND, E. (orgs.) **PPG-SEA: trajetórias e perspectivas de um curso multidisciplinar**. São Carlos: RiMa, 2005. 462p. v.4, p.441-452.

TAKENAKA, R.A.; SOTERO-SANTOS, R.B.; ROCHA, O. Water quality assessment by ecotoxicological and limnological methods in water supplies, Southeast Brazil. **Ecotoxicology**, n.15, p.73-82, 2006.

TALAMONI, J.L.B. **Estudo comparativo das comunidades planctônicas de lagos de diferentes graus de trofia e uma análise do efeito de *Microcystis aeruginosa* (Cyanophyceae) sobre algumas espécies de microcrustáceos**. 1995. 305p. Tese (Doutorado) – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1995.

TALLING, J.F. Photosynthetic behaviour in stratified and unstratified lake population of a planktonic diatom. **J. Ecol.**, v.54, n.1, p.99-127, 1966.

TAVARES, K. S. **A comunidade de macrofitas aquáticas em reservatórios do Médio e Baixo rio Tietê (SP) e em lagos da bacia do Médio rio Doce (MG)**. 2003. 123 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2003.

TCHERNAJENKO, V.V. Cyclic peptide hepatotoxins from fresh water cyanobacteria water blooms collected in the River Dniپر reservoirs and other water bodies from the european part of Russia. In: CODD, G.A.; JEFFERIES, T.M.; KEEVIL, C.W.; POTTER, E. (eds.) **Detection methods for cyanobacterial toxins**, 1994. p.19-23.

TEIXEIRA, C.; TUNDISI, J.G.; KUTNER, M.B. Plankton studies in a mangrove. II. The standing stock and some ecological factors. **Bol. Inst. Oceanogr.**, São Paulo, v.24, p.23-41, 1965.

THOMAZ, S.D.; BINI, L.M.; ALBERTINI, S.M. Limnologia do reservatório de Segredo: padrões de variação espacial e temporal. In: AGOSTINHO, A.A.; GOMES, L.C. (eds.) **Reservatório de Segredo: bases ecológicas para o manejo**. Maringá: EDUEM, 1997. Cap.2, p.19-37.

THOSTRUP, L.; CHRISTOFFERSEN, K. Accumulation of microcystin in *Daphnia magna* feeding on toxic *Microcystis*. **Arch. Hydrobiol.**, v.145, n.4, p.447-467, 1999.

TOLEDO Jr., A.P. **Informe preliminar sobre os estudos para a obtenção de um índice para a avaliação do estado trófico de reservatórios de regiões quentes tropicais**. São Paulo: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 1990. 12p. (Relatório Interno CETESB).

TOLEDO Jr., A.P.; TALARICO, M.; CHINEZ, S.J.; AGUDO, E.G. Aplicação de modelos simplificados para a avaliação do processo da eutrofização em lagos e reservatórios tropicais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 12., 1983, Camboriú. **Anais**.

TUNDISI, J.G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. São Carlos: RiMa, IIE, 2003. 248p.

TUNDISI, J.G. Typology of reservoirs in Southern Brazil. **Verh. Internat. Verein. Limnol.**, 21, p.1030-1039, 1981.

TUNDISI, J.G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. Limnology and eutrophication of Barra Bonita reservoir, S. Paulo State, Southern Brazil. **Arch. Hydrobiol. Beih. Egeb. Limnol.**, v.33, p.661-676., 1990.

TUNDISI, J.G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. Limnology and eutrophication of Barra Bonita Reservoir, S. Paulo State, Southern Brazil. **Proceedings** of the Int. Conference on Reservoirs Èeské budejovice. Czechoslovakia. 1989.

TUNDISI, J.G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; CALIJURI, M.C.; NOVO, E.M.L. Comparative limnology of five reservoirs in the Middle Tietê River, São Paulo State. **Verh. Internat. Verein. Limnol.**, v.24, p.1489-1496, 1991.

TUNDISI, J.G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; HENRY, R.; ROCHA, O.; HINO, K. Comparação do estado trófico de 23 reservatórios do Estado de São Paulo: eutrofização e manejo. In: TUNDISI, J.G. (ed.) **Limnologia e manejo de represas**. São Paulo: Academia de Ciências de São Paulo. v.1, Tomo 1, 1988. p.165-204. (Série: Monografia em Limnologia).

TUNDISI, J.G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; ROCHA, O. Theoretical basis reservoir management. In: TUNDISI, J.G.; STRASKRABA, M. (eds.) **Theoretical Reservoir Ecology and its Applications**, São Carlos, Rio de Janeiro, IIE, Brazilian Academy of Sciences e Backhuys Publishers, 1999. p.505-528.

UENO, Y.; MAKITA, Y.; NAGATA, S.; TSUTSUMI, T.; YOSHIDA, F.; TAMURA, S.I.; SEKIJIMA, M.; TASHITO, F.; HARADA, T.; YOSHIDA, T. No chronic oral toxicity of a low dose of microcystin-LR, a cyanobacterial hepatotoxin, in female BALB/c mice. **Environ. Toxicol.**, v.1, n.14, p.45-55, 1999.

UTHERMÖHL, H. Zur Vervalkammung des Quantitativen Phytoplankton - Methodik. Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie. **Mitteilung**, 9, p.1-38, 1958.

VALDERRAMA, J. C. The simultaneous analysis of total nitrogen and phosphorous in natural waters. **Mar. Chem.**, 10, p.109-122, 1981.

VAN HOOF, F.; CASTELAIN, Ph.; KIRSCH-VOLDERS, M.; VANKERKOM, J. Toxicity studies with blue-green algae from Flemish reservoirs. In: CODD, G.A.; JEFFERIES, T.M.; KEEVIL, C.W.; POTTER, E. (eds.) **Detection methods for cyanobacterial toxins**, 1994. p.139-141.

VASCONCELOS, V. Toxic cyanobacteria (blue-green algae) in Portuguese freshwaters. In: CODD, G.A.; JEFFERIES, T.M.; KEEVIL, C.W.; POTTER, E. (eds.) **Detection methods for cyanobacterial toxins**, 1994. p.133-135.

VASCONCELOS, V.; ARAÚJO, F.O. **Cianobactérias** – um risco para o ambiente e para a saúde humana. Portugal, Ministério da Saúde, Instituto da Água e Ministério do Ambiente e Recursos Naturais, 1994. 24p.

VASCONCELOS, V.M. Uptake and depuration of the heptapeptide toxin microcystin-LR in *Mytilus galloprovincialis*, **Aquat. Toxicol.**, 32: 227-237, 1995.

VASCONCELOS, V.M.; PEREIRA, E. Cyanobacteria diversity and toxicity in a wastewater treatment plant (Portugal). **Water Resour.**, v.35, n.5, p.1354-1357, 2001.

VIEIRA, A.A.H. Produção e destino dos polissacarídeos extracelulares de origem algal em um reservatório eutrofizado do rio Tietê: estudos de processos. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FICOLOGIA, 9., 2002, Aracruz. **Resumos**. Aracruz: Sociedade Brasileira de Ficologia, 2002. p.35.

VIEIRA, J.M.S.; CORREA, B.; AZEVEDO, M.T.P.; OLIVEIRA, A.C.P.; AZEVEDO, S.M.O.F. Cianobactérias tóxicas em uma represa de abastecimento de águas da Região Amazônica do Brasil. In: ENCONTRO DE ECOTOXICOLOGIA, 6., São Carlos, 2000. **Resumos**. São Paulo: USP/IPEN/SETAC. p.50.

WATANABE, M.F.; OISHI, S. Effects of environmental factors on toxicity of a cyanobacterium (*Microcystis aeruginosa*) under culture conditions. **Appl. Environ. Microbiol.**, 49, p.1342-1344, 1985.

WERNER, V.R.; TORGAN, L.C.; YUNES, J.S.; CUNHA, M.T. Ocorrência de floração de cianofíceas (cianobactéria) tóxica na Represa de Itaúba, Rio Grande do Sul, Brasil. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL Represa do Lobo-Broa - 30 anos de Pesquisa em Limnologia, Gerenciamento e Participação da Comunidade e Bases Científicas para o Gerenciamento da Eutrofização, São Carlos, 2000. **Resumos**. São Paulo, IIE/USP/UFSCar. p.44.

WETZEL, R.G.; LIKENS, G.E. **Limnological analyses**. New York: Springer-Verlag, 1991. 391p.

WETZEL, R.G. **Limnologia**. Trad. por Maria José Boavida. Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian, 1993.

WHITTON, B.A.; POTTS, M. Introduction to the cyanobacteria. In: WHITTON, B.A.; POTTS, M. (eds) **The ecology of cyanobacteria** - their diversity in time and space. Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Press, 2000. p.1-11.

WILLÉN, E. Planktonic diatoms - an ecological review. **Algological Studies**, v.62, p.69-106, 1991.

WISNIEWSKI, M.J.S. **Distribuição espacial e produção secundária da comunidade zooplanctônica do reservatório de Barra Bonita-SP.** 1998. 240p. Tese (Doutorado em Ecologia e recursos naturais) – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1998.

YOO, R.S.; CARMICHAEL, W.W.; HOEHN, R.C.; HRUDEY, S.E. **Cyanobacterial (blue-green algal) toxins:** a resource guide. AWWA. Research Foundation and American Water Works Association, 1995. 229p.

ZANATA, L.H. **Distribuição das populações de Cladocera (Branchiopoda) nos reservatórios do Médio e Baixo rio Tietê:** uma análise espacial e temporal. 2005. 282p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

APÊNDICE A

Dados de campo e da comunidade fitoplanctônica para as águas dos reservatórios de Barra Bonita e Promissão, Médio rio Tietê, SP, durante a ocorrência de florações de cianobactérias

Tabela 1.7 – Medidas de pH, condutividade elétrica, concentração de oxigênio dissolvido e temperatura da água, realizadas *in situ*, de 0,5 em 0,5 m, utilizando o multisensor Horiba, modelo U10, no reservatório de Barra Bonita, Médio rio Tietê, SP, nos dias 03 e 14/03/2006 e 15/07/2006.

Prof. (m)	pH			Condutividade $\mu\text{S/cm}$			Oxigênio dissolvido mg/L			Temperatura °C		
	03/03	14/03	15/07	03/03	14/03	15/07	03/03	14/03	15/07	03/03	14/03	15/07
0,0	6,83	5,53	6,93	186	170	182	11,45	7,06	-	30,3	27,3	20,8
0,5	7,33	5,81	6,98	185	170	182	10,49	6,64	-	30,1	27,3	20,8
1,0	7,76	5,89	7,02	184	170	182	10,35	6,36	-	29,8	27,1	20,7
1,5	7,82	5,88	6,94	184	170	181	10,65	5,86	-	29,5	27,0	20,5
2,0	7,82	5,75	6,84	183	169	182	9,23	5,10	-	28,9	26,8	20,3
2,5	7,68	5,82	6,73	183	170	183	9,02	5,12	-	28,8	26,8	20,3
3,0	7,53	5,87	6,66	183	170	183	7,54	4,69	-	28,7	26,8	20,2
3,5	7,41	5,92	6,63	183	170	183	7,44	4,45	-	28,6	26,8	20,2
4,0	7,31	5,96	6,58	184	170	183	7,25	4,21	-	28,4	26,8	20,2
4,5	7,14	5,99	6,49	184	170	184	5,37	4,73	-	28,3	26,8	20,2
5,0	7,69	6,10	6,47	184	170	184	3,87	4,32	-	28,0	26,7	20,2
5,5	7,43	6,16	6,43	184	170	184	2,93	4,65	-	27,8	26,7	20,2
6,0	7,20	6,17	6,42	184	170	184	2,31	4,31	-	27,6	26,7	20,2
6,5	7,02	6,18	6,41	184	170	184	2,01	4,43	-	27,6	26,7	20,2
7,0	6,90	6,20	6,42	184	171	184	1,09	4,50	-	27,4	26,7	20,2
7,5	6,75	6,21	6,41	184	171	184	0,86	4,45	-	27,3	26,7	20,2
8,0	6,66	6,23	6,4	184	171	184	0,86	4,48	-	27,3	26,7	20,2
8,5	6,60	6,24	6,38	184	171	184	0,69	4,21	-	27,3	26,7	20,1
9,0	6,55	6,25	6,18	184	171	184	0,44	4,25	-	27,2	26,7	20,1
9,5	6,49	6,27	6,17	184	171	184	0,11	4,10	-	27,2	26,7	20,1
10,0	6,32	6,28	6,15	184	171	184	0	4,36	-	27,0	26,7	20,1
10,5	6,28	6,29	6,16	185	171	183	0	4,48	-	27,0	26,7	20,1
11,0	6,25	6,30	6,16	185	171	183	0	4,11	-	26,9	26,7	20,1
11,5	6,22	6,33	6,14	186	171	183	0	4,19	-	26,9	26,7	20
12,0	6,20	6,34	6,1	187	171	180	0	4,30	-	26,8	26,7	19,8
12,5	6,18	6,34	6,04	188	171	180	0	4,27	-	26,7	26,7	19,7
13,0	6,17	6,34	5,99	189	171	179	0	4,43	-	26,7	26,7	19,6
13,5	6,16	6,35	5,96	189	171	179	0	4,43	-	26,6	26,7	19,6
14,0	6,15	6,35	5,93	190	172	178	0	4,08	-	26,6	26,7	19,6
14,5	6,15	6,35	5,9	191	172	177	0	3,82	-	26,5	26,7	19,5
15,0	6,15	6,35	5,87	192	172	177	0	3,58	-	26,4	26,6	19,4
15,5	6,14	6,35	5,85	193	172	177	0	3,44	-	26,4	26,6	19,4
16,0	6,15	6,36	5,84	193	172	176	0	3,61	-	26,4	26,6	19,4
16,5	6,15	6,36	5,83	193	172	176	0	3,61	-	26,4	26,6	19,4
17,0	6,15	6,36	5,78	193	172	175	0	3,57	-	26,4	26,6	19,3
17,5	6,15	6,36	5,76	194	172	175	0	3,63	-	26,4	26,6	19,3
18,0	6,15	6,36	5,75	194	172	175	0	3,69	-	26,4	26,6	19,2
18,5	6,15	6,36	5,73	194	172	174	0	3,62	-	26,4	26,6	19,2
19,0	6,15	6,37	5,71	194	172	174	0	3,65	-	26,4	26,6	19,2
19,5	6,16	6,37	5,7	194	172	174	0	3,57	-	26,4	26,6	19,2
20,0	6,16	6,37	5,69	194	172	174	0	3,58	-	26,4	26,6	19,2
20,5	6,16	6,38	5,67	194	172	174	0	3,78	-	26,4	26,6	19,2
21,0	6,16	6,38	5,66	194	172	174	0	3,82	-	26,4	26,6	19,2
21,5	6,17	6,39	5,64	194	172	174	0	3,82	-	26,4	26,6	19,2
22,0	6,17	6,39	5,63	194	172	174	0	3,67	-	26,4	26,6	19,2
22,5	6,18	6,39	5,61	194	172	174	0	3,92	-	26,4	26,6	19,2
23,0	6,17	6,39	5,6	195	172	174	0	3,53	-	26,3	26,6	19,1
23,5	6,18	6,40	5,6	195	172	174	0	3,82	-	26,3	26,6	19,1
24,0	6,25	6,40	5,54	195	172	187	0	3,83	-	26,3	26,6	19,2
24,5	6,29	6,40	5,35	195	172	193	0	3,91	-	26,3	26,6	19,2
25,0	6,35	6,40	5,33	195	172	193	0	3,29	-	26,3	26,6	19,2
25,5	6,30	6,41	5,32	195	172	193	0	3,62	-	26,3	26,6	19,2
26,0	6,25	6,21	5,31	196	265	193	0	3,11	-	26,3	26,6	19,2
26,5	6,22	6,28	5,3	196	265	194	0	2,24	-	26,3	26,6	19,2
27,0	6,21	6,36	5,29	197	265	194	0	1,62	-	26,3	26,6	19,2
27,5	6,15		5,29	200		194	0		-	26,3		19,2
28,0	6,16		5,26	201		194	0		-	26,3		19,2
28,5			5,25			194			-			19,2
29,0			5,25			194			-			19,2
29,5			5,24			195			-			19,2
30,0			5,24			195			-			19,2

- = não foi possível obter as medidas devido a problemas com o eletrodo

Tabela 1.8 – Medidas de pH, condutividade elétrica, concentração de oxigênio dissolvido e temperatura da água, realizadas *in situ*, de 0,5 em 0,5 m, utilizando o multisensor Horiba, modelo U10, no reservatório de Promissão, Médio rio Tietê, SP, nos dias 08 e 17/03/2006.

Prof. (m)	pH		Condutividade $\mu\text{S/cm}$		Oxigênio dissolvido mg/L		Temperatura $^{\circ}\text{C}$	
	08/03/06	17/03/06	08/03/06	17/03/06	08/03/06	17/03/06	08/03/06	17/03/06
0,0	6,41	5,90	181	179	2,82	6,12	27,8	27,8
0,5	6,81	6,61	182	179	2,81	6,03	27,6	27,8
1,0	7,09	7,08	182	179	2,78	5,80	27,4	27,8
1,5	7,20	7,42	182	179	2,73	6,05	27,3	27,8
2,0	7,48	7,62	182	179	2,66	5,95	27,3	27,9
2,5	7,67	7,57	182	179	2,66	5,86	27,2	27,9
3,0	7,77	7,66	182	179	2,52	5,98	27,2	27,9
3,5	7,82	7,74	182	179	2,43	6,10	27,2	27,9
4,0	7,86	7,79	182	179	2,36	5,87	27,2	27,9
4,5	7,86	7,84	182	179	2,26	5,69	27,2	27,9
5,0	7,86	7,86	182	179	2,20	5,73	27,2	27,9
5,5	7,86	7,88	182	179	2,28	5,77	27,2	27,9
6,0	7,88	7,89	182	179	2,35	5,86	27,2	27,9
6,5	7,89	7,86	182	179	2,28	5,63	27,2	27,9
7,0	7,89	7,82	182	178	2,30	5,38	27,2	27,9
7,5	7,91	7,83	182	178	2,40	5,45	27,2	27,9
8,0	7,91	7,82	182	179	2,29	5,41	27,2	27,8
8,5	7,90	7,82	182	179	2,14	5,42	27,2	27,8
9,0	7,88	7,81	182	179	2,14	5,34	27,2	27,8
9,5	7,88	7,81	182	179	2,11	5,48	27,2	27,8
10,0	7,87	7,80	182	179	2,07	5,35	27,2	27,8
10,5	7,86	7,81	183	179	2,09	5,30	27,2	27,8
11,0	7,84	7,81	183	179	1,94	5,46	27,2	27,8
11,5	7,83	7,81	183	179	1,94	5,35	27,2	27,8
12,0	7,79	7,81	184	179	1,60	5,30	27,2	27,8
12,5	7,75	7,81	184	179	1,49	4,99	27,2	27,8
13,0	7,69	7,79	185	179	1,23	4,99	27,2	27,8
13,5	7,63	7,77	185	179	0,87	4,93	27,2	27,8
14,0	7,48	7,76	189	180	0,54	4,94	27,1	27,8
14,5	7,38	7,75	189	180	0	4,78	27,1	27,8
15,0	7,31	7,73	189	180	0	4,26	27,0	27,8
15,5	7,24	7,63	190	181	0	2,59	27,0	27,6
16,0	7,17	7,50	190	181	0	2,16	27,0	27,5
16,5	7,10	7,40	191	181	0	1,67	27,0	27,5
17,0	7,06	7,32	191	180	0	0,60	27,0	27,3
17,5	7,04	7,24	191	180	0	0,15	26,9	27,2
18,0	7,01	7,18	192	180	0	0,07	26,9	27,2
18,5	6,98	7,12	192	180	0	0	26,9	27,2
19,0	6,96	7,08	192	181	0	0	26,9	27,2
19,5	6,93	7,04	192	181	0	0	26,8	27,2
20,0	6,91	7,00	192	180	0	0	26,8	27,1
20,5	6,89	6,97	191	180	0	0	26,7	27,1
21,0	6,85	6,95	189	180	0	0	26,6	27,1
21,5	6,82	6,93	189	180	0	0	26,6	27,1
22,0	6,78	6,91	189	180	0	0	26,6	27,1
22,5	6,75	6,89	189	180	0	0	26,6	27,1
23,0	6,73	6,87	188	180	0	0	26,6	27,1
23,5	6,72		188		0		26,6	
24,0	6,71		188		0		26,6	
24,5	6,69		187		0		26,5	
25,0	6,66		185		0		26,5	
25,5	6,64		185		0		26,4	
26,0	6,62		185		0		26,4	
26,5	6,61		185		0		26,4	
27,0	6,60		185		0		26,4	
27,5	6,60		185		0		26,4	
28,0	6,59		185		0		26,4	

Tabela 1.9 – Distribuição e densidade (ind/mL) dos táxons das classes da comunidade fitoplanctônica para amostras coletadas em diferentes profundidades no reservatório de Barra Bonita, Médio rio Tietê, SP, no dia 03/03/2006. (continua...)

profundidade	0 m	5 m	10 m	15 m	20 m	25 m	Total
Cyanophyceae	5218	967	969	288	205	217	7864
<i>Anabaena</i> sp.						3	3
<i>Aphanocapsa</i> sp.	143	84	96		24	10	357
<i>Aphanocapsa</i> sp.2				6			6
<i>Aphanothece</i> sp.	8			6			14
células livres de <i>Microcystis</i> spp.	2105	316	288	51		3	2763
<i>Chroococcus minimus</i>	98	90	32	39	12		271
<i>Chroococcus minutus</i>		13	8			14	35
<i>Coelomorion</i> sp.	75	71	96	11	24	41	318
<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>	45	6		62	78	78	269
<i>Geitlerinema unigranulatum</i>	53	13	48	62	12	14	202
<i>Merismopedia tenuissima</i>		6		6			12
<i>Microcystis aeruginosa</i>	226	45	56				327
<i>Microcystis panniformis</i>	30	6		11			47
<i>Microcystis protocystis</i>	15	13					28
<i>Phormidium</i> sp.			8		6	3	17
<i>Planktothrix</i> sp.	165	64	56	28	42	51	406
<i>Pseudanabaena mucicola</i>	2255	238	280	6	6		2785
Bacillariophyceae	346	245	2266	169	48	34	3108
<i>Aulacoseira ambigua</i> var. <i>spiralis</i>			8	6			14
<i>Aulacoseira granulata</i>	83	148	2106	96	30	20	2483
<i>Cocconeis</i> sp.			8				8
<i>Cyclotella</i> sp.	15	39	40	23	18	3	138
<i>Gomphonema</i> sp.						3	3
<i>Navicula</i> spp	248	58	80	45		3	434
<i>Rizosolenia</i> sp.						3	3
<i>Thalassiosira</i> sp.			24				24
Cryptophyceae	83	26	32	17		10	168
<i>Cryptomonas</i> sp.	83	26	32	17		10	168
<i>Euglenophyceae</i>	30			23	18	3	74
<i>Trachelomonas volvocina</i>	30			23	18	3	74
Chrysophyceae	15						15
<i>Mallomonas</i> sp.	15						15
Conjugatophyceae		6	72		6		84
<i>Staurostrum leptocladum</i>			32				32
<i>Staurostrum</i> sp.		6	40		6		52

Tabela 1.9 – (...conclusão) Distribuição e densidade (ind/mL) dos táxons das classes da comunidade fitoplanctônica para amostras coletadas em diferentes profundidades no reservatório de Barra Bonita, Médio rio Tietê, SP, no dia 03/03/2006.

profundidade	0 m	5 m	10 m	15 m	20 m	25 m	Total
Chlorophyceae	474	238	456	344	90	47	1649
<i>Actinastrum hantzschii</i>	83	135	136	90	18	10	472
<i>Chlamydomonas</i> sp.						3	3
<i>Coelastrum astroideum</i>				6			6
<i>Crucigenia tetrapedia</i>						3	3
<i>Crucigeniella rectangularis</i>	30						30
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>		13	24	147	48	7	239
<i>Dictyosphaerium tetrachotomun</i>		6	8				14
<i>Eutetramorus fotii</i>		6	144				150
<i>Golenkinia radiata</i>		6	40				46
<i>Kirchneriella contorta</i> var. <i>elongata</i>	23	32	24	11		3	93
<i>Micractinium pusillum</i>	23	26	16	34	18	10	127
<i>Monoraphidium</i> sp.	263	6	8	17		7	301
<i>Oocystis</i> sp.	15			6			21
<i>Pediastrum duplex</i>			8				8
<i>Scenedesmus acuminatus</i>	8						8
<i>Schroederia indica</i>	15	6	32	34	6	3	96
<i>Sphaerocystis</i> sp.	15		16				31
Total	6166	1482	3795	841	367	311	12962

Tabela 1.10 – Distribuição e densidade (ind/mL) dos táxons das classes da comunidade fitoplanctônica para amostras coletadas em diferentes profundidades no reservatório de Barra Bonita, Médio rio Tietê, SP, no dia 14/03/2006.

profundidade	0 m	5 m	10 m	15 m	20 m	25 m	Total
Cyanophyceae	4097	586	1000	1692	1225	1259	9859
<i>Aphanocapsa</i> sp.1		6	12	8	8		34
<i>Aphanocapsa</i> sp.2			12		8		20
células livres de <i>Microcystis</i> spp.	3181	186	300	1045	782	880	6374
<i>Chroococcus minimus</i>	33	34	41	15		14	137
<i>Coelomonon</i> sp.	17	23	29				69
<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>	133	56	53	38	38	101	419
<i>Geitlerinema unigranulatum</i>	25	39	59	113	23	34	292
<i>Merismopedia glauca</i>						7	7
<i>Microcystis aeruginosa</i>			35		8	7	50
<i>Microcystis panniformis</i>			6				6
<i>Microcystis protocystis</i>	33	6					39
<i>Planktothrix</i> sp.	58	17	35	45	53	34	242
<i>Pseudanabaena mucicola</i>	608	220	418	429	308	183	2165
<i>Sphaerocavum brasiliense</i>	8						8
Bacillariophyceae	316	474	329	451	564	338	2473
<i>Aulacoseira ambigua</i>		6					6
<i>Aulacoseira ambigua</i> var. <i>spiralis</i>	17			8	23	7	55
<i>Aulacoseira granulata</i>	242	400	177	293	391	189	1692
<i>Cyclotella</i> sp.	17	23	47	30	83	14	213
<i>Navicula</i> spp	42	45	106	120	68	129	509
Chlorophyceae	192	68	118	195	98	129	799
<i>Actinastrum hantzschii</i>	8		12		8	14	42
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	75	39	29	38	30	27	239
<i>Dictyosphaerium tetrachotomum</i>						7	7
<i>Kirchneriella contorta</i> var. <i>elongata</i>	17		6	23	8	7	59
<i>Micractinium pusillum</i>	67	28	47	98	38	20	298
<i>Monoraphidium</i> sp.	8		18	30	8	54	118
<i>Mougeotia</i> sp.				8	8		16
<i>Schroederia indica</i>	17		6				23
Cryptophyceae	25	6	35	23	15		104
<i>Cryptomonas</i> sp.	25	6	35	23	15		104
Euglenophyceae	25	28	12	30		14	109
<i>Trachelomonas volvocina</i>	25	28	12	30		14	109
Conjugatophyceae				8	8	7	23
<i>Staurostrum</i> sp.				8	8	7	23
Total	4655	1162	1494	2398	1910	1746	13365

Tabela 1.11 – Distribuição e densidade (ind/mL) dos táxons, por classes da comunidade fitoplancônica para amostras coletadas em diferentes profundidades no reservatório de Barra Bonita, Médio rio Tietê, SP, no dia 15/07/2006. (continua...)

profundidade	0 m	5 m	10 m	15 m	20 m	25 m	Total
Cyanophyceae	340	289	343	62	63	45	1142
<i>Anabaena</i> sp.		60	10				70
<i>Anabaena spiroides</i>	4	20					24
<i>Aphanothece</i> sp.	117	46	162	26	50	24	425
<i>Chroococcus</i> sp.				2	6	2	10
<i>Cylindrospermopsis</i> sp.				9		2	11
<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>					2		2
<i>Geitlerinema</i> sp.				2	2		4
<i>Merismopedia</i> sp.				9			9
<i>Microcystis aeruginosa</i>	15	18	30				63
<i>Microcystis</i> sp.	74	100	60	6	2	11	253
<i>Microcystis robusta</i>	4	6					10
<i>Oscillatoria</i> sp.				2		6	8
<i>Planktothrix</i> sp.				2			2
<i>Pseudanabaena</i> sp.	126	38	80	4			248
Bacillariophyceae	14	6	80	88	119	191	498
<i>Aulacoseira ambigua</i>				4		35	39
<i>Aulacoseira distans</i>				2			2
<i>Aulacoseira granulata</i>				11	9	39	59
<i>Aulacoseira</i> sp.	6	2	42	22	54	65	192
<i>Centritractus</i> sp.			16	6	2		24
<i>Cyclotella meneghiniana</i>				7	15	13	35
<i>Cyclotella</i> sp.	6		16	19	26	24	91
<i>Cyclotella stelligera</i>				6	2	9	17
<i>Pinnularia</i> sp.		2	6	4	6	4	22
<i>Synedra</i> sp.	2	2		7	4	2	17
Chlorophyceae	95	56	64	67	30	17	329
<i>Actinastrum</i> sp.					2		2
<i>Ankistrodesmus</i> sp.	22	14	28	4	2		70
<i>Asterococcus</i> sp.		10	22				32
<i>Botryococcus</i> sp.	2	2		2		2	8
<i>Chlorella</i> sp.	58	14	4	21	4	2	104
<i>Monoraphidium longiusculum</i>	4			4	6	2	16
<i>Monoraphidium minutum</i>					2		2
<i>Monoraphidium</i> sp.	2		2	9		2	15
<i>Oocystis</i> sp.		8	2	21	9		39
<i>Pediastrum</i> sp.	2			2		2	6
<i>Pediastrum duplex</i>				2		2	4
<i>Scenedesmus quadricauda</i>				4		2	6
<i>Scenedesmus</i> sp.	4		4		2		10
<i>Schroederia</i> sp.			2				2
<i>Treubaria</i> sp.		8			2	2	12
Chrysophyceae	2			2	4		8
<i>Mallomonas</i> sp.	2			2	4		8
Conjugatophyceae	4			2	2		8
<i>Staurostrum</i> sp.				2	2		4
<i>Staurostrum volans</i>	4						4
Euglenophyceae	2						2
<i>Trachelomonas</i> sp.	2						2

Tabela 1.11 – (...conclusão) Distribuição e densidade (ind/mL) dos táxons, por classes da comunidade fitoplanctônica para amostras coletadas em diferentes profundidades no reservatório de Barra Bonita, Médio rio Tietê, SP, no dia 15/07/2006.

profundidade	0 m	5 m	10 m	15 m	20 m	25 m	Total
Xanthophyceae	6						6
<i>Centritractus</i> sp.	6						6
Total	466	351	487	220	218	253	1995

Tabela 1.12 – Distribuição e densidade (ind/mL) dos táxons das classes da comunidade fitoplanctônica para amostras coletadas em diferentes profundidades no reservatório de Promissão, Médio rio Tietê, SP, no dia 08/03/2006.

profundidade	0 m	5 m	10 m	15 m	20 m	25 m	Total
Cyanophyceae	2825	6575	5174	1969	2219	595	19357
<i>Aphanocapsa</i> sp.1				7			7
<i>Aphanothece</i> sp.		14			9	43	67
células livres de <i>Microcystis</i> spp.	2458	5918	4768	1705	1777	384	17011
<i>Chroococcus minimus</i>				14	18	11	42
<i>Coelomoron</i> sp.		22		7			28
<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>	17	22	31		27		97
<i>Geitlerinema unigranulatum</i>	28	318	177	142	171	103	939
<i>Merismopedia glauca</i>		7					7
<i>Merismopedia tenuissima</i>				20	36		56
<i>Microcystis aeruginosa</i>	135	51	62		27		275
<i>Phormidium</i> sp.						11	11
<i>Planktothrix</i> sp.	17				9		26
<i>Pseudanabaena mucicola</i>	169	224	135	74	144	43	790
Bacillariophyceae	17	7				5	29
<i>Gomphonema</i> sp.		7					7
<i>Navicula</i> spp.	17					5	22
Chlorophyceae	17					43	60
<i>Elakatothrix</i> sp.						43	43
<i>Monoraphidium</i> sp.	6						6
<i>Schroederia indica</i>	11						11
Cryptophyceae	23				9	43	75
<i>Cryptomonas</i> sp.	23				9	43	75
Euglenophyceae	11						11
<i>Trachelomonas volvocina</i>	11						11
Total	2893	6582	5174	1969	2228	687	19532

Tabela 1.13 – Distribuição e densidade (ind/mL) dos táxons das classes da comunidade fitoplanctônica para amostras coletadas em diferentes profundidades no reservatório de Promissão, Médio rio Tietê, SP, no dia 17/03/2006.

profundidade	0 m	5 m	10 m	15 m	20 m	Total
Cyanophyceae	10070	8571	5362	4893	1931	30827
<i>Aphanocapsa</i> sp.1	45	56				101
<i>Aphanothece</i> sp.	11	11				23
células livres de <i>Microcystis</i> spp.	8480	7138	4626	4291	1471	26007
<i>Chroococcus minimus</i>	11			12		23
<i>Coelomoron</i> sp.					27	27
<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>	113	101	17	58	153	442
<i>Geitlerinema unigranulatum</i>	361	474	152	254	126	1368
<i>Merismopsedia tenuissima</i>		56	17	12	36	121
<i>Microcystis aeruginosa</i>	169	214	85	12		480
<i>Microcystis panniformis</i>				12		12
<i>Pseudanabaena mucicola</i>	880	485	296	104	27	1792
<i>Pseudanabaena</i> sp.		34	169	139	90	432
Bacillariophyceae	68		25	12	18	123
<i>Aulacoseira granulata</i>	45		8			54
<i>Cyclotella</i> sp.			17			17
<i>Fragilaria</i> sp.					18	18
<i>Gomphonema</i> sp.	11					11
<i>Navicula</i> spp	11			12		23
Chlorophyceae	11	135	42	12	9	209
<i>Actinastrum hantzschii</i>	11	11				23
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>		79	42	12		133
<i>Oocystis</i> sp.		45			9	54
Cryptophyceae	11	23	17		9	60
<i>Cryptomonas</i> sp.	11	23	17		9	60
Euglenophyceae	11	23	42	35	9	120
<i>Trachelomonas armata</i>					9	9
<i>Trachelomonas volvocina</i>	11	23	42	35		111
Conjugatophyceae			8		18	26
<i>Staurastrum</i> sp.			8		18	26
Total	10172	8751	5498	4950	1994	31366

APÊNDICE B

Valores brutos e análises estatísticas dos testes de toxicidade com os cladóceros *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* expostos à água e aos extratos brutos de florações de cianobactérias oriundas dos reservatórios de Barra Bonita e Promissão

Tabela 2.6 – Valores da concentração efetiva mediana – CE50;48h de cloreto de sódio (NaCl) obtidos nos testes de sensibilidade para os dafnídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* (Crustacea, Cladocera).

Número do teste	CE50;48h (intervalo de confiança) g/L	
	<i>C. dubia</i>	<i>C. silvestrii</i>
1	1,45 (1,36 – 1,54)	1,36 (1,26 – 1,48)
2	1,40 (1,29 – 1,51)	1,03 (0,95 – 1,12)
3	1,15 (1,05 – 1,27)	1,29 (1,17 – 1,43)
4	1,14 (1,01 – 1,27)	0,96 (0,87 – 1,06)
5	1,35 (1,25 – 1,46)	1,23 (1,13 – 1,34)
6	1,39 (1,29 – 1,49)	0,87 (0,80 – 0,94)
7	1,32 (1,24 – 1,40)	1,20 (1,10 – 1,31)
8	1,61 (1,46 – 1,78)	1,09 (0,99 – 1,20)
9	1,25 (1,13 – 1,38)	0,94 (0,84 – 1,05)
10	1,43 (1,26 – 1,62)	1,34 (1,28 – 1,41)
11	-	1,12 (1,00 – 1,24)
12	-	0,89 (0,77 – 1,02)
Média (g/L)	1,35	1,11
Desvio-padrão (DP)	0,143	0,174
Coeficiente de variação (CV) (%)	10,6	15,7
Faixa de sensibilidade (g/L)	1,06 – 1,64	0,76 – 1,46

Tabela 2.7 – Percentagem de imobilidade para os dafnídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* (Crustacea, Cladocera) expostos a amostras de água de diferentes profundidades coletadas no reservatório de Barra Bonita, Médio Tietê, SP, durante florações de cianobactérias, e valores de pH, condutividade elétrica e dureza monitorados durante o teste de toxicidade aguda (48 horas).

Material: Barra Bonita 03/03/06						Data início: 04/03/06					Data término: 06/03/06					
Organismos-teste	<i>C.dubia</i>					<i>C.silvestrii</i>					pH		Condutividade $\mu\text{S}/\text{cm}$		Dureza mgCaCO_3/L	
amostras	1	2	3	total	%	1	2	3	total	%	i	f	inicial	final	inicial	final
controle	0/5	0/5	0/5	0/15	0	0/5	0/5	0/5	0/15	0	7,29	7,88	142,2	-	44	-
0 m	0/5	1/5	1/5	2/15	13,3	1/5	0/5	0/5	1/15	6,7	8,88	8,11	160,6	162,0	42	44
5 m	4/5	-	3/5	7/10	70*	-	3/5	5/5	8/10	80*	6,89	7,54	165,6	168,6	48	40
10 m	1/5	2/5	1/5	4/15	26,7*	1/5	4/5	3/5	8/15	53,3*	6,93	7,52	166,9	167,8	48	46
15 m	0/5	1/5	1/5	2/15	13,3	0/5	0/5	0/5	0/15	0	7,16	7,66	166,0	167,4	48	44
20 m	2/5	2/5	1/5	5/15	33,3*	1/5	1/5	0/5	2/15	13,3	7,02	7,50	177,0	162,4	48	44
25 m	1/5	0/5	1/5	2/15	13,3	0/5	1/5	0/5	1/15	6,7	7,76	7,86	176,1	166,0	48	46

Material: Barra Bonita 14/03/06						Data início: 16/03/06					Data término: 18/03/06					
Organismos-teste	<i>C.dubia</i>					<i>C.silvestrii</i>					pH		Condutividade $\mu\text{S}/\text{cm}$		Dureza mgCaCO_3/L	
amostras	1	2	3	4	total	%	1	2	3	4	total	%	i	f	i	f
Controle	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,32	7,85	136,9	-
0 m	3/5	4/5	4/5	4/5	15/20	75*	4/5	4/5	4/5	2/5	14/20	70*	7,55	7,84	145,2	150,5
5 m	4/5	1/5	4/5	3/5	12/20	60*	1/5	2/5	3/5	2/5	8/20	40*	7,60	7,86	155,4	151,1
10 m	2/5	2/5	2/5	2/5	8/20	40*	5/10	2/5	4/5	4/5	15/25	60*	7,40	7,87	151,7	151,3
15 m	2/5	1/5	2/5	3/5	8/20	40*	2/5	4/5	3/5	4/5	13/20	65*	7,47	7,94	151,5	149,6
20 m	2/5	1/5	1/5	1/5	5/20	25*	2/5	2/5	2/5	2/5	8/20	40*	7,48	7,75	158,1	151,5
25 m	1/5	2/5	2/5	1/5	6/20	30*	1/5	2/5	3/5	2/5	8/20	40*	7,68	7,89	151,7	153,4

*amostras tóxicas: diferença significativa em relação ao controle pelo teste de Fisher ($p = 0,05$)

Tabela 2.8 – Percentagem de imobilidade para os dafnídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* (Crustacea, Cladocera) expostos a amostras de água de diferentes profundidades coletadas no reservatório de Barra Bonita, Médio Tietê, SP, durante florações de cianobactérias, e valores de pH, condutividade elétrica e dureza monitorados durante o teste de toxicidade aguda (48 horas).

Material: Barra Bonita 15/07/06					Data início: 23/07/06					Data término: 25/07/06						
Organismos-teste		<i>C.dubia</i>			<i>C.silvestrii</i>					pH		Condutividade $\mu\text{S}/\text{cm}$		Dureza mgCaCO_3/L		
amostras	1	2	3	total	%	1	2	3	total	%	i	f	inicial	final	inicial	final
controle	0/5	1/5	0/5	1/15	6,67	0/5	0/5	0/5	0/15	0	7,40	-	-	264	44	64
0 m	1/5	0/5	1/5	2/15	13,33	0/5	0/5	0/5	0/15	0	8,04	7,62	243	251	48	-
5 m	0/5	0/5	1/5	1/15	6,67	1/5	0/5	0/5	1/15	6,67	7,94	7,60	243	243	48	46
10 m	0/5	0/5	1/5	1/15	6,67	0/5	0/5	0/5	0/15	0	7,97	7,61	238	248	50	48
15 m	0/5	0/5	0/5	0/15	0	0/5	0/5	0/5	0/15	0	7,93	7,65	235	240	48	48
20 m	0/5	0/5	0/5	0/15	0	0/5	0/5	0/5	0/15	0	7,91	7,67	222	235	50	-
25 m	0/5	2/5	0/5	2/15	13,33	1/5	1/5	0/5	2/15	13,33	7,87	7,80	231	237	48	48

Tabela 2.9 – Percentagem de imobilidade para os dafinídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* (Crustacea, Cladocera) expostos a amostras de água de diferentes profundidades coletadas no reservatório de Promissão, Médio Tietê, SP, durante florações de cianobactérias, e valores de pH, condutividade elétrica e dureza monitorados durante o teste de toxicidade aguda (48 horas).

Material: Promissão 08/03/06						Data início: 10/03/06					Data término: 12/03/06					
Organismos-teste		<i>C.dubia</i>				<i>C.silvestrii</i>					pH		Condutividade $\mu\text{S}/\text{cm}$		Dureza mgCaCO_3/L	
amostras	1	2	3	total	%	1	2	3	total	%	i	f	inicial	final	inicial	final
controle	0/5	0/5	0/5	0/15	0	1/5	0/5	0/5	1/15	6,67	7,20	7,88	138,9	-	44	44
0 m	0/5	0/5	0/5	0/15	0	0/5	0/5	0/5	0/15	0	8,44	8,19	171,2	163,6	40	42
5 m	0/5	0/5	0/5	0/15	0	0/5	0/5	0/5	0/15	0	8,51	8,20	162,1	158,4	42	44
10 m	0/5	0/5	0/5	0/15	0	0/5	0/5	0/5	0/15	0	8,47	8,21	164,2	156,1	40	42
15 m	0/5	0/5	0/5	0/15	0	0/5	0/5	0/5	0/15	0	8,09	8,16	167,3	164,9	44	42
20 m	0/5	0/5	0/5	0/15	0	0/5	0/5	0/5	0/15	0	7,84	8,14	168,0	165,6	44	42
25 m	0/5	0/5	0/5	0/15	0	0/5	0/5	0/5	0/15	0	7,82	8,10	169,1	158,3	44	44

Material: Promissão 17/03/06						Data início: 19/03/06						Data término: 21/03/06						
Organismos-teste		<i>C.dubia</i>					<i>C.silvestrii</i>					pH		Condutividade $\mu\text{S}/\text{cm}$		Dureza mgCaCO_3/L		
amostras	1	2	3	4	total	%	1	2	3	4	total	%	i	f	i	f	i	f
Controle	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,62	7,93	136,8	-	42	44
0 m	2/5	1/5	1/5	2/5	6/20	30*	2/5	2/5	0/5	1/5	5/20	25*	8,89	8,12	177,6	158,0	40	42
5 m	1/5	2/5	1/5	1/5	5/20	25*	1/5	1/5	3/5	0/5	5/20	25*	8,82	8,11	162,7	156,2	42	-
10 m	2/5	1/5	0/5	1/5	4/20	20	1/5	1/5	0/5	1/5	3/20	15	8,69	8,06	161,6	151,2	42	40
15 m	1/5	1/5	2/5	2/5	6/20	30*	1/5	0/5	1/5	2/5	4/20	20	8,13	8,05	162,0	153,2	40	-
20 m	0/5	0/5	0/5	1/5	1/20	5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,56	8,03	160,3	156,6	42	42

*amostras tóxicas: diferença significativa em relação ao controle pelo teste de Fisher ($p = 0,05$)

Tabela 2.10 – Percentagem de imobilidade e valores de CE50;24h e 48h para os dafnídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* (Crustacea, Cladocera) expostos a diferentes concentrações de extrato bruto de floração de cianobactérias coletada em 03/03/06 no reservatório de Barra Bonita, Médio rio Tietê, SP, e valores de pH, condutividade elétrica e dureza monitorados durante o teste de toxicidade aguda.

Material: Barra Bonita 03/03/06		Solução-estoque: 1 g/L												Concentração microcistinas: -					
Teste: preliminar		Data início: 25/04/06												Data término: 27/04/06					
concentrações	h	Organismos-teste												Características					
		<i>C.dubia</i>						<i>C.silvestrii</i>						pH		Condutivid μS/cm		Dureza mgCaCO ₃ /L	
		1	2	3	4	total	%	1	2	3	4	total	%	i	CD	CS	CD	CS	Final
Controle	24	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,6	7,8	-	176	-	42
	48	1/5	0/5	0/5	0/5	1/20	5	0/5	2/5	0/5	1/5	3/20	15*						
62,5 mg/L	24	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,4	6,8	6,9	187	179	42
	48	1/5	0/5	0/5	0/5	1/20	5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0						
125 mg/L	24	0/5	1/5	0/5	0/5	1/20	5	0/5	-	0/5	0/5	0/15	0	7,2	6,3	6,6	177	172	40
	48	1/5	1/5	0/5	0/5	2/20	10	0/5	-	0/5	0/5	0/15	0						
250 mg/L	24	1/5	3/5	0/5	2/5	6/20	30	1/5	1/5	1/5	2/5	5/20	25	7,1	6,2	6,2	168	170	36
	48	5/5	5/5	4/5	4/5	18/20	90	5/5	5/5	3/5	5/5	18/20	90						
500 mg/L	24	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	100	5/5	4/5	5/5	5/5	19/20	95	6,6	5,7	5,6	154	154	32
	48							5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	100						
1000 mg/L	24	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	100	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	100	-	5,1	-	104	105	20
	48																		
CE50 (IC 95%)	24	277,39 (237,02 – 324,65)								307,79 (264,84 – 357,69)									
mg/L	48	175,08 (151,85 – 201,86)								189,46 (172,64 – 207,93)									

*resultado invalidado, pois a imobilidade excedeu 10% no controle (ABNT, 2004)

Tabela 2.11 – Percentagem de imobilidade e valores de CE50;24h e 48h para os dafnídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* (Crustacea, Cladocera) expostos a diferentes concentrações de extrato bruto de floração de cianobactérias coletada em 03/03/06 no reservatório de Barra Bonita, Médio rio Tietê, SP, e valores de pH, condutividade elétrica e dureza monitorados durante o teste de toxicidade aguda.

Concentrações	h	Organismos-teste												Características						
		<i>C.dubia</i>						<i>C.silvestrii</i>						pH			Condutividade μS/cm			Dureza mgCaCO ₃ /L
		1	2	3	4	total	%	1	2	3	4	total	%	i	CD	CS	i	CD	CS	final
Controle	24	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,4	7,7	7,7	172	182	165	46
	48	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	0/5	1/5	1/5	1/5	3/20	15*							
50 mg/L	24	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,5	7,2	7,1	171	182	182	-
	48	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0							
100 mg/L	24	1/5	0/5	0/5	1/5	2/20	10	1/5	0/5	0/5	0/5	1/20	5	7,5	7,0	7,0	166	169	182	-
	48	1/5	1/5	2/5	5/5	9/20	45	2/5	2/5	0/5	1/5	5/20	25							
200 mg/L	24	1/5	2/5	0/5	3/5	6/20	30	3/5	2/5	3/5	3/5	11/20	55	7,4	6,8	6,8	172	185	191	-
	48	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	100	5/5	3/5	4/5	5/5	17/20	85							
400 mg/L	24	3/5	5/5	5/5	4/5	17/20	85	4/5	5/5	4/5	3/5	16/20	80	7,2	6,6	6,5	166	184	189	-
	48	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	100	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	100							
800 mg/L	24	5/5	5/5	4/5	5/5	19/20	95	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	100	6,8	5,7	5,9	164	184	184	-
	48	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	100													
CE50 (IC 95%)	24	244,81 (195,92 – 305,90)						214,35 (173,91 – 264,21)						Material: Barra Bonita			Data de coleta: 03/03/06			
mg/L	48	103,53 (88,73 – 120,79)						151,57 (129,81 – 176,98)						Teste: definitivo 1			Solução-estoque: 2 g/L			
Sensibilidade NaCl														Data início: 24/06/06			Data término: 26/06/06			
CE50;48h (IC 95%) g/L														Concentração microcistinas: -						

*resultado invalidado, pois a imobilidade excedeu 10% no controle (ABNT, 2004)

Tabela 2.12 – Percentagem de imobilidade e valores de CE50;24h e 48h para os daftnídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* (Crustacea, Cladocera) expostos a diferentes concentrações de extrato bruto de floração de cianobactérias coletada em 03/03/06 no reservatório de Barra Bonita, Médio rio Tietê, SP, e valores de pH, condutividade elétrica e dureza monitorados durante o teste de toxicidade aguda.

		Organismos-teste												Características						
Concentrações	h	<i>C.dubia</i>						<i>C.silvestrii</i>						pH			Condutividade µS/cm			Dureza mgCaCO ₃ /L
		1	2	3	4	total	%	1	2	3	4	total	%	i	CD	CS	i	CD	CS	final
Controle	24	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,3	7,7	7,8	177	162	162	44
	48	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0							
50 mg/L	24	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,3	7,3	7,4	172	177	179	48
	48	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	0/5	1/5	0/5	1/5	2/20	10							
100 mg/L	24	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,3	7,2	7,2	170	181	178	46
	48	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	1/5	2/5	2/5	1/5	6/20	30							
200 mg/L	24	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	1/5	1/5	0/5	0/5	2/20	10	7,3	6,8	6,8	167	181	184	48
	48	5/5	5/5	2/5	3/5	15/20	75	4/5	5/5	5/5	5/5	19/20	95							
400 mg/L	24	3/5	4/5	5/5	2/5	14/20	70	5/5	5/5	5/5	4/5	19/20	95	7,1	6,7	6,7	165	184	178	46
	48	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	100	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	100							
800 mg/L	24	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	100	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	100	6,8	6,5	6,4	157	179	170	46
	48																			
CE50 (IC 95%)	24	348,22 (302,11 – 401,37)						273,21 (243,54 – 306,49)						Material: Barra Bonita			Data de coleta: 03/03/06			
mg/L	48	168,18 (147,05 – 192,34)						116,57 (96,42 – 140,93)						Teste: definitivo 2			Solução-estoque: 2 g/L			
Sensibilidade NaCl		1,40 (1,29 – 1,51)						1,03 (0,95 – 1,12)						Data início: 28/06/06			Data término: 30/06/06			
CE50;48h (IC 95%) g/L														Concentração microcistinas: -						

Tabela 2.13 – Percentagem de imobilidade e valores de CE50;24h e 48h para os dafinídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* (Crustacea, Cladocera) expostos a diferentes concentrações de extrato bruto de floração de cianobactérias coletada em 03/03/06 no reservatório de Barra Bonita, Médio rio Tietê, SP, e valores de pH, condutividade elétrica e dureza monitorados durante o teste de toxicidade aguda.

		Organismos-teste												Características							
Concentrações	h	<i>C.dubia</i>						<i>C.silvestrii</i>						pH			Condutividade µS/cm			Dureza mgCaCO ₃ /L	
		1	2	3	4	total	%	1	2	3	4	total	%	i	CD	CS	i	CD	CS	final	
Controle	24	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,6	7,8	7,8	160	180	184	48	
	48	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0								
50 mg/L	24	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,5	7,4	7,3	177	184	183	44	
	48	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	0/5	0/5	0/5	2/5	2/20	10								
100 mg/L	24	0/5	0/5	1/5	0/5	1/20	5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,4	7,2	7,2	182	190	191	46	
	48	3/5	2/5	2/5	2/5	9/20	45	0/5	0/5	0/5	3/5	3/20	15								
200 mg/L	24	3/5	1/5	2/5	3/5	9/20	45	1/5	2/5	3/5	2/5	8/20	40	7,3	6,9	6,9	175	192	181	44	
	48	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	100	5/5	5/5	4/5	4/5	18/20	90								
400 mg/L	24	5/5	5/5	5/5	4/5	19/20	95	4/5	2/5	2/5	5/5	13/20	65	7,2	6,6	6,6	170	198	192	42	
	48	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	100	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	100								
800 mg/L	24	5/5	4/5	4/5	5/5	18/20	90	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	100	6,9	6,0	-	169	190	196	44	
	48	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	100														
CE50 (IC 95%)	24	208,74 (171,08 – 254,69)						273,21 (221,03 – 337,71)						Material: Barra Bonita			Data de coleta: 03/03/06				
mg/L	48	103,53 (88,73 – 120,79)						135,43 (115,29 – 159,07)						Teste: definitivo 3			Solução-estoque: 2 g/L				
Sensibilidade NaCl		1,14 (1,01 – 1,27)						0,87 (0,80 – 0,94)						Data início: 03/08/06			Data término: 05/08/06				
CE50;48h (IC 95%) g/L														Concentração microcistinas: 1194,84 µg/L							

Tabela 2.14 – Percentagem de imobilidade e valores de CE50;24h e 48h (mg/L) para o dafnídeo *Ceriodaphnia silvestrii* (Crustacea, Cladocera) exposto a extrato bruto de floração de cianobactérias coletada em 03/03/06 no reservatório de Barra Bonita, Médio rio Tietê, SP, e valores de pH, condutividade elétrica e dureza monitorados durante o teste de toxicidade aguda.

concentrações	1		2		3		Total org.		%		pH		Condutividade		Dureza
							imóveis		imobilidade				μS/cm		mgCaCO ₃ /L
	24h	48h	24h	48h	24h	48h	24h	48h	24h	48h	i	f	i	f	final
Controle	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/15	0/15	0	0	7,38	-	175,3	-	42
50 mg/L	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	1/5	0/15	1/15	0	6,67	7,53	7,04	177,7	182,6	-
100 mg/L	0/5	0/5	0/5	0/5	1/5	1/5	1/15	1/15	6,67	6,67	7,36	6,93	173,8	189,0	-
200 mg/L	5/5	5/5	3/5	5/5	5/5	5/5	13/15	15/15	86,67	100	7,37	6,75	172,9	184,1	-
400 mg/L	4/5	5/5	0/5	5/5	1/5	5/5	5/15	15/15	33,33	100	7,17	6,62	171,1	189,9	-
800 mg/L	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5	15/15	15/15	100	100	6,68	5,76	166,9	180,1	-
CE50;24h (IC 95%) mg/L				235,11 (187,48 – 294,84)				Organismo-teste: <i>C. silvestrii</i>				Teste: definitivo 4			
CE50;48h (IC 95%) mg/L				137,96 (–)				Material: Barra Bonita				Data de coleta: 03/03/06			
Sensibilidade NaCl CE50;48h				1,20 (1,10 – 1,31)				Data início: 10/08/06				Data término: 12/08/06			
(IC 95%) g/L								Solução-estoque: 2000 mg/L				Concentração microcistinas: -			

Tabela 2.15 – Percentagem de imobilidade e valores de CE50;24h e 48h para os dafinídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* (Crustacea, Cladocera) expostos a diferentes concentrações de extrato bruto de floração de cianobactérias, coletada em 14/03/06 no reservatório de Barra Bonita, Médio rio Tietê, SP, e valores de pH, condutividade elétrica e dureza, monitorados durante o teste de toxicidade aguda.

Material: Barra Bonita 14/03/06							Solução-estoque: 5 g/L							Concentração microcistinas: -							
Teste: preliminar							Data início: 22/04/06							Data término: 24/04/06							
Organismos-teste														Características							
concentrações	<i>C.dubia</i>						<i>C.silvestrii</i>						pH			Condutividade			Dureza		
																μS/cm			mgCaCO ₃ /L		
	1	2	3	4	total	%	1	2	3	4	total	%	i	CD	CS	i	CD	CS	final		
Controle	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,6	7,4	-	-	162	-	40		
125 mg/L	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,2	6,7	6,6	-	169	169	40		
250 mg/L	1/5	1/5	3/5	1/5	6/20	30	4/5	2/5	2/5	0/5	8/20	40	7,0	6,4	6,4	-	168	163	40		
500 mg/L	5/5	5/5	4/5	5/5	19/20	95	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	100	6,7	6,2	5,9	-	169	161	42		
1000 mg/L	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	100	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	100	6,3	5,3	5,4	-	172	172	44		
2000 mg/L	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	100	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	100	6,0	4,3	4,2	-	214	231	48		
CE50;48h (IC 95%) mg/L		297,30 (254,03 – 347,95)						267,94 (230,19 – 311,89)													

Tabela 2.17 – Percentagem de imobilidade e valores de CE50;24h e 48h para os dafinídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* (Crustacea, Cladocera) expostos a diferentes concentrações de extrato bruto de floração de cianobactérias, coletada em 14/03/06 no reservatório de Barra Bonita, Médio rio Tietê, SP, e valores de pH, condutividade elétrica e dureza, monitorados durante o teste de toxicidade aguda.

		Organismos-teste												Características							
Concentrações	h	<i>C.dubia</i>						<i>C.silvestrii</i>						pH			Condutividade			Dureza	
		1	2	3	4	total	%	1	2	3	4	total	%	i	CD	CS	i	CD	CS	mgCaCO ₃ /L	
		1	2	3	4	total	%	1	2	3	4	total	%	i	CD	CS	i	CD	CS	final	
Controle	24	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,4	7,7	7,8	177	162	162	48	
	48	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0								
50 mg/L	24	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,4	7,4	7,4	171	172	174	46	
	48	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	2/5	1/5	0/5	0/5	3/20	15								
100 mg/L	24	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,4	7,2	7,3	171	166	168	48	
	48	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	2/5	2/5	0/5	2/5	6/20	30								
200 mg/L	24	0/5	0/5	0/5	1/5	1/20	5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,3	7,2	7,1	168	168	170	48	
	48	0/5	0/5	0/5	1/5	1/20	5	0/5	0/5	1/5	0/5	1/20	5								
400 mg/L	24	2/5	2/5	2/5	0/5	6/20	30	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,1	6,7	6,8	165	168	170	46	
	48	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	100	0/5	1/5	2/5	0/5	3/20	15								
800 mg/L	24	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	100	5/5	4/5	3/5	4/5	16/20	80	6,8	6,5	6,5	161	161	157	44	
	48							5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	100								
CE50 (IC 95%)	24	443,83 (379,23 – 519,43)						616,88 (559,93 – 679,63)						Material: Barra Bonita			Data de coleta: 14/03/06				
mg/L	48	273,21 (255,36 – 292,30)						532,12 (–)						Teste: definitivo 2			Solução-estoque: 2 g/L				
Sensibilidade NaCl		1,40 (1,29 – 1,51)						1,03 (0,95 – 1,12)						Data início: 28/06/06			Data término: 30/06/06				
CE50;48h (IC 95%) g/L														Concentração microcistinas: 922,43 µg/L							

Organismos-teste														Características						
Concentrações	h	<i>C.dubia</i>						<i>C.silvestrii</i>						pH			Condutividade µS/cm			Dureza mgCaCO ₃ /L
		1	2	3	4	total	%	1	2	3	4	total	%	i	CD	CS	i	CD	CS	final
Controle	24	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,6	7,7	7,8	160	198	200	52
	48	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0							
50 mg/L	24	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,5	7,3	7,4	171	174	173	44
	48	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	0/5	0/5	3/5	2/5	5/20	10							
100 mg/L	24	0/5	1/5	0/5	0/5	1/20	5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,4	7,1	7,1	167	177	179	44
	48	0/5	1/5	0/5	0/5	1/20	5	0/5	4/5	3/5	2/5	9/20	45							
200 mg/L	24	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,3	6,9	6,9	165	174	177	62
	48	2/5	0/5	1/5	1/5	4/20	20	1/5	0/5	2/5	1/5	4/20	20							
400 mg/L	24	0/5	2/5	1/5	3/5	6/20	30	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,2	6,6	6,7	168	170	173	44
	48	4/5	3/5	3/5	5/5	15/20	75	1/5	0/5	0/5	2/5	3/20	15							
800 mg/L	24	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	100	5/5	5/5	4/5	5/5	19/20	95	6,8	6,3	6,0	162	165	160	40
	48							5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	100							
CE50 (IC 95%)	24	459,48 (398,63 – 529,61)						576,10 (554,93 – 598,07)						Material: Barra Bonita			Data de coleta: 14/03/06			
mg/L	48	282,84 (232,77 – 343,68)						532,12 (–)						Teste: definitivo 3			Solução-estoque: 2 g/L			
Sensibilidade NaCl														Data início: 01/08/06			Data término: 03/08/06			
CE50;48h (IC 95%) g/L														Concentração microcistinas: -						

Tabela 2.19 – Percentagem de imobilidade e valores de CE50;24h e 48h para o dafinídeo *Ceriodaphnia silvestrii* (Crustacea, Cladocera) exposto a diferentes concentrações de extrato bruto de floração de cianobactérias, coletada em 14/03/06 no reservatório de Barra Bonita, Médio rio Tietê, SP, e valores de pH, condutividade elétrica e dureza, monitorados durante o teste de toxicidade aguda.

concentrações	1		2		3		Total org.		%		pH		Condutividade		Dureza
	24h	48h	24h	48h	24h	48h	24h	48h	24h	48h	i	f	i	f	mgCaCO ₃ /L
Controle	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/15	0/15	0	0	7,31	-	161,4	-	44
50 mg/L	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	1/5	0/15	1/15	0	6,67	7,55	7,26	159,1	174,8	-
100 mg/L	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/15	0/15	0	0	7,48	7,10	-	180,4	-
200 mg/L	0/5	1/5	0/5	1/5	0/5	1/5	0/15	3/15	0	20	7,30	6,91	154,8	176,9	-
400 mg/L	0/5	2/5	0/5	1/5	0/5	2/5	0/15	5/15	0	33,33	7,08	6,67	153,1	171,7	-
800 mg/L	5/5	5/5	1/5	5/5	3/5	5/5	9/15	15/15	60	100	6,74	5,86	145,2	166,3	-
CE50;24h (IC 95%) mg/L				712,72 (558,66 – 909,26)				Organismo-teste: <i>C. silvestrii</i>				Teste: definitivo 4			
CE50;48h (IC 95%) mg/L				408,26 (318,35 – 523,56)				Material: Barra Bonita				Data de coleta: 14/03/06			
Sensibilidade NaCl CE50;48h				1,20 (1,10 – 1,31)				Data início: 08/08/06				Data término: 10/08/06			
(IC 95%) g/L								Solução-estoque: 2000 mg/L				Concentração microcistinas:			

Tabela 2.21 – Percentagem de imobilidade e valores de CE50;24h e 48h para os dafinídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* (Crustacea, Cladocera) expostos a diferentes concentrações de extrato bruto de floração de cianobactérias, coletada em 15/07/06 no reservatório de Barra Bonita, Médio rio Tietê, SP, e valores de pH, condutividade elétrica e dureza monitorados durante o teste de toxicidade aguda.

		Organismos-teste												Características						
Concentrações	h	<i>C.dubia</i>						<i>C.silvestrii</i>						pH			Condutividade			Dureza
		1	2	3	4	total	%	1	2	3	4	total	%	i	CD	CS	i	CD	CS	mgCaCO ₃ /L
		1	2	3	4	total	%	1	2	3	4	total	%	i	CD	CS	i	CD	CS	final
Controle	24	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,4	7,6	7,7	156	163	168	44
	48	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0							
50 mg/L	24	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,5	7,1	7,2	169	171	177	42
	48	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0							
100 mg/L	24	0/5	1/5	0/5	0/5	1/20	5	0/5	0/5	0/5	1/5	1/20	5	7,5	6,9	7,0	165	185	187	42
	48	3/5	3/5	4/5	2/5	12/20	60	3/5	1/5	2/5	2/5	8/20	40							
200 mg/L	24	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,4	6,8	6,8	160	197	203	42
	48	4/5	5/5	5/5	5/5	19/20	95	5/5	5/5	4/5	5/5	19/20	95							
400 mg/L	24	4/5	5/5	5/5	5/5	19/20	95	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	100	7,4	6,5	6,5	159	204	213	46
	48	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	100													
800 mg/L	24	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	100	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	100	7,2	6,5	6,2	152	246	236	46
	48																			
CE50 (IC 95%)	24	292,82 (273,69 – 313,28)						282,84 (–)						Material: Barra Bonita			Data de coleta: 15/07/06			
mg/L	48	96,59 (81,80 – 114,06)						110,96 (93,97 – 131,02)						Teste: definitivo 2			Solução-estoque: 2 g/L			
Sensibilidade NaCl		1,32 (1,24 – 1,40)						0,94 (0,84 – 1,05)						Data início: 22/08/06			Data término: 24/08/06			
CE50;48h (IC 95%) g/L														Concentração microcistinas: -						

Organismos-teste														Características								
Concentrações	h	<i>C.dubia</i>						<i>C.silvestrii</i>						pH			Condutividade µS/cm			Dureza mgCaCO ₃ /L		
		1	2	3	4	total	%	1	2	3	4	total	%	i	CD	CS	i	CD	CS	final		
Controle	24	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,4	7,6	7,7	156	163	168	44		
	48	0/5	0/5	1/5	0/5	1/20	5	1/5	0/5	0/5	1/5	2/20	10									
50 mg/L	24	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,5	7,1	7,2	169	171	177	42		
	48	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	0/5	1/5	3/5	1/5	5/20	25									
100 mg/L	24	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,5	6,9	7,0	165	185	187	42		
	48	4/5	5/5	4/5	4/5	17/20	85	2/5	5/5	4/5	3/5	14/20	70									
200 mg/L	24	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,4	6,8	6,8	160	197	203	42		
	48	5/5	4/5	4/5	4/5	17/20	85	5/5	1/5	2/5	2/5	10/20	50									
400 mg/L	24	3/5	3/5	3/5	4/5	13/20	65	4/5	4/5	5/5	3/5	16/20	80	7,4	6,5	6,5	159	204	213	46		
	48	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	100	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	100									
800 mg/L	24	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	100	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	100	7,2	6,5	6,2	152	246	236	46		
	48																					
CE50 (IC 95%)	24	360,50 (310,95 – 417,94)						324,90 (287,01 – 367,79)						Material: Barra Bonita			Data de coleta: 15/07/06					
mg/L	48	87,06 (74,44 – 101,81)						98,28 (64,89 – 148,85)						Teste: definitivo 3			Solução-estoque: 2 g/L					
Sensibilidade NaCl														Data início: 05/10/06			Data término: 07/10/06					
CE50;48h (IC 95%) g/L														1,43 (1,26 – 1,62)			0,89 (0,77 – 1,02)			Concentração microcistinas: 253,29 µg/L		

Tabela 2.23 – Percentagem de imobilidade e valores de CE50; 48h para os dafnídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* (Crustacea, Cladocera) expostos a diferentes concentrações de extrato bruto de floração de cianobactérias, coletada em 08/03/06 no reservatório de Promissão, Médio rio Tietê, SP, e valores de pH, condutividade elétrica e dureza monitorados durante o teste de toxicidade aguda.

Material: Promissão 08/03/6					Solução-estoque: 5 g/L					Concentração microcistinas: -								
Teste: preliminar					Data início: 27/04/06					Data término: 29/04/06								
concentrações	Organismos-teste												Características					
	<i>C.dubia</i>						<i>C.silvestrii</i>						pH		Condutividade		Dureza	
															μS/cm	mgCaCO ₃ /L		
	1	2	3	4	total	%	1	2	3	4	total	%	i	f	i	f	final	
Controle	1/5	0/5	0/5	1/5	2/20	10	0/5	0/5	1/5	0/5	1/20	5	7,1	7,7	160	174	46	
125 mg/L	2/5	2/5	0/5	3/5	7/20	35	3/5	1/5	1/5	2/5	7/20	35	7,4	7,1	184	191	52	
250 mg/L	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	100	2/5	3/5	5/5	4/5	14/20	70	7,2	6,9	179	181	50	
500 mg/L	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	100	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	100	7,1	6,6	185	200	54	
1000 mg/L	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	100	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	100	7,2	5,7	197	207	60	
1500 mg/L	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	100	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	100	7,2	5,4	208	226	62	
CE50;48h (IC 95%) mg/L					146,68 (–)					168,24 (124,94 – 226,54)								

Tabela 2.24 – Percentagem de imobilidade e valores de CE50; 48h para os dafinídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* (Crustacea, Cladocera) expostos a diferentes concentrações de extrato bruto de floração de cianobactérias, coletada em 08/03/06 no reservatório de Promissão, Médio rio Tietê, SP, e valores de pH, condutividade elétrica e dureza monitorados durante o teste de toxicidade aguda.

Organismos-teste														Características							
Concentrações	h	<i>C.dubia</i>						<i>C.silvestrii</i>						pH			Condutividade µS/cm			Dureza mgCaCO ₃ /L	
		1	2	3	4	total	%	1	2	3	4	total	%	i	CD	CS	i	CD	CS	final	
Controle	24	1/5	2/5	0/5	0/5	3/20	15*	0/5	0/5	1/5	0/5	1/20	5	7,4	7,7	7,7	160	186	180	52	
	48	1/5	2/5	0/5	0/5	3/20	15*	0/5	0/5	1/5	0/5	1/20	5								
50 mg/L	24	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,3	7,2	7,2	193	174	160	48	
	48	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	1/5	2/5	1/5	2/5	6/20	30								
100 mg/L	24	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,4	7,1	7,1	172	167	172	46	
	48	1/5	0/5	0/5	0/5	1/20	5	1/5	2/5	3/5	3/5	9/20	45								
200 mg/L	24	2/5	1/5	0/5	0/5	3/20	15	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,4	7,0	6,9	167	171	166	46	
	48	3/5	2/5	3/5	1/5	9/20	45	0/5	2/5	2/5	1/5	5/20	25								
400 mg/L	24	1/5	2/5	0/5	2/5	5/20	25	0/5	0/5	1/5	1/5	2/20	10	7,3	6,7	6,8	160	179	171	46	
	48	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	100	5/5	4/5	5/5	5/5	19/20	95								
800 mg/L	24	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	100	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	100	7,1	6,2	6,0	154	180	162	42	
	48																				
CE50 (IC 95%)	24	428,71 (360,25 – 510,18)						527,80 (480,93 – 579,24)						Material: Promissão			Data de coleta: 08/03/06				
mg/L	48	221,91 (191,41 – 257,29)						256,18 (225,40 – 291,16)						Teste: definitivo 1			Solução-estoque: 2 g/L				
Sensibilidade NaCl		1,40 (1,29 – 1,51)						1,03 (0,95 – 1,12)						Data início: 20/06/06			Data término: 22/06/06				
CE50;48h (IC 95%) g/L														Concentração microcistinas: -							

*resultado invalidado, pois a imobilidade excedeu 10% no controle (ABNT, 2004)

Tabela 2.25 – Percentagem de imobilidade e valores de CE50; 48h para os dafinídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* (Crustacea, Cladocera) expostos a diferentes concentrações de extrato bruto de floração de cianobactérias, coletada em 08/03/06 no reservatório de Promissão, Médio rio Tietê, SP, e valores de pH, condutividade elétrica e dureza monitorados durante o teste de toxicidade aguda.

Concentrações	h	Organismos-teste												Características						
		<i>C.dubia</i>						<i>C.silvestrii</i>						pH			Condutividade			Dureza
		1	2	3	4	total	%	1	2	3	4	total	%	i	CD	CS	i	CD	CS	mgCaCO ₃ /L
Controle	24	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,5	7,7	7,7	160	173	175	48
	48	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	0/5	2/5	3/5	0/5	5/20	25*							
50 mg/L	24	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,4	7,1	7,1	166	180	166	46
	48	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	1/5	0/5	0/5	0/5	1/20	5							
100 mg/L	24	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,4	7,0	7,0	167	171	173	-
	48	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	0/5	1/5	0/5	1/5	2/20	10							
200 mg/L	24	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,4	6,8	6,8	167	178	167	46
	48	4/5	4/5	3/5	3/5	14/20	70	1/5	2/5	1/5	0/5	4/20	20							
400 mg/L	24	0/5	0/5	2/5	0/5	2/20	10	2/5	1/5	0/5	1/5	4/20	20	7,3	6,7	6,6	160	164	164	44
	48	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	100	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	100							
800 mg/L	24	5/5	5/5	4/5	4/5	18/20	90	4/5	5/5	5/5	5/5	19/20	95	7,0	5,9	5,8	151	173	169	44
	48	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	100	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	100							
CE50 (IC 95%)	24	565,69 (521,05 – 614,15)						511,30 (441,42 – 592,24)						Material: Promissão			Data de coleta: 08/03/06			
mg/L	48	174,11 (151,05 – 200,69)						282,84 (-)						Teste: definitivo 2			Solução-estoque: 2 g/L			
Sensibilidade NaCl														Data início: 30/06/06			Data término: 02/07/06			
CE50;48h (IC 95%) g/L														Concentração microcistinas: -						

*resultado invalidado, pois a imobilidade excedeu 10% no controle (ABNT, 2004)

Tabela 2.26 – Percentagem de imobilidade e valores de CE50; 48h para os dafinídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* (Crustacea, Cladocera) expostos a diferentes concentrações de extrato bruto de floração de cianobactérias, coletada em 08/03/06 no reservatório de Promissão, Médio rio Tietê, SP, e valores de pH, condutividade elétrica e dureza monitorados durante o teste de toxicidade aguda.

Organismos-teste														Características								
Concentrações	h	<i>C.dubia</i>						<i>C.silvestrii</i>						pH			Condutividade µS/cm			Dureza mgCaCO ₃ /L		
		1	2	3	4	total	%	1	2	3	4	total	%	i	CD	CS	i	CD	CS	final		
Controle	24	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,4	7,7	7,7	160	184	185	46		
	48	0/5	0/5	0/5	1/5	1/20	5	0/5	1/5	0/5	0/5	1/20	5									
50 mg/L	24	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,6	7,0	7,1	179	179	181	44		
	48	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	0/5	0/5	1/5	0/5	1/20	5									
100 mg/L	24	0/5	1/5	0/5	0/5	1/20	5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,3	6,9	6,9	178	188	188	42		
	48	0/5	1/5	0/5	0/5	1/20	5	3/5	2/5	5/5	2/5	12/20	60									
200 mg/L	24	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	1/5	0/5	0/5	0/5	1/20	5	7,5	6,8	6,7	177	189	191	42		
	48	4/5	4/5	2/5	3/5	13/20	65	2/5	4/5	4/5	4/5	14/20	70									
400 mg/L	24	0/5	2/5	3/5	2/5	7/20	35	1/5	4/5	2/5	4/5	11/20	55	7,4	6,2	6,5	174	191	193	42		
	48	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	100	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	100									
800 mg/L	24	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	100	3/5	3/5	5/5	5/5	16/20	80	7,3	5,8	5,9	232	257	257	44		
	48							5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	100									
CE50 (IC 95%)	24	443,83 (382,83 – 514,55)						401,16 (300,44 – 535,64)						Material: Promissão			Data de coleta: 08/03/06					
mg/L	48	174,11 (147,99 – 204,84)						110,46 (87,54 – 139,39)						Teste: definitivo 3			Solução-estoque: 2 g/L					
Sensibilidade NaCl														Data início: 09/08/06			Data término: 11/08/06					
CE50;48h (IC 95%) g/L														Concentração microcistinas: -								
1,35 (1,25 – 1,46)														1,20 (1,10 – 1,31)								

Tabela 2.27 – Percentagem de imobilidade e valores de CE50; 48h para os dafnídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* (Crustacea, Cladocera) expostos a diferentes concentrações de extrato bruto de floração de cianobactérias, coletada em 08/03/06 no reservatório de Promissão, Médio rio Tietê, SP, e valores de pH, condutividade elétrica e dureza monitorados durante o teste de toxicidade aguda.

		Organismos-teste												Características						
Concentrações	h	<i>C.dubia</i>						<i>C.silvestrii</i>						pH			Condutividade µS/cm			Dureza mgCaCO ₃ /L
		1	2	3	4	total	%	1	2	3	4	total	%	i	CD	CS	i	CD	CS	final
Controle	24	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,4	7,6	7,7	175	183	185	44
	48	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0							
50 mg/L	24	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,5	7,1	7,2	178	185	180	42
	48	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	2/5	0/5	0/5	0/5	2/20	10							
100 mg/L	24	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,2	7,0	6,9	178	191	185	42
	48	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	2/10	0/5	1/5	1/5	4/25	16							
200 mg/L	24	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,5	6,7	6,8	175	193	190	44
	48	4/5	5/5	5/5	5/5	19/20	95	2/5	1/5	2/5	0/5	5/20	25							
400 mg/L	24	3/5	5/5	3/5	3/5	14/20	70	5/5	3/5	4/5	4/5	16/20	80	7,1	6,4	6,7	173	192	196	42
	48	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	100	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	100							
800 mg/L	24	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	100	4/5	4/5	2/5	3/5	13/20	65	7,0	5,8	6,4	171	194	201	40
	48							5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	100							
CE50 (IC 95%)	24	348,22 (302,11 – 401,37)						308,44 (279,96 – 339,82)						Material: Promissão			Data de coleta: 08/03/06			
mg/L	48	146,41 (136,84 – 156,64)						219,36 (173,49 – 277,38)						Teste: definitivo 4			Solução-estoque: 2 g/L			
Sensibilidade NaCl														Data início: 10/08/06			Data término: 12/08/06			
CE50;48h (IC 95%) g/L		1,39 (1,29 – 1,49)						1,20 (1,10 – 1,31)						Concentração microcistinas: 191,87 µg/L						

Material: Promissão 17/03/06						Solução-estoque: 5000 mg/L						Concentração microcistinas: -					
Teste: preliminar						Data início: 27/04/06						Data término: 29/04/06					
Organismos-teste												Características					
concentrações	<i>C.dubia</i>					<i>C.silvestrii</i>					pH		Condutividade		Dureza		
													μS/cm		mgCaCO ₃ /L		
	1	2	3	total	%	1	2	3	4	total	%	i	f	i	f	final	
Controle	1/5	0/5	0/5	1/15	6,67	0/5	0/5	1/5	0/5	1/20	5	7,10	7,73	160,0	173,7	46	
125 mg/L	0/5	0/5	0/5	0/15	0	3/5	1/5	1/5	1/5	6/20	30	7,20	7,18	174,3	174,5	50	
250 mg/L	5/5	5/5	5/5	15/15	100	2/5	5/5	5/5	5/5	17/20	85	7,29	6,91	177,4	195,4	52	
500 mg/L	5/5	5/5	5/5	15/15	100	3/5	4/5	3/5	4/5	14/20	70	7,20	6,75	186,5	209	56	
1000 mg/L	5/5	5/5	5/5	15/15	100	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	100	6,84	6,40	203	225	60	
2000 mg/L	5/5	5/5	5/5	15/15	100	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	100	6,77	5,26	240	279	64	
CE50;48h (IC 95%) mg/L				176,78 (–)				160,83 (134,35 – 192,54)									

Tabela 2.29 – Percentagem de imobilidade e valores de CE50; 48h para os dafnídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* (Crustacea, Cladocera) expostos a diferentes concentrações de extrato bruto de floração de cianobactérias, coletada em 17/03/06 no reservatório de Promissão, Médio rio Tietê, SP, e valores de pH, condutividade elétrica e dureza monitorados durante o teste de toxicidade aguda.

		Organismos-teste												Características							
Concentrações	h	<i>C.dubia</i>						<i>C.silvestrii</i>						pH			Condutividade µS/cm			Dureza mgCaCO ₃ /L	
		1	2	3	4	total	%	1	2	3	4	total	%	i	CD	CS	i	CD	CS	final	
Controle	24	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	0/5	1/5	0/5	0/5	1/20	5	7,4	7,7	7,7	160	272	205	60	
	48	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	0/5	1/5	0/5	0/5	1/20	5								
50 mg/L	24	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,5	7,2	7,1	182	143	148	48	
	48	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	0/5	2/5	0/5	0/5	2/20	10								
100 mg/L	24	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,4	6,9	6,9	176	186	171	48	
	48	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	0/5	1/5	0/5	2/5	3/20	15								
200 mg/L	24	2/5	0/5	1/5	0/5	3/20	15	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,4	6,8	6,8	173	164	166	48	
	48	3/5	1/5	1/5	0/5	5/20	25	1/5	2/5	2/5	0/5	5/20	25								
400 mg/L	24	0/5	0/5	0/5	1/5	1/20	5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,2	6,5	6,7	179	161	173	48	
	48	5/5	5/5	5/5	4/5	19/20	95	3/5	0/5	4/5	2/5	9/20	45								
800 mg/L	24	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	100	1/5	4/5	2/5	2/5	9/20	45	7,0	5,8	6,0	194	179	201	48	
	48							5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	100								
CE50 (IC 95%)	24	492,46 (432,57 – 560,64)						Não calculável						Material: Promissão			Data de coleta: 17/03/06				
mg/L	48	246,23 (211,87 – 286,15)						339,02 (252,59 – 455,03)						Teste: definitivo 1			Solução-estoque: 2 g/L				
Sensibilidade NaCl		1,40 (1,29 – 1,51)						1,03 (0,95 – 1,12)						Data início: 21/06/06			Data término: 23/06/06				
CE50;48h (IC 95%) g/L														Concentração microcistinas: -							

Tabela 2.30 – Percentagem de imobilidade e valores de CE50; 48h para os dafinídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* (Crustacea, Cladocera) expostos a diferentes concentrações de extrato bruto de floração de cianobactérias, coletada em 17/03/06 no reservatório de Promissão, Médio rio Tietê, SP, e valores de pH, condutividade elétrica e dureza monitorados durante o teste de toxicidade aguda.

Organismos-teste														Características						
Concentrações	h	<i>C.dubia</i>						<i>C.silvestrii</i>						pH			Condutividade µS/cm			Dureza mgCaCO ₃ /L
		1	2	3	4	total	%	1	2	3	4	total	%	i	CD	CS	i	CD	CS	final
Controle	24	1/5	0/5	0/5	0/5	1/20	5	1/5	0/5	0/5	0/5	1/20	5	7,5	7,7	7,7	160	173	175	48
	48	1/5	0/5	1/5	0/5	2/20	10	2/5	1/5	2/5	0/5	5/20	25*							
50 mg/L	24	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,4	7,2	7,2	170	166	168	46
	48	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0							
100 mg/L	24	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,4	7,1	7,1	170	178	171	-
	48	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	2/5	0/5	0/5	0/5	2/20	10							
200 mg/L	24	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,3	6,9	6,9	174	188	182	48
	48	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	0/5	1/5	1/5	0/5	2/20	10							
400 mg/L	24	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	0/5	1/5	0/5	0/5	1/20	5	7,2	6,8	6,8	179	191	195	48
	48	0/5	2/5	3/5	3/5	8/20	40	1/5	2/5	2/5	2/5	7/20	35							
800 mg/L	24	5/5	4/5	0/5	0/5	9/20	45	3/5	1/5	2/5	3/5	9/20	45	7,0	6,3	6,3	193	217	218	50
	48	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	100	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	100							
CE50 (IC 95%)	24	Não calculável						Não calculável						Material: Promissão			Data de coleta: 17/03/06			
mg/L	48	428,71 (368,31 – 499,02)						509,82 (456,40 – 569,50)						Teste: definitivo 2			Solução-estoque: 2 g/L			
Sensibilidade NaCl														Data início: 30/06/06			Data término: 02/07/06			
CE50;48h (IC 95%) g/L														Concentração microcistinas: -						

*resultado invalidado, pois a imobilidade excedeu 10% no controle (ABNT, 2004)

Tabela 2.31 – Percentagem de imobilidade e valores de CE50; 48h para os dafinídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* (Crustacea, Cladocera) expostos a diferentes concentrações de extrato bruto de floração de cianobactérias, coletada em 17/03/06 no reservatório de Promissão, Médio rio Tietê, SP, e valores de pH, condutividade elétrica e dureza monitorados durante o teste de toxicidade aguda.

Organismos-teste													Características						
Concentrações	h	<i>C.dubia</i>					<i>C.silvestrii</i>						pH			Condutividade µS/cm			Dureza mgCaCO ₃ /L
		1	2	3	total	%	1	2	3	4	total	%	i	CD	CS	i	CD	CS	final
Controle	24	0/5	0/5	0/5	0/15	0	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,3	7,6	7,6	161	190	190	46
	48	0/5	0/5	0/5	0/15	0	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0							
50 mg/L	24	0/5	0/5	0/5	0/15	0	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,5	7,4	7,2	1678	187	187	44
	48	0/5	0/5	0/5	0/15	0	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0							
100 mg/L	24	0/5	0/5	0/5	0/15	0	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,5	7,1	7,0	164	187	192	44
	48	0/5	0/5	0/5	0/15	0	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0							
200 mg/L	24	0/5	0/5	0/5	0/15	0	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,4	6,9	7,0	157	191	189	44
	48	0/5	0/5	0/5	0/15	0	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0							
400 mg/L	24	2/5	1/5	2/5	5/15	33,33	0/5	0/5	0/5	1/5	1/20	5	7,3	6,7	6,8	157	176	182	42
	48	5/5	4/5	5/5	14/15	93,33	3/5	4/5	5/5	4/5	16/20	80							
800 mg/L	24	4/5	5/5	5/5	14/15	93,33	4/5	4/5	3/5	4/5	15/20	75	7,0	6,2	6,2	151	185	186	40
	48	5/5	5/5	5/5	15/15	100	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	100							
CE50 (IC 95%)	24	466,89 (380,29 – 573,21)						624,57 (549,53 – 709,85)						Material: Promissão			Data de coleta: 17/03/06		
mg/L	48	296,22 (270,92 – 323,88)						324,90 (287,01 – 367,79)						Teste: definitivo 3			Solução-estoque: 2 g/L		
Sensibilidade NaCl													Data início: 08/08/06			Data término: 10/08/06			
CE50;48h (IC 95%) g/L													Concentração microcistinas: 569,58 µg/L						

Tabela 2.32 – Percentagem de imobilidade e valores de CE50; 48h para o dafnídeo *Ceriodaphnia silvestrii* (Crustacea, Cladocera) exposto a diferentes concentrações de extrato bruto de floração de cianobactérias, coletada em 17/03/06 no reservatório de Promissão, Médio rio Tietê, SP, e valores de pH, condutividade elétrica e dureza monitorados durante o teste de toxicidade aguda.

concentrações	1		2		3		Total org.		%		pH		Condutividade		Dureza
							imóveis		imobilidade				μS/cm		mgCaCO ₃ /L
	24h	48h	24h	48h	24h	48h	24h	48h	24h	48h	i	f	i	f	final
Controle	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/15	0/15	0	0	7,31	-	161,4	-	44
50 mg/L	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/15	0/15	0	0	7,57	7,25	165,4	185,6	-
100 mg/L	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/15	0/15	0	0	7,52	6,97	161,8	183,6	-
200 mg/L	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/15	0/15	0	0	7,45	6,99	158,1	188,4	-
400 mg/L	0/5	3/5	0/5	2/5	0/5	3/5	2/15	8/15	0	53,33	7,30	6,69	156,2	175,5	-
800 mg/L	3/5	5/5	3/5	5/5	3/5	5/5	9/15	15/15	60	100	7,07	6,14	152,4	178,5	-
CE50;24h (IC 95%) mg/L				712,72 (558,66 – 909,26)				Organismo-teste: <i>C. silvestrii</i>				Teste: definitivo 4			
CE50;48h (IC 95%) mg/L				390,86 (326,94 – 467,28)				Material: Promissão				Data de coleta: 17/03/06			
Sensibilidade NaCl CE50;48h				1,20 (1,10 – 1,31)				Data início: 08/08/06				Data término: 10/08/06			
(IC 95%) g/L								Solução-estoque: 2000 mg/L				Concentração microcistinas: -			

Tabela 2.33 – Número de neonatas produzidas por fêmeas dos dafnídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* (Crustacea, Cladocera), expostas ao extrato bruto de floração de cianobactérias coletada dia 03/03/06 no reservatório de Barra Bonita, Médio rio Tietê, SP, e valores de pH, condutividade elétrica, dureza e concentração de oxigênio dissolvido monitorados durante o teste de toxicidade crônica (8 dias).

Material: Barra Bonita 03/03/06						Solução-estoque: 2,0 g/L						Microcistinas: 1646,56 µg/L										
Data início: 21/09/06						Data término: 29/09/06																
Sensibilidade NaCl CE50;48h (IC 95%) g/L						1,25 (1,13 – 1,38)						1,12 (1,00 – 1,24)										
Org.-teste		<i>C. dubia</i>										<i>C. silvestrii</i>										
réplicas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	total	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	total
Controle	22	21	16	19	17	20	20	21	21	22	199	16	15	16	16	16	15	17	0	16	15	142
5 mg/L	0†	29	31	26	25	30	5	31	30	35	242	0†	20	14	11	20	17	28	26	23	27	186
10 mg/L	28	27	32	27	8	29	32	31	28	33	275	33	19	26	0†	20	25	21	23	0†	0†	167
20 mg/L	26	26	28	26	27	26	28	25	23	16	251	29	36	31	30	33	32	33	31	22	35	312
40 mg/L	21	21	14	22	9	23	13	1†	24	24	172	10	25	25	7	14†	16	23	30	14	15	179
80 mg/L	0†	7	9	0†	0†	0†	12	2†	0†	1†	31	0	0†	0†	0†	0†	0†	1†	0	0	0†	1
Variáveis	pH				Condutividade µS/cm						Dureza mgCaCO ₃ /L				Oxigênio dissolvido mg/L							
	inicial		<i>C.dubia</i>	<i>C.silvestrii</i>	inicial		<i>C.dubia</i>	<i>C.silvestrii</i>	inicial		final	inicial		final								
Controle	7,48		7,81	7,78	168,0		163,1	170,5	44		46	6,70		6,34								
5 mg/L	7,57		7,21	7,15	173,8		172,9	171,5	44		46	6,69		5,98								
10 mg/L	7,70		7,16	7,18	170,9		171,4	176,4	46		48	6,83		5,94								
20 mg/L	7,72		7,09	7,03	168,4		169,6	172,0	46		46	6,86		5,77								
40 mg/L	7,67		7,05	7,03	168,5		178,6	171,9	46		46	6,85		5,54								
80 mg/L	7,62		7,01	6,98	172,1		186,7	185,4	46		46	6,70		4,78								

† organismo morto durante ou ao final do experimento

B1 – Resultados dos testes estatísticos aplicados aos dados do teste de toxicidade crônica (8 dias) para os dafnídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* (Crustacea, Cladocera), expostos ao extrato bruto de floração de cianobactérias, coletada dia 03/03/06 no reservatório de Barra Bonita, Médio rio Tietê, SP.

B1.1. Sobrevivência: teste de Fisher

B1.1.1. *C. dubia*

SUMMARY OF FISHERS EXACT TESTS				
GROUP	IDENTIFICATION	NUMBER EXPOSED	NUMBER DEAD	SIG (P=.05)
	CONTROLE	10	0	
1	5 mg/L	10	1	
2	10 mg/L	10	0	
3	20 mg/L	10	0	
4	40 mg/L	10	1	
5	80 mg/L	10	7	*

B1.1.2. *C. silvestrii*

SUMMARY OF FISHERS EXACT TESTS				
GROUP	IDENTIFICATION	NUMBER EXPOSED	NUMBER DEAD	SIG (P=.05)
	CONTROLE	10	1	
1	5 mg/L	10	1	
2	10 mg/L	10	3	
3	20 mg/L	10	0	
4	40 mg/L	10	1	
5	80 mg/L	10	7	*

B1.2. Reprodução: resumo estatístico dos dados, métodos Dunnett e Tukey

B1.2.1. *C. dubia*

SUMMARY STATISTICS ON TRANSFORMED DATA								
GRP	IDENTIFICATION	N	MIN	MAX	MEAN	VARIANCE	SD	SEM
1	controle	10	16.000	22.000	19.900	4.100	2.025	0.640
2	5 mg/L	10	0.000	35.000	24.200	139.733	11.821	3.738
3	10 mg/L	10	8.000	33.000	27.500	51.833	7.200	2.277
4	20 mg/L	10	16.000	28.000	25.100	12.322	3.510	1.110
5	40 mg/L	10	1.000	24.000	17.200	59.511	7.714	2.439
6	80 mg/L	10	0.000	12.000	3.100	20.322	4.508	1.426

ANOVA TABLE

SOURCE	DF	SS	MS	F
Between	5	3918.600	783.720	16.338
Within (Error)	54	2590.400	47.970	
Total	59	6509.000		

Critical F value = 2.45 (0.05,5,40)

Since F > Critical F REJECT Ho: All groups equal

DUNNETTS TEST - TABLE 1 OF 2 Ho: Control<Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	TRANSFORMED MEAN	MEAN CALCULATED IN ORIGINAL UNITS	T STAT	SIG
1	controle	19.900	19.900		
2	5 mg/L	24.200	24.200	-1.388	
3	10 mg/L	27.500	27.500	-2.454	
4	20 mg/L	25.100	25.100	-1.679	
5	40 mg/L	17.200	17.200	0.872	
6	80 mg/L	3.100	3.100	5.424	*

Dunnett table value = 2.31 (1 Tailed Value, P=0.05, df=40,5)

DUNNETTS TEST - TABLE 2 OF 2 Ho: Control<Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	NUM OF REPS	Minimum Sig Diff (IN ORIG. UNITS)	% of CONTROL	DIFFERENCE FROM CONTROL
1	controle	10			
2	5 mg/L	10	7.155	36.0	-4.300
3	10 mg/L	10	7.155	36.0	-7.600
4	20 mg/L	10	7.155	36.0	-5.200
5	40 mg/L	10	7.155	36.0	2.700
6	80 mg/L	10	7.155	36.0	16.800

TUKEY method of multiple comparisons

GROUP	IDENTIFICATION	TRANSFORMED MEAN	ORIGINAL MEAN	GROUP 0 0 0 0 0 6 5 1 2 4 3
6	80 mg/L	3.100	3.100	\
5	40 mg/L	17.200	17.200	* \
1	controle	19.900	19.900	* . \
2	5 mg/L	24.200	24.200	* . . \
4	20 mg/L	25.100	25.100	* . . . \
3	10 mg/L	27.500	27.500	* * . . . \

* = significant difference (p=0.05) . = no significant difference

Tukey value (6,54) = 4.23

s = 47.970

B1.2.2. *C.silvestrii*

SUMMARY STATISTICS ON TRANSFORMED DATA

GRP	IDENTIFICATION	N	MIN	MAX	MEAN	VARIANCE	SD	SEM
1	controle	10	0.000	17.000	14.200	25.289	5.029	1.590
2	5 mg/L	10	0.000	28.000	18.600	73.822	8.592	2.717
3	10 mg/L	10	0.000	33.000	16.700	148.011	12.166	3.847
4	20 mg/L	10	22.000	36.000	31.200	15.067	3.882	1.227
5	40 mg/L	10	7.000	30.000	17.900	55.211	7.430	2.350
6	80 mg/L	10	0.000	1.000	0.100	0.100	0.316	0.100

ANOVA TABLE

SOURCE	DF	SS	MS	F
Between	5	4967.350	993.470	18.774
Within (Error)	54	2857.500	52.917	
Total	59	7824.850		

Critical F value = 2.45 (0.05,5,40)

Since F > Critical F REJECT Ho: All groups equal

DUNNETTS TEST - TABLE 1 OF 2

Ho: Control<Treatment

		TRANSFORMED	MEAN CALCULATED IN			
GROUP	IDENTIFICATION	MEAN	ORIGINAL UNITS	T STAT	SIG	
1	controle	14.200	14.200			
2	5 mg/L	18.600	18.600	-1.353		
3	10 mg/L	16.700	16.700	-0.768		
4	20 mg/L	31.200	31.200	-5.226		
5	40 mg/L	17.900	17.900	-1.137		
6	80 mg/L	0.100	0.100	4.334	*	

Dunnett table value = 2.31 (1 Tailed Value, P=0.05, df=40,5)

DUNNETTS TEST - TABLE 2 OF 2

Ho: Control<Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	NUM OF	Minimum Sig Diff	% of	DIFFERENCE
		REPS	(IN ORIG. UNITS)	CONTROL	
1	controle	10			
2	5 mg/L	10	7.515	52.9	-4.400
3	10 mg/L	10	7.515	52.9	-2.500
4	20 mg/L	10	7.515	52.9	-17.000
5	40 mg/L	10	7.515	52.9	-3.700
6	80 mg/L	10	7.515	52.9	14.100

TUKEY method of multiple comparisons

GROUP	IDENTIFICATION	TRANSFORMED	ORIGINAL	GROUP
		MEAN	MEAN	
6	80 mg/L	0.100	0.100	0 0 0 0 0
1	controle	14.200	14.200	6 1 3 5 2 4
3	10 mg/L	16.700	16.700	\
5	40 mg/L	17.900	17.900	* \
2	5 mg/L	18.600	18.600	* . \
4	20 mg/L	31.200	31.200	* . . \
				* * * * *

* = significant difference (p=0.05)

. = no significant difference

Tukey value (6,54) = 4.23

s = 52.917

Tabela 2.34 – Número de neonatas produzidas por fêmeas dos dafinídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* (Crustacea, Cladocera), expostas ao extrato bruto de floração de cianobactérias coletada dia 14/03/06 no reservatório de Barra Bonita, no Médio rio Tietê, SP, e valores de pH, condutividade elétrica, dureza e concentração de oxigênio dissolvido monitorados durante o teste de toxicidade crônica (8 dias).

Material: Barra Bonita 14/03/06						Solução-estoque: 4,0 g/L						Microcistinas: - µg/L										
Data início: 03/10/06						Data término: 11/10/06																
Sensibilidade NaCl CE50;48h (IC 95%) g/L						1,43 (1,26 – 1,62)						0,89 (0,77 – 1,02)										
Org.-teste						C. dubia						C. silvestrii										
réplicas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	total	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	total
Controle	16	18	19	20	19	8	18	20	19	18	175	9	20	21	24	8	22	24	7	6	19	160
10 mg/L	34	2	33†	31	28	30	19	0†	0†	23	200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20 mg/L	32	31	25	36	30	35	33	32	32	30	316	26	0†	11	0	23	25	23	22	14	30	174
40 mg/L	34	30	27	29	26	33	25	33	24	28	289	26	17	10	23	29	0	27	29	32	27	220
80 mg/L	29	28	26	18	21	4†	22	31	5†	33	217	37	26	29	28	26†	32	23	25	27	26	279
160 mg/L	0†	0†	0†	0†	0†	0†	0†	0†	2†	1	3	0	0†	0	0†	0	-	0	0	0†	0†	0
320 mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0†	0†	0†	0†	0†	0†	0†	0†	0†	0†	0
Variáveis	pH				Condutividade µS/cm						Dureza mgCaCO ₃ /L		Oxigênio dissolvido mg/L									
	inicial	C.dubia		C.silvestrii	inicial	C.dubia		C.silvestrii	inicial	final	inicial	final										
Controle	7,41	8,18		8,19	173,7	180,9		174,6	42	44	6,26	6,75										
10 mg/L	7,64	7,29		-	170,5	186,9		-	44	46	-	6,44										
20 mg/L	7,70	7,20		7,15	173,9	179,4		182,4	44	46	6,36	6,21										
40 mg/L	7,63	7,08		7,16	170,3	179,0		182,4	44	44	6,31	6,11										
80 mg/L	7,59	7,12		7,03	172,4	184,7		182,0	44	42	6,46	5,86										
160 mg/L	7,44	6,75		6,90	172,2	189,3		190,4	44	44	6,45	4,22										
320 mg/L	7,31	-		6,68	183,7	-		175,4	44	48	-	1,97										

† organismo morto durante ou ao final do experimento

B2 – Resultados dos testes estatísticos aplicados aos dados do teste de toxicidade crônica (8 dias) para os dafnídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* (Crustacea, Cladocera), expostos ao extrato bruto de floração de cianobactérias, coletada dia 14/03/06 no reservatório de Barra Bonita, no Médio rio Tietê, SP.

B2.1. Sobrevivência: teste de Fisher

B2.1.1. *C. dubia*

SUMMARY OF FISHERS EXACT TESTS				
GROUP	IDENTIFICATION	NUMBER EXPOSED	NUMBER DEAD	SIG (P=.05)
	CONTROLE	10	0	
1	10 mg/L	10	3	
2	20 mg/L	10	0	
3	40 mg/L	10	0	
4	80 mg/L	10	2	
5	160 mg/L	10	9	*

B2.1.2. *C. silvestrii*

SUMMARY OF FISHERS EXACT TESTS				
GROUP	IDENTIFICATION	NUMBER EXPOSED	NUMBER DEAD	SIG (P=.05)
----	-----	-----	-----	-----
	CONTROLE	10	0	
1	20 mg/L	10	1	
2	40 mg/L	10	0	
3	80 mg/L	10	1	
4	160 mg/L	10	4	*
5	320 mg/L	10	10	*

B2.2. Reprodução: resumo estatístico dos dados, métodos Dunnett e Tukey

B2.2.1. *C. dubia*

SUMMARY STATISTICS ON TRANSFORMED DATA								
GRP	IDENTIFICATION	N	MIN	MAX	MEAN	VARIANCE	SD	SEM
1	controle	10	8.000	20.000	17.500	12.500	3.536	1.118
2	10 mg/L	10	0.000	34.000	20.000	198.222	14.079	4.452
3	20 mg/L	10	25.000	36.000	31.600	9.156	3.026	0.957
4	40 mg/L	10	24.000	34.000	28.900	12.544	3.542	1.120
5	80 mg/L	10	4.000	33.000	21.700	103.567	10.177	3.218
6	160 mg/L	10	0.000	2.000	0.300	0.456	0.675	0.213

ANOVA TABLE

SOURCE	DF	SS	MS	F
Between	5	6110.000	1222.000	21.793
Within (Error)	54	3028.000	56.074	
Total	59	9138.000		

Critical F value = 2.45 (0.05,5,40)

Since F > Critical F REJECT Ho: All groups equal

DUNNETTS TEST - TABLE 1 OF 2 Ho: Control<Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	TRANSFORMED MEAN	MEAN CALCULATED IN ORIGINAL UNITS	T STAT	SIG
1	controle	17.500	17.500		
2	10 mg/L	20.000	20.000	-0.747	
3	20 mg/L	31.600	31.600	-4.210	
4	40 mg/L	28.900	28.900	-3.404	
5	80 mg/L	21.700	21.700	-1.254	
6	160 mg/L	0.300	0.300	5.136	*

Dunnett table value = 2.31 (1 Tailed Value, P=0.05, df=40,5)

DUNNETTS TEST - TABLE 2 OF 2 Ho: Control<Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	NUM OF REPS	Minimum Sig Diff (IN ORIG. UNITS)	% of CONTROL	DIFFERENCE FROM CONTROL
1	controle	10			
2	10 mg/L	10	7.736	44.2	-2.500
3	20 mg/L	10	7.736	44.2	-14.100
4	40 mg/L	10	7.736	44.2	-11.400
5	80 mg/L	10	7.736	44.2	-4.200
6	160 mg/L	10	7.736	44.2	17.200

TUKEY method of multiple comparisons

GROUP	IDENTIFICATION	TRANSFORMED MEAN	ORIGINAL MEAN	GROUP
				0 0 0 0 0
6	160 mg/L	0.300	0.300	6 1 2 5 4 3
1	controle	17.500	17.500	\
2	10 mg/L	20.000	20.000	* \
5	80 mg/L	21.700	21.700	* . \
4	40 mg/L	28.900	28.900	* . . \
3	20 mg/L	31.600	31.600	* * . . \

* = significant difference (p=0.05) . = no significant difference

Tukey value (6,54) = 4.23 s = 56.074

B2.2.2. C. silvestrii

SUMMARY STATISTICS ON TRANSFORMED DATA TABLE 1 of 2

GRP	IDENTIFICATION	N	MIN	MAX	MEAN	VARIANCE	SD	SEM
1	controle	10	6.000	24.000	16.000	56.444	7.513	2.376
2	20 mg/L	10	0.000	30.000	17.400	114.711	10.710	3.387
3	40 mg/L	10	0.000	32.000	22.000	102.000	10.100	3.194
4	80 mg/L	10	23.000	37.000	27.900	16.100	4.012	1.269
5	160 mg/L	9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
6	320 mg/L	10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

ANOVA TABLE

SOURCE	DF	SS	MS	F
Between	5	6450.869	1290.174	26.266
Within (Error)	53	2603.300	49.119	
Total	58	9054.169		

Critical F value = 2.45 (0.05,5,40)

Since $F > \text{Critical } F$ REJECT H_0 : All groups equal

DUNNETTS TEST - TABLE 1 OF 2

Ho: Control<Treatment

CONCENTRATIONS		TRANSFORMED		MEAN CALCULATED IN	
GROUP	IDENTIFICATION	MEAN	ORIGINAL UNITS	T STAT	SIG
1	controle	16.000	16.000		
2	20 mg/L	17.400	17.400	-0.447	
3	40 mg/L	22.000	22.000	-1.914	
4	80 mg/L	27.900	27.900	-3.797	
5	160 mg/L	0.000	0.000	4.969	*
6	320 mg/L	0.000	0.000	5.105	*

Dunnett table value = 2.31 (1 Tailed Value, $P=0.05$, $df=40,5$)

DUNNETTS TEST - TABLE 2 OF 2

Ho: Control<Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	NUM OF	Minimum Sig Diff	% of	DIFFERENCE
		REPS	(IN ORIG. UNITS)	CONTROL	FROM CONTROL
1	controle	10			
2	20 mg/L	10	7.240	45.3	-1.400
3	40 mg/L	10	7.240	45.3	-6.000
4	80 mg/L	10	7.240	45.3	-11.900
5	160 mg/L	9	7.439	46.5	16.000
6	320 mg/L	10	7.240	45.3	16.000

TUKEY method of multiple comparisons

GROUP	IDENTIFICATION	TRANSFORMED	ORIGINAL	GROUP					
		MEAN	MEAN	0	0	0	0	0	0
5	160 mg/L	0.000	0.000	5	6	1	2	3	4
6	320 mg/L	0.000	0.000	\	.	\			
1	controle	16.000	16.000	*	*	\			
2	20 mg/L	17.400	17.400	*	*	.	\		
3	40 mg/L	22.000	22.000	*	*	.	.	\	
4	80 mg/L	27.900	27.900	*	*	*	*	.	\

* = significant difference ($p=0.05$) . = no significant difference

Tukey value (6,53) = 4.23

s = 49.119

Tabela 2.35 – Número de neonatas produzidas por fêmeas dos dafnídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* (Crustacea, Cladocera), expostas ao extrato bruto de floração de cianobactérias coletada dia 08/03/06 no reservatório de Promissão, Médio rio Tietê, SP, e valores de pH, condutividade elétrica e dureza monitorados durante o teste de toxicidade crônica (8 dias).

Material: Promissão 08/03/06						Solução-estoque 2,0 g/L						Microcistinas: 285,68 µg/L										
Data início: 09/09/06						Data término: 17/09/06																
Sensibilidade NaCl CE50;48h (IC 95%) g/L						1,61 (1,46 – 1,78)						1,34 (1,28 – 1,41)										
Org.-teste		<i>C. dubia</i>										<i>C. silvestrii</i>										
réplicas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	total	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	total
Controle	21	20	16	16	17	19	13	17	22	19	180	0†	14	8	0†	15	16	15	14	17	14	113
6,25 mg/L	31	32	23	29	27	32	25	30	25	28	282	12	0†	0†	0†	0†	13	0†	0†	0†	0†	25
12,5 mg/L	29	8	30	32	39	19	22	33	32	22	266	0†	14	8†	4†	6	5	1†	12	11	19	80
25 mg/L	24	29	15	30	28	27	24	21	29	35	262	4†	14	11	10	0†	15	0†	0†	4†	4†	62
50 mg/L	25	24	27	25	17	30	26	19†	23	4	220	7	12	10	8	0†	5	2	6	9	8†	67
100 mg/L	0†	0†	0†	0†	0†	10†	0†	0†	0†	0†	10	0†	0†	0†	0†	0	0†	0†	0†	0†	0†	0
Variáveis	pH					Condutividade µS/cm										Dureza mgCaCO ₃ /L						
	inicial		<i>C.dubia</i>		<i>C.silvestrii</i>		inicial		<i>C.dubia</i>		<i>C.silvestrii</i>		inicial			final						
Controle	7,26		7,76		7,81		171,1		175,8		180,9		42			48						
6,25 mg/L	7,48		7,34		7,28		166,4		186,3		184,5		48			48						
12,5 mg/L	7,50		7,29		7,08		171,3		181,6		184,7		48			48						
25 mg/L	7,51		7,12		6,98		161,8		186,5		183,7		48			48						
50 mg/L	7,50		7,13		7,06		165,1		182,2		182,5		48			48						
100 mg/L	7,47		6,93		6,88		168,0		196,3		195,0		48			48						

† organismo morto durante ou ao final do experimento

B3 – Resultados dos testes estatísticos aplicados aos dados do teste de toxicidade crônica (8 dias) para os daftídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* (Crustacea, Cladocera), expostos ao extrato bruto de floração de cianobactérias, coletada dia 08/03/06 no reservatório de Promissão, Médio rio Tietê, SP.

B3.1. Sobrevivência: teste de Fisher

B3.1.1. *C. dubia*

SUMMARY OF FISHERS EXACT TESTS				
GROUP	IDENTIFICATION	NUMBER EXPOSED	NUMBER DEAD	SIG (P=.05)
----	-----	-----	-----	-----
	CONTROLE	10	0	
1	6.25 mg/L	10	1	
2	12.5 mg/L	10	0	
3	25 mg/L	10	0	
4	50 mg/L	10	1	
5	100 mg/L	10	10	*

B3.1.2. *C. silvestrii*

SUMMARY OF FISHERS EXACT TESTS				
GROUP	IDENTIFICATION	NUMBER EXPOSED	NUMBER DEAD	SIG (P=.05)
----	-----	-----	-----	-----
	CONTROLE	10	2	
1	6.25 mg/L	10	8	*
2	12.5 mg/L	10	4	
3	25 mg/L	10	6	
4	50 mg/L	10	2	
5	100 mg/L	10	9	*

B3.2. Reprodução: resumo estatístico dos dados, métodos Dunnett e Tukey

B3.2.1. *C. dubia*

SUMMARY STATISTICS ON TRANSFORMED DATA TABLE 1 of 2								
GRP	IDENTIFICATION	N	MIN	MAX	MEAN	VARIANCE	SD	SEM
1	controle	10	13.000	22.000	18.000	7.333	2.708	0.856
2	6.25 mg/l	10	23.000	32.000	28.200	9.956	3.155	0.998
3	12.5 mg/L	10	8.000	39.000	26.600	79.600	8.922	2.821
4	25 mg/L	10	15.000	35.000	26.200	30.400	5.514	1.744
5	50 mg/L	10	4.000	30.000	22.000	54.000	7.348	2.324
6	100 mg/L	10	0.000	10.000	1.000	10.000	3.162	1.000

ANOVA TABLE

SOURCE	DF	SS	MS	F
Between	5	5175.733	1035.147	32.469
Within (Error)	54	1721.600	31.881	
Total	59	6897.333		

Critical F value = 2.45 (0.05,5,40)

Since $F > \text{Critical } F$ REJECT H_0 : All groups equalDUNNETTS TEST - TABLE 1 OF 2 H_0 : Control < Treatment

		TRANSFORMED MEAN CALCULATED IN			
GROUP	IDENTIFICATION	MEAN	ORIGINAL UNITS	T STAT	SIG
1	controle	18.000	18.000		
2	6.25 mg/l	28.200	28.200	-4.039	
3	12.5 mg/L	26.600	26.600	-3.406	
4	25 mg/L	26.200	26.200	-3.247	
5	50 mg/L	22.000	22.000	-1.584	
6	100 mg/L	1.000	1.000	6.732	*

Dunnett table value = 2.31 (1 Tailed Value, $P=0.05$, $df=40,5$)DUNNETTS TEST - TABLE 2 OF 2 H_0 : Control < Treatment

		NUM OF	Minimum Sig Diff	% of	DIFFERENCE
GROUP	IDENTIFICATION	REPS	(IN ORIG. UNITS)	CONTROL	FROM CONTROL
1	controle	10			
2	6.25 mg/l	10	5.833	32.4	-10.200
3	12.5 mg/L	10	5.833	32.4	-8.600
4	25 mg/L	10	5.833	32.4	-8.200
5	50 mg/L	10	5.833	32.4	-4.000
6	100 mg/L	10	5.833	32.4	17.000

TUKEY method of multiple comparisons

				GROUP
		TRANSFORMED	ORIGINAL	0 0 0 0 0
GROUP	IDENTIFICATION	MEAN	MEAN	6 1 5 4 3 2
6	100 mg/L	1.000	1.000	\
1	controle	18.000	18.000	* \
5	50 mg/L	22.000	22.000	* . \
4	25 mg/L	26.200	26.200	* * . \
3	12.5 mg/L	26.600	26.600	* * . . \
2	6.25 mg/l	28.200	28.200	* * . . . \

* = significant difference ($p=0.05$) . = no significant difference

Tukey value (6,54) = 4.23 s = 31.881

B4 – Resultados dos testes estatísticos aplicados aos dados do teste de toxicidade crônica (8 dias) para os daftídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* (Crustacea, Cladocera), expostos ao extrato bruto de floração de cianobactérias, coletada dia 17/03/06 no reservatório de Promissão, Médio rio Tietê, SP.

B4.1. Sobrevivência: teste de Fisher

B4.1.1. *C. dubia*

SUMMARY OF FISHERS EXACT TESTS				
GROUP	IDENTIFICATION	NUMBER EXPOSED	NUMBER DEAD	SIG (P=.05)
---	-----	-----	-----	-----
	CONTROLE	10	0	
1	12.5 mg/L	10	0	
2	25 mg/L	10	0	
3	50 mg/L	10	0	
4	100 mg/L	10	5	*
5	200 mg/L	10	10	*

B4.1.2. *C. silvestrii*

SUMMARY OF FISHERS EXACT TESTS				
GROUP	IDENTIFICATION	NUMBER EXPOSED	NUMBER DEAD	SIG (P=.05)
	CONTROLE	10	0	
1	12.5 mg/L	10	1	
2	25 mg/L	10	0	
3	50 mg/L	10	0	
4	100 mg/L	10	6	*
5	200 mg/L	10	10	*

B4.2. Reprodução: resumo estatístico dos dados, métodos Dunnett e Tukey

B4.2.1. *C. dubia*

SUMMARY STATISTICS ON TRANSFORMED DATA								
GRP	IDENTIFICATION	N	MIN	MAX	MEAN	VARIANCE	SD	SEM
1	controle	10	15.000	28.000	24.400	15.822	3.978	1.258
2	12.5 mg/L	10	14.000	42.000	33.500	53.611	7.322	2.315
3	25 mg/L	10	29.000	41.000	36.800	10.622	3.259	1.031
4	50 mg/L	10	24.000	43.000	35.800	25.067	5.007	1.583
5	100 mg/L	10	0.000	29.000	12.800	141.956	11.915	3.768
6	200 mg/L	10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

ANOVA TABLE

SOURCE	DF	SS	MS	F
Between	5	10948.483	2189.697	53.174
Within (Error)	54	2223.700	41.180	
Total	59	13172.183		

Critical F value = 2.45 (0.05,5,40)

Since F > Critical F REJECT Ho: All groups equal

DUNNETTS TEST - TABLE 1 OF 2

Ho: Control<Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	TRANSFORMED	MEAN CALCULATED IN	T STAT	SIG
		MEAN	ORIGINAL UNITS		
1	controle	24.400	24.400		
2	12.5 mg/L	33.500	33.500	-3.171	
3	25 mg/L	36.800	36.800	-4.321	
4	50 mg/L	35.800	35.800	-3.972	
5	100 mg/L	12.800	12.800	4.042	*
6	200 mg/L	0.000	0.000	8.502	*

Dunnett table value = 2.31 (1 Tailed Value, P=0.05, df=40,5)

DUNNETTS TEST - TABLE 2 OF 2

Ho: Control<Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	NUM OF REPS	Minimum Sig Diff (IN ORIG. UNITS)	% of CONTROL	DIFFERENCE FROM CONTROL
1	controle	10			
2	12.5 mg/L	10	6.629	27.2	-9.100
3	25 mg/L	10	6.629	27.2	-12.400
4	50 mg/L	10	6.629	27.2	-11.400
5	100 mg/L	10	6.629	27.2	11.600
6	200 mg/L	10	6.629	27.2	24.400

TUKEY method of multiple comparisons

GROUP	IDENTIFICATION	TRANSFORMED	ORIGINAL	GROUP
		MEAN	MEAN	0 0 0 0 0 0 6 5 1 2 4 3
6	200 mg/L	0.000	0.000	\
5	100 mg/L	12.800	12.800	* \
1	controle	24.400	24.400	* * \
2	12.5 mg/L	33.500	33.500	* * * \
4	50 mg/L	35.800	35.800	* * * . \
3	25 mg/L	36.800	36.800	* * * . . \

* = significant difference (p=0.05)

. = no significant difference

Tukey value (6,54) = 4.23

s = 41.180

B4.2.2. *C. silvestrii*

SUMMARY STATISTICS ON TRANSFORMED DATA

GRP	IDENTIFICATION	N	MIN	MAX	MEAN	VARIANCE	SD	SEM
1	controle	10	1.000	29.000	21.000	100.667	10.033	3.173
2	12.5 mg/L	10	0.000	33.000	22.100	80.100	8.950	2.830
3	25 mg/L	10	6.000	37.000	26.500	91.833	9.583	3.030
4	50 mg/L	10	1.000	39.000	28.500	150.500	12.268	3.879
5	100 mg/L	10	0.000	16.000	4.500	39.167	6.258	1.979
6	200 mg/L	10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

ANOVA TABLE

SOURCE	DF	SS	MS	F
Between	5	7097.000	1419.400	18.423
Within (Error)	54	4160.400	77.044	
Total	59	11257.400		

Critical F value = 2.45 (0.05,5,40)

Since $F > \text{Critical } F$ REJECT H_0 : All groups equalDUNNETTS TEST - TABLE 1 OF 2 H_0 : Control < Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	TRANSFORMED MEAN	MEAN CALCULATED IN ORIGINAL UNITS	T STAT	SIG
1	controle	21.000	21.000		
2	12.5 mg/L	22.100	22.100	-0.280	
3	25 mg/L	26.500	26.500	-1.401	
4	50 mg/L	28.500	28.500	-1.911	
5	100 mg/L	4.500	4.500	4.203	*
6	200 mg/L	0.000	0.000	5.350	*

Dunnett table value = 2.31 (1 Tailed Value, $P=0.05$, $df=40,5$)DUNNETTS TEST - TABLE 2 OF 2 H_0 : Control < Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	NUM OF REPS	Minimum Sig Diff (IN ORIG. UNITS)	% of CONTROL	DIFFERENCE FROM CONTROL
1	controle	10			
2	12.5 mg/L	10	9.068	43.2	-1.100
3	25 mg/L	10	9.068	43.2	-5.500
4	50 mg/L	10	9.068	43.2	-7.500
5	100 mg/L	10	9.068	43.2	16.500
6	200 mg/L	10	9.068	43.2	21.000

TUKEY method of multiple comparisons

GROUP	IDENTIFICATION	TRANSFORMED MEAN	ORIGINAL MEAN	GROUP 0 0 0 0 0 6 5 1 2 3 4
6	200 mg/L	0.000	0.000	\
5	100 mg/L	4.500	4.500	. \
1	controle	21.000	21.000	* * \
2	12.5 mg/L	22.100	22.100	* * . \
3	25 mg/L	26.500	26.500	* * . . \
4	50 mg/L	28.500	28.500	* * . . . \

* = significant difference ($p=0.05$) . = no significant differenceTukey value (6,54) = 4.23 $s = 77.044$

APÊNDICE C

Valores brutos e análises estatísticas dos testes de toxicidade aguda e crônica com os cladóceros *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* expostos a extratos da linhagem NPLJ-4 de *Microcystis aeruginosa* em diferentes estágios de crescimento

Tabela 3.3 – Valores da concentração efetiva mediana – CE50;48h de dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$) obtidos nos testes de sensibilidade para os dafnídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* (Crustacea, Cladocera) para cultivos realizados no Laboratório de Ecotoxicologia, Departamento de Ecologia e Biologia Evolutiva da Universidade Federal de São Carlos, no período de 2005 a 2006.

Número do teste	CE50;48h (intervalo de confiança) mg/L	
	<i>C. dubia</i>	<i>C. dubia</i>
1	0,16 (0,13 – 0,20)	0,17 (0,14 – 0,21)
2	0,11 (0,09 – 0,13)	0,14 (0,12 – 0,17)
3	0,16 (0,14 – 0,20)	0,13 (0,11 – 0,16)
4	0,14 (0,12 – 0,17)	0,12 (0,11 – 0,13)
5	0,21 (0,18 – 0,23)	0,14 (0,11 – 0,17)
6	0,22 (0,20 – 0,24)	0,20 (0,17 – 0,23)
7	0,18 (0,15 – 0,21)	0,15 (0,13 – 0,18)
8	0,17 (0,14 – 0,20)	0,15 (0,12 – 0,18)
9	0,19 (0,16 – 0,22)	0,21 (0,10 – 0,44)
10	0,23 (0,22 – 0,24)	0,22 (0,17 – 0,27)
11	0,23 (0,20 – 0,27)	0,23 (0,20 – 0,25)
12	0,11 (0,09 – 0,14)	0,09 (0,07 – 0,12)
13	0,14 (0,11 – 0,18)	0,21 (0,18 – 0,23)
14	-	0,12 (0,10 – 0,15)
15	0,16 (0,14 – 0,19)	0,19 (0,17 – 0,22)
16	0,16 (0,13 – 0,19)	0,14 (0,11 – 0,18)
17	0,22 (0,20 – 0,23)	0,17 (0,14 – 0,20)
18	0,26 (0,22 – 0,30)	0,21 (0,14 – 0,31)
19	0,18 (0,13 – 0,23)	0,16 (0,13 – 0,20)
20	0,17 (0,13 – 0,22)	0,11 (0,08 – 0,14)
Média (mg/L)	0,18	0,16
Desvio-padrão (DP)	0,0411	0,0407
Coeficiente de variação (CV) (%)	22,8	25,4
Faixa de sensibilidade (mg/L)	0,098 – 0,262	0,079 – 0,241

Tabela 3.4 – Percentagem de imobilidade e valores de CE50;48h para os dafnídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* (Crustacea, Cladocera) expostos a extrato de cultura da linhagem tóxica NPLJ-4 de *Microcystis aeruginosa* no meio da fase exponencial, e valores de pH, condutividade elétrica e dureza monitorados durante o teste de toxicidade aguda. (E+0x = 10^x)

Organismos-teste concentrações	<i>C.dubia</i>					<i>C.silvestrii</i>					pH		Condutividade $\mu\text{S}/\text{cm}$		Dureza mgCaCO_3/L
	1	2	3	total	%	1	2	3	total	%	i	f	inicial	final	final
Controle	0/5	0/5	1/5	1/15	6,67	0/5	1/5	0/5	1/15	6,67	7,20	7,88	153,5	161,2	42
10% (8,6E+05)	0/5	1/5	0/5	1/15	6,67	0/5	0/5	0/5	0/15	0	7,95	7,78	161,4	174,5	40
25% (2,15E+06)	0/5	0/5	0/5	0/15	0	0/5	0/5	1/5	1/15	6,67	8,68	7,73	186,5	202	36
50% (4,30E+06)	1/5	1/5	2/5	4/15	26,67	3/5	0/5	1/5	4/15	26,67	9,19	7,60	218	246	30
75% (6,45E+06)	5/5	5/5	4/5	14/15	93,33	5/5	2/5	3/5	10/15	66,67	9,44	7,64	264	286	28
100%	5/5	5/5	5/5	15/15	100	5/5	3/5	5/5	13/15	86,67	9,69	7,74	331	343	22
CE50;48h (IC 95%) %	55,04 (47,21 – 64,16)					62,20 (50,87 – 76,06)					Material: NPLJ-4 meio fase exponencial				
CE50;48h (IC 95%) $\times 10^6$ cel/mL	4,73 (4,06 – 5,52)					5,35 (4,38 – 6,54)					Densidade: $8,6 \times 10^6$ cel/mL		microcistinas: 532,9 $\mu\text{g}/\text{L}$		
Sensibilidade NaCl CE50;48h (IC 95%) g/L	1,88 (1,78 – 1,98)					1,60 (1,43 – 1,80)					Data início: 23/08/05		Data término: 25/08/05		
Organismos-teste concentrações	<i>C.dubia</i>					<i>C.silvestrii</i>					pH		Condutividade $\mu\text{S}/\text{cm}$		Dureza mgCaCO_3/L
	1	2	3	total	%	1	2	3	total	%	i	f	i	f	final
Controle	0/5	0/5	0/5	0/15	0	0/5	1/5	0/5	1/15	6,67	7,40	7,99	159,9	163,9	42
10% (8,6E+05)	0/5	0/5	0/5	0/15	0	0/5	1/5	0/5	1/15	6,67	7,99	7,70	168,5	169,6	38
25% (2,15E+06)	1/5	0/5	0/5	1/15	6,67	1/5	2/5	0/5	3/15	20	8,34	7,48	198,0	199,9	36
50% (4,30E+06)	5/5	4/5	4/5	13/15	86,67	4/5	5/5	5/5	14/15	93,33	8,78	7,37	236	249	32
75% (6,45E+06)	5/5	5/5	4/5	14/15	93,33	4/5	5/5	4/5	13/15	86,67	9,02	7,38	279	295	28
100%	5/5	5/5	5/5	15/15	100	5/5	5/5	5/5	15/15	100	9,21	7,32	332	350	26
CE50;48h (IC 95%) %	36,90 (31,81 – 42,80)					31,24 (31,13 – 38,54)					Material: NPLJ-4 meio fase exponencial				
CE50;48h (IC 95%) $\times 10^6$ cel/mL	3,17 (2,74 – 3,68)					2,69 (2,18 – 3,31)					Densidade: $8,6 \times 10^6$ cel/mL		microcistinas: 594,4 $\mu\text{g}/\text{L}$		
Sensibilidade NaCl CE50;48h (IC 95%) g/L	1,88 (1,78 – 1,98)					1,60 (1,43 – 1,80)					Data início: 31/08/05		Data término: 02/09/05		

Tabela 3.5 – Percentagem de imobilidade e valores de CE50;48h para os dafnídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* (Crustacea, Cladocera) expostos a extrato de cultura da linhagem tóxica NPLJ-4 de *Microcystis aeruginosa* no meio da fase exponencial, e valores de pH, condutividade elétrica e dureza monitorados durante o teste de toxicidade aguda. (E+0x = 10^x)

Organismos-teste concentrações	<i>C.dubia</i>					<i>C.silvestrii</i>					pH		Condutividade $\mu\text{S/cm}$		Dureza mgCaCO_3/L
	1	2	3	total	%	1	2	3	total	%	i	f	i	f	final
Controle	0/5	0/5	0/5	0/15	0	0/5	0/5	1/5	1/15	6,67	7,30	7,74	143,1	147,1	40
10% (7,6E+05)	0/5	0/5	0/5	0/15	0	1/5	0/5	0/5	1/15	6,67	8,09	7,71	166,2	171,3	38
25% (1,9E+06)	0/5	1/5	0/5	1/15	6,67	0/5	0/5	0/5	0/15	0	8,72	7,43	182,5	199,7	36
50% (3,8E+06)	2/5	2/5	2/5	6/15	40	3/5	3/5	4/5	10/15	66,67	9,20	7,27	227	244	30
75% (5,7E+06)	5/5	4/5	5/5	14/15	93,33	5/5	2/5	4/5	11/15	73,33	9,41	7,47	270	286	28
100%	5/5	5/5	5/5	15/15	100	3/5	5/5	5/5	13/15	86,67	9,64	7,45	329	345	24
CE50;48h (IC 95%) %	47,68 (39,86 – 57,03)					46,00 (37,26 – 56,80)					Material: NPLJ-4 meio fase exponencial				
CE50;48h (IC 95%) $\times 10^6$ cel/mL	3,62 (3,03 – 4,33)					3,50 (2,83 – 4,32)					Densidade: $7,6 \times 10^6$ cel/mL microcistinas: 358,9 $\mu\text{g/L}$				
Sensibilidade $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ CE50;48h (IC 95%)mg/L	0,16 (0,13 – 0,20)					0,17 (0,14 – 0,21)					Data início: 01/09/05 Data término: 03/09/05				
Organismos-teste concentrações	<i>C.dubia</i>					<i>C.silvestrii</i>					pH		Condutividade $\mu\text{S/cm}$		Dureza mgCaCO_3/L
	1	2	3	total	%	1	2	3	total	%	i	f	i	f	final
Controle	0/5	1/5	0/5	1/15	6,67	0/5	0/5	1/5	1/15	6,67	7,33	7,91	134,6	166,7	40
10% (5,56E+05)	0/5	0/5	0/5	0/15	0	1/5	0/5	0/5	1/15	6,67	8,07	7,71	156,5	161,3	40
25% (1,39E+06)	0/5	0/5	0/5	0/15	0	0/5	0/5	0/5	0/15	0	8,65	7,61	184,0	185,2	38
50% (2,78E+06)	1/5	1/5	1/5	3/15	20	0/5	2/5	1/5	3/15	20	9,04	7,55	231	232	38
75% (4,17E+06)	2/5	2/5	3/5	7/15	46,67	5/5	4/5	4/5	13/15	86,67	9,21	7,56	276	282	34
100%	5/5	5/5	5/5	15/15	100	5/5	5/5	5/5	15/15	100	9,45	7,57	329	349	34
CE50;48h (IC 95%) %	66,01 (57,13 – 76,26)					58,51 (51,01 – 67,10)					Material: NPLJ-4 meio fase exponencial				
CE50;48h (IC 95%) $\times 10^6$ cel/mL	3,67 (3,18 – 4,24)					3,25 (2,84 – 3,73)					Densidade: $5,56 \times 10^6$ cel/mL microcistinas: -				
Sensibilidade $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ CE50;48h (IC 95%)mg/L	0,16 (0,14 – 0,20)					0,13 (0,11 – 0,16)					Data início: 22/09/05 Data término: 24/09/05				

Tabela 3.6 – Percentagem de imobilidade e valores de CE50;48h para os dafnídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* (Crustacea, Cladocera) expostos a extrato de cultura da linhagem tóxica NPLJ-4 de *Microcystis aeruginosa* no meio da fase exponencial, e valores de pH, condutividade elétrica e dureza monitorados durante o teste de toxicidade aguda. (E+0x = 10^x)

Organismos-teste concentrações	<i>C.dubia</i>					<i>C.silvestrii</i>					pH		Condutividade $\mu\text{S/cm}$		Dureza mgCaCO_3/L
	1	2	3	total	%	1	2	3	total	%	i	f	i	f	final
Controle	0/5	0/5	0/5	0/15	0	0/5	0/5	0/5	0/15	0	7,33	7,91	134,6	166,7	40
10% (5,38E+05)	0/5	0/5	0/5	0/15	0	0/5	0/5	0/5	0/15	0	8,07	7,71	156,5	161,3	40
25% (1,35E+06)	1/5	0/5	0/5	1/15	6,67	0/5	0/5	0/5	0/15	0	8,65	7,61	184,0	185,2	38
50% (2,69E+06)	5/5	4/5	5/5	14/15	93,33	5/5	5/5	5/5	15/15	100	9,04	7,55	231	232	38
75% (4,04E+06)	5/5	5/5	5/5	15/15	100	5/5	5/5	5/5	15/15	100	9,21	7,56	276	282	34
100%	5/5	5/5	5/5	15/15	100	5/5	5/5	5/5	15/15	100	9,45	7,57	329	349	34
CE50;48h (IC 95%) %	34,76 (30,66 – 39,41)					35,36 (–)					Material: NPLJ-4 meio fase exponencial				
CE50;48h (IC 95%) $\times 10^6$ cel/mL	1,87 (1,65 – 2,12)					1,90 (–)					Densidade: $5,38 \times 10^6$ cel/mL microcistinas: 102,6 $\mu\text{g/L}$				
Sensibilidade $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ CE50;48h (IC 95%)mg/L	0,21 (0,18 – 0,23)					0,14 (0,11 – 0,17)					Data início: 13/10/05 Data término: 15/10/05				
Organismos-teste concentrações	<i>C.dubia</i>					<i>C.silvestrii</i>					pH		Condutividade $\mu\text{S/cm}$		Dureza mgCaCO_3/L
	1	2	3	total	%	1	2	3	total	%	i	f	i	f	final
Controle	0/5	0/5	0/5	0/15	0	0/5	0/5	0/5	0/15	0	7,40	7,82	149,9	145,9	46
10% (5,56E+05)	0/5	1/5	1/5	2/15	13,33	0/5	0/5	0/5	0/15	0	8,03	7,83	201	165,0	44
25% (1,39E+06)	4/5	0/5	2/5	6/15	40	0/5	0/5	1/5	1/15	6,67	8,36	7,68	211	196,4	44
50% (2,78E+06)	4/5	5/5	5/5	14/15	93,33	2/5	1/5	4/5	7/15	46,67	8,72	7,53	254	243	44
75% (4,17E+06)	5/5	5/5	5/5	15/15	100	5/5	5/5	5/5	15/15	100	8,97	7,40	305	286	42
100%	5/5	5/5	5/5	15/15	100	5/5	5/5	5/5	15/15	100	9,23	7,39	361	350	42
CE50;48h (IC 95%) %	25,67 (19,01 – 34,66)					44,91 (37,69 – 53,53)					Material: NPLJ-4 meio fase exponencial				
CE50;48h (IC 95%) $\times 10^6$ cel/mL	1,38 (1,02 – 1,87)					2,42 (2,03 – 2,88)					Densidade: $5,56 \times 10^6$ cel/mL microcistinas: -				
Sensibilidade $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ CE50;48h (IC 95%)mg/L	0,16 (0,14 – 0,20)					0,13 (0,11 – 0,16)					Data início: 27/09/05 Data término: 29/09/05				

Tabela 3.7 – Percentagem de imobilidade e valores de CE50;48h para os dafnídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* (Crustacea, Cladocera) expostos a extrato de cultura da linhagem tóxica NPLJ-4 de *Microcystis aeruginosa* no final da fase exponencial, e valores de pH, condutividade elétrica e dureza monitorados durante o teste de toxicidade aguda. ($E+0x = 10^x$)

Organismos-teste concentrações	<i>C.dubia</i>					<i>C.silvestrii</i>					pH		Condutividade $\mu\text{S/cm}$		Dureza mgCaCO_3/L
	1	2	3	total	%	1	2	3	total	%	i	f	i	f	final
Controle	0/5	0/5	0/5	0/15	0	0/5	0/5	1/5	1/15	6,67	7,20	7,89	160,0	183,0	42
10% (1,25E+06)	0/5	0/5	0/5	0/15	0	1/5	1/5	1/5	3/15	20	8,30	7,66	170,8	179,5	40
25% (3,13E+06)	0/5	0/5	0/5	0/15	0	0/5	0/5	1/5	1/15	6,67	8,85	7,51	191,9	191,4	38
50% (6,25E+06)	1/5	3/5	2/5	6/15	20	4/5	1/5	2/5	7/15	46,67	9,27	7,48	219	223	35
75% (9,38E+06)	5/5	5/5	5/5	15/15	100	5/5	5/5	5/5	15/15	100	9,46	7,51	255	253	32
100%	5/5	5/5	5/5	15/15	100	5/5	5/5	5/5	15/15	100	9,60	7,72	285	296	24
CE50;48h (IC 95%) %	49,16 (42,78 – 56,49)					48,41 (37,99 – 61,69)					Material: NPLJ-4 final fase exponencial				
CE50;48h (IC 95%) $\times 10^6$ cel/mL	6,15 (5,35 – 7,06)					6,05 (4,75 – 7,71)					Densidade: $1,25 \times 10^7$ cel/mL		microcistinas: 1776,5 $\mu\text{g/L}$		
Sensibilidade NaCl CE50;48h (IC 95%) g/L	1,60 (1,50 – 1,71)					1,72 (1,62 – 1,82)					Data início: 20/08/05		Data término: 22/08/05		
Organismos-teste concentrações	<i>C.dubia</i>					<i>C.silvestrii</i>					pH		Condutividade $\mu\text{S/cm}$		Dureza mgCaCO_3/L
	1	2	3	total	%	1	2	3	total	%	i	f	i	f	final
Controle	0/5	0/5	0/5	0/15	0	0/5	0/5	0/5	0/15	0	7,50	8,15	142,6	163,3	46
10% (1,25E+06)	0/5	1/5	0/5	1/15	6,67	0/5	0/5	0/5	0/15	0	8,31	7,73	173,9	168,0	44
25% (3,13E+06)	0/5	1/5	3/5	4/15	26,67	0/5	1/5	0/5	1/15	6,67	8,74	7,47	190,2	185,0	42
50% (6,25E+06)	3/5	5/5	5/5	13/15	86,67	5/5	5/5	5/5	15/15	100	9,05	7,46	220	218	40
75% (9,38E+06)	5/5	5/5	5/5	15/15	100	5/5	5/5	5/5	15/15	100	9,19	7,60	250	251	38
100%	5/5	5/5	5/5	15/15	100	5/5	5/5	5/5	15/15	100	9,33	7,63	286	282	32
CE50;48h (IC 95%) %	30,39 (23,80 – 38,81)					33,51 (30,21 – 37,17)					Material: NPLJ-4 final fase exponencial				
CE50;48h (IC 95%) $\times 10^6$ cel/mL	3,80 (2,98 – 4,85)					4,19 (3,78 – 4,65)					Densidade: $1,25 \times 10^7$ cel/mL		microcistinas: 1714,5 $\mu\text{g/L}$		
Sensibilidade $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ CE50;48h (IC 95%)mg/L	0,16 (0,13 – 0,20)					0,17 (0,14 – 0,21)					Data início: 06/09/05		Data término: 08/09/05		

Tabela 3.8 – Percentagem de imobilidade e valores de CE50;48h para os dafnídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* (Crustacea, Cladocera) expostos a extrato de cultura da linhagem tóxica NPLJ-4 de *Microcystis aeruginosa* no final da fase exponencial, e valores de pH, condutividade elétrica e dureza monitorados durante o teste de toxicidade aguda. (E+0x = 10^x)

Organismos-teste concentrações	<i>C.dubia</i>					<i>C.silvestrii</i>					pH		Condutividade $\mu\text{S}/\text{cm}$		Dureza mgCaCO_3/L
	1	2	3	total	%	1	2	3	total	%	i	f	i	f	final
Controle	0/5	0/5	0/5	0/15	0	0/5	0/5	1/5	1/15	6,67	7,21	8,06	147,5	170,5	44
10% (1,25E+06)	0/5	0/5	0/5	0/15	0	0/5	0/5	0/5	0/15	0	8,32	7,80	166,3	173,6	40
25% (3,13E+06)	0/5	0/5	0/5	0/15	0	0/5	0/5	0/5	0/15	0	9,08	7,62	181,1	189,5	38
50% (6,25E+06)	1/5	0/5	1/5	2/15	13,33	1/5	4/5	2/5	7/15	46,67	9,50	7,58	212	222	30
75% (9,38E+06)	3/5	3/5	3/5	9/15	60	4/5	4/5	2/5	10/15	66,67	9,70	7,78	245	242	22
100%	5/5	4/5	4/5	13/15	86,67	5/5	3/5	3/5	11/15	73,33	9,90	7,89	262	289	14
CE50;48h (IC 95%) %	69,46 (60,78 – 79,39)					55,35 (40,63 – 75,41)					Material: NPLJ-4 final fase exponencial				
CE50;48h (IC 95%) $\times 10^6$ cel/mL	8,68 (7,60 – 9,92)					6,92 (5,08 – 9,43)					Densidade: $1,25 \times 10^7$ cel/mL microcistinas: 674,8 $\mu\text{g}/\text{L}$				
Sensibilidade $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ CE50;48h (IC 95%)mg/L	0,14 (0,12 – 0,17)					0,12 (0,11 – 0,13)					Data início: 05/10/05 Data término: 07/10/05				
Organismos-teste concentrações	<i>C.dubia</i>					<i>C.silvestrii</i>					pH		Condutividade $\mu\text{S}/\text{cm}$		Dureza mgCaCO_3/L
	1	2	3	total	%	1	2	3	total	%	i	f	i	f	final
Controle	0/5	0/5	0/5	0/15	0	0/5	0/5	1/5	1/15	6,67	7,24	7,77	156,4	156,0	46
10% (1,34E+06)	0/5	0/5	1/5	1/15	6,67	1/5	0/5	0/5	1/15	6,67	8,22	7,64	176,1	163,5	42
25% (3,35E+06)	1/5	0/5	1/5	2/15	13,33	0/5	1/5	2/5	3/15	20	8,85	7,54	182,8	187,4	38
50% (6,70E+06)	5/5	5/5	3/5	13/15	86,67	3/5	3/5	5/5	11/15	73,33	9,24	7,53	210	220	-
75% (1,01E+07)	4/5	3/5	3/5	10/15	66,67	5/5	3/5	5/5	13/15	86,67	9,44	7,53	238	245	26
100%	5/5	3/5	4/5	13/15	86,67	5/5	4/5	3/5	12/15	80	9,68	7,61	272	291	16
CE50;48h (IC 95%) %	35,36 (31,44 – 39,76)					37,16 (29,68 – 46,52)					Material: NPLJ-4 final fase exponencial				
CE50;48h (IC 95%) $\times 10^6$ cel/mL	4,74 (4,21 – 5,53)					4,98 (3,98 – 6,23)					Densidade: $1,34 \times 10^7$ cel/mL microcistinas: 497,9 $\mu\text{g}/\text{L}$				
Sensibilidade $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ CE50;48h (IC 95%)mg/L	0,22 (0,20 – 0,24)					0,20 (0,17 – 0,23)					Data início: 08/11/05 Data término: 10/11/05				

Tabela 3.9 – Percentagem de imobilidade e valores de CE50;48h para os dafnídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* (Crustacea, Cladocera) expostos a extrato de cultura da linhagem tóxica NPLJ-4 de *Microcystis aeruginosa* no final da fase exponencial, e valores de pH, condutividade elétrica e dureza monitorados durante o teste de toxicidade aguda. ($E+0x = 10^x$)

Organismos-teste	<i>C.dubia</i>					<i>C.silvestrii</i>					pH		Condutividade $\mu\text{S}/\text{cm}$		Dureza mgCaCO_3/L				
concentrações	1	2	3	total	%	1	2	3	total	%	i	f	i	f	final				
Controle	0/5	0/5	0/5	0/15	0	0/5	0/5	0/5	0/15	0	7,60	7,78	160,0	128,2	42				
10% (9,84E+05)	0/5	0/5	0/5	0/15	0	0/5	0/5	0/5	0/15	0	8,05	7,51	143,5	150,8	38				
25% (2,46E+06)	5/5	5/5	5/5	15/15	100	5/5	5/5	5/5	15/15	100	8,40	7,33	159,1	167,5	36				
50% (4,92E+06)	5/5	5/5	5/5	15/15	100	5/5	5/5	5/5	15/15	100	8,73	7,32	189,7	213	36				
100%	5/5	5/5	5/5	15/15	100	5/5	5/5	5/5	15/15	100	9,05	7,50	234	277	22				
CE50;48h (IC 95%) %	15,81 (–)					15,81 (–)					Material: NPLJ-4 final fase exponencial								
CE50;48h (IC 95%) $\times 10^6$ cel/mL	1,56 (–)					1,56 (–)					Densidade: $9,84 \times 10^6$ cel/mL		microcistinas: -						
Sensibilidade $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ CE50;48h (IC 95%)mg/L	0,26 (0,22 – 0,30)					0,21 (0,14 – 0,31)					Data início: 31/01/06		Data término: 02/02/06						
Organismos-teste	<i>C.dubia</i>					<i>C.silvestrii</i>					pH			Condutividade $\mu\text{S}/\text{cm}$			Dureza mgCaCO_3/L		
concentrações	1	2	3	4	total	%	1	2	3	4	total	%	i	CD	CS	i	CD	CS	final
Controle	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,3	7,6	7,7	169	191	195	50
6,25% (8,94E+05)	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	0/5	0/5	1/5	0/5	1/20	5	7,8	7,5	7,5	176	192	187	-
10% (1,43E+06)	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	3/5	4/5	2/5	3/5	12/20	60	8,1	7,4	7,4	181	200	200	42
25% (3,58E+06)	2/5	4/5	4/5	4/5	14/20	70	1/5	5/5	4/5	5/5	15/20	75	8,8	7,3	7,3	199	222	224	38
50% (7,15E+06)	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	100	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	100	9,2	7,2	7,2	228	269	260	-
100%	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	100	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	100	9,7	7,2	7,2	295	354	352	10
CE50;48h (IC 95%) %	21,76 (18,88 – 25,09)					13,29 (10,60 – 16,67)					Material: NPLJ-4 final fase exponencial								
CE50;48h (IC 95%) $\times 10^6$ cel/mL	3,11 (2,7 – 3,59)					1,90 (1,52 – 2,38)					Densidade: $1,43 \times 10^7$ cel/mL		microcistinas: -						
Sensibilidade NaCl CE50;48h (IC 95%) g/L	1,25 (1,13 – 1,38)					1,12 (1,00 – 1,24)					Data início: 12/09/06		Data término: 14/09/06						

Tabela 3.10 – Percentagem de imobilidade e valores de CE50;48h para os dafnídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* (Crustacea, Cladocera) expostos a extrato de cultura da linhagem tóxica NPLJ-4 de *Microcystis aeruginosa* na fase estacionária, e valores de pH, condutividade elétrica e dureza monitorados durante o teste de toxicidade aguda. (E+0x = 10^x)

Organismos-teste	<i>C.dubia</i>					<i>C.silvestrii</i>					pH		Condutividade $\mu\text{S}/\text{cm}$		Dureza mgCaCO_3/L
Concentrações	1	2	3	total	%	1	2	3	total	%	i	f	i	f	final
Controle	1/5	0/5	0/5	1/15	6,67	1/5	0/5	0/5	1/15	6,67	7,50	8,00	144,5	177,5	42
10% (1,4E+06)	0/5	0/5	1/5	1/15	6,67	0/5	0/5	0/5	0/15	0	8,03	7,55	172,8	182,0	40
25% (3,5E+06)	0/5	0/5	0/5	0/15	0	0/5	0/5	1/5	1/15	6,67	8,41	7,23	189,3	193,0	34
50% (7,0E+06)	0/5	0/5	0/5	0/15	0	1/5	0/5	0/5	1/15	6,67	8,91	7,14	230	225	32
75% (1,05E+07)	0/5	0/5	0/5	0/15	0	2/5	0/5	2/5	4/15	26,67	9,12	7,11	267	273	24
100%	3/5	1/5	2/5	6/15	40	2/5	3/5	3/5	8/15	53,33	9,30	7,10	321	314	16
CE50;48h (IC 95%) %	Não calculável					96,47 (75,50 – 123,27)					Material: NPLJ-4 fase estacionária				
CE50;48h (IC 95%) $\times 10^6$ cel/mL	-					13,5 (10,6 – 17,3)					Densidade: $1,40 \times 10^7$ cel/mL microcistinas: 1154,5 $\mu\text{g}/\text{L}$				
Sensibilidade NaCl CE50;48h (IC 95%) g/L	1,60 (1,50 – 1,71)					1,72 (1,62 – 1,82)					Data início: 18/08/05 Data término: 20/08/05				
Organismos-teste	<i>C.dubia</i>					<i>C.silvestrii</i>					pH		Condutividade $\mu\text{S}/\text{cm}$		Dureza mgCaCO_3/L
concentrações	1	2	3	total	%	1	2	3	total	%	i	f	i	f	final
Controle	0/5	0/5	0/5	0/15	0	0/5	0/5	0/5	0/15	0	7,20	-	155,0	158,8	44
10% (1,53E+06)	0/5	0/5	0/5	0/15	0	0/5	0/5	0/5	0/15	0	8,08	-	170,0	166,6	42
25% (3,83E+06)	0/5	0/5	0/5	0/15	0	0/5	0/5	0/5	0/15	0	8,38	-	188,7	190,1	38
50% (7,65E+06)	2/5	0/5	0/5	2/15	13,33	0/5	1/5	0/5	1/15	6,67	8,76	-	216	221	34
75% (1,15E+07)	3/5	2/5	2/5	7/15	46,67	2/5	0/5	1/5	3/15	20	8,94	-	246	251	34
100%	5/5	5/5	4/5	14/15	93,33	2/5	4/5	4/5	10/15	66,67	9,12	-	278	291	14
CE50;48h (IC 95%) %	71,70 (62,27 – 82,55)					90,24 (81,11 – 100,39)					Material: NPLJ-4 fase estacionária				
CE50;48h (IC 95%) $\times 10^6$ cel/mL	11,0 (9,53 – 12,6)					13,8 (12,4 – 15,4)					Densidade: $1,53 \times 10^7$ cel/mL microcistinas: 991,7 $\mu\text{g}/\text{L}$				
Sensibilidade NaCl CE50;48h (IC 95%) g/L	1,88 (1,78 – 1,98)					1,60 (1,43 – 1,80)					Data início: 25/08/05 Data término: 27/08/05				

Tabela 3.11 – Percentagem de imobilidade e valores de CE50;48h para os dafnídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* (Crustacea, Cladocera) expostos a extrato de cultura da linhagem tóxica NPLJ-4 de *Microcystis aeruginosa* na fase estacionária, e valores de pH, condutividade elétrica e dureza monitorados durante o teste de toxicidade aguda. (E+0x = 10^x)

Organismos-teste	<i>C.dubia</i>					<i>C.silvestrii</i>					pH		Condutividade $\mu\text{S}/\text{cm}$		Dureza mgCaCO_3/L
concentrações	1	2	3	total	%	1	2	3	total	%	i	f	i	f	final
Controle	0/5	0/5	0/5	0/15	0	0/5	0/5	0/5	0/15	0	7,20	7,85	149,6	164,9	44
10% (1,4E+06)	0/5	0/5	0/5	0/15	0	0/5	1/5	0/5	1/15	6,67	8,43	7,33	178,6	167,2	42
25% (3,5E+06)	0/5	0/5	0/5	0/15	0	1/5	0/5	0/5	1/15	6,67	8,88	7,17	190,8	186,7	40
50% (7,0E+06)	1/5	0/5	0/5	1/15	6,67	0/5	0/5	0/5	0/15	0	9,27	7,15	225	227	40
75% (1,05E+07)	0/5	2/5	3/5	5/15	33,33	0/5	1/5	2/5	3/15	20	9,45	7,01	263	288	38
100%	2/5	2/5	3/5	7/15	46,67	1/5	3/5	3/5	7/15	46,67	9,66	7,05	298	342	36
CE50;48h (IC 95%) %	Não calculável					Não calculável					Material: NPLJ-4 fase estacionária				
CE50;48h (IC 95%) $\times 10^6$ cel/mL	-					-					Densidade: $1,40 \times 10^7$ cel/mL microcistinas: 1108,7 $\mu\text{g}/\text{L}$				
Sensibilidade $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ CE50;48h (IC 95%)mg/L	0,11 (0,09 – 0,13)					0,14 (0,12 – 0,17)					Data início: 13/09/05 Data término: 15/09/05				
Organismos-teste	<i>C.dubia</i>					<i>C.silvestrii</i>					pH		Condutividade $\mu\text{S}/\text{cm}$		Dureza mgCaCO_3/L
concentrações	1	2	3	total	%	1	2	3	total	%	i	f	i	f	final
Controle	0/5	0/5	0/5	0/15	0	1/5	0/5	0/5	1/15	6,67	7,60	7,91	144,2	156,7	44
10% (1,53E+06)	0/5	0/5	0/5	0/15	0	0/5	1/5	0/5	1/15	6,67	8,09	7,55	167,6	171,5	-
25% (3,83E+06)	1/5	0/5	3/5	4/15	26,67	0/5	0/5	0/5	0/15	0	8,64	7,25	186,1	189,3	42
50% (7,65E+06)	1/5	0/5	0/5	1/15	6,67	0/5	0/5	0/5	0/15	0	8,95	7,24	216	217	38
75% (1,15E+07)	4/5	5/5	5/5	14/15	93,33	4/5	2/5	5/5	11/15	73,33	9,15	7,28	248	261	32
100%	5/5	5/5	5/5	15/15	100	5/5	5/5	5/5	15/15	100	9,27	7,36	276	298	17
CE50;48h (IC 95%) %	48,75 (39,83 – 59,65)					66,73 (61,02 – 72,97)					Material: NPLJ-4 fase estacionária				
CE50;48h (IC 95%) $\times 10^6$ cel/mL	7,46 (6,09 – 9,12)					10,2 (9,34 – 11,2)					Densidade: $1,53 \times 10^7$ cel/mL microcistinas: -				
Sensibilidade $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ CE50;48h (IC 95%)mg/L	0,16 (0,14 – 0,20)					0,13 (0,11 – 0,16)					Data início: 20/09/05 Data término: 22/09/05				

Tabela 3.12 – Percentagem de imobilidade e valores de CE50;48h para os dafnídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* (Crustacea, Cladocera) expostos a extrato de cultura da linhagem tóxica NPLJ-4 de *Microcystis aeruginosa* na fase estacionária, e valores de pH, condutividade elétrica e dureza monitorados durante o teste de toxicidade aguda. (E+0x = 10^x)

Organismos-teste concentrações	<i>C.dubia</i>					<i>C.silvestrii</i>					pH		Condutividade $\mu\text{S}/\text{cm}$		Dureza mgCaCO_3/L
	1	2	3	total	%	1	2	3	total	%	i	f	i	f	final
Controle	0/5	0/5	0/5	0/15	0	0/5	0/5	0/5	0/15	0	7,44	8,13	149,9	198,5	42
10% (1,63E+06)	0/5	0/5	0/5	0/15	0	0/5	0/5	0/5	0/15	0	8,18	7,78	160,8	177,8	42
25% (4,08E+06)	0/5	0/5	0/5	0/15	0	1/5	0/5	0/5	1/15	6,67	8,80	7,53	177,7	195,4	42
50% (8,15E+06)	1/5	0/5	1/5	2/15	13,33	0/5	0/5	1/5	1/15	6,67	9,13	7,57	206	223	36
75% (1,22E+07)	3/5	3/5	1/5	7/15	46,67	1/5	0/5	0/5	1/15	6,67	9,36	7,60	231	251	30
100%	3/5	4/5	2/5	9/15	60	5/5	3/5	1/5	9/15	60	9,64	7,89	264	285	22
CE50;48h (IC 95%) %	81,44 (42,94 – 154,45)					94,75 (84,74 – 105,94)					Material: NPLJ-4 fase estacionária				
CE50;48h (IC 95%) $\times 10^6$ cel/mL	13,3 (7,0 – 25,2)					15,4 (13,8 – 17,3)					Densidade: $1,63 \times 10^7$ cel/mL microcistinas: 777,6 $\mu\text{g}/\text{L}$				
Sensibilidade $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ CE50;48h (IC 95%)mg/L	0,16 (0,14 – 0,20)					0,13 (0,11 – 0,16)					Data início: 28/09/05 Data término: 30/09/05				
Organismos-teste concentrações	<i>C.dubia</i>					<i>C.silvestrii</i>					pH		Condutividade $\mu\text{S}/\text{cm}$		Dureza mgCaCO_3/L
	1	2	3	total	%	1	2	3	total	%	i	f	i	f	final
Controle	0/5	0/5	0/5	0/15	0	0/5	0/5	0/5	0/15	0	7,44	8,13	149,9	198,5	42
10% (1,63E+06)	1/5	0/5	0/5	1/15	6,67	0/5	0/5	1/5	1/15	6,67	8,18	7,78	160,8	177,8	42
25% (4,08E+06)	0/5	0/5	0/5	0/15	0	0/5	1/5	0/5	1/15	6,67	8,80	7,53	177,7	195,4	42
50% (8,15E+06)	0/5	1/5	0/5	1/15	6,67	0/5	1/5	0/5	1/15	6,67	9,13	7,57	206	223	36
75% (1,22E+07)	3/5	2/5	2/5	7/15	46,67	0/5	1/5	0/5	1/15	6,67	9,36	7,60	231	251	30
100%	2/5	2/5	4/5	8/15	53,33	2/5	2/5	3/5	7/15	46,67	9,64	7,89	264	285	22
CE50;48h (IC 95%) %	86,60 (39,46 – 190,08)					Não calculável					Material: NPLJ-4 fase estacionária				
CE50;48h (IC 95%) $\times 10^6$ cel/mL	14,1 (6,43 – 31,0)					-					Densidade: $1,63 \times 10^7$ cel/mL microcistinas: -				
Sensibilidade $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ CE50;48h (IC 95%)mg/L	0,14 (0,12 – 0,17)					0,12 (0,11 – 0,13)					Data início: 04/10/05 Data término: 06/10/05				

Tabela 3.13 – Percentagem de imobilidade e valores de CE50;48h para os dafnídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* (Crustacea, Cladocera) expostos a extrato de cultura da linhagem tóxica NPLJ-4 de *Microcystis aeruginosa* na fase senescente, e valores de pH, condutividade elétrica e dureza monitorados durante o teste de toxicidade aguda. (E+0x = 10^x)

Organismos-teste	<i>C.dubia</i>					<i>C.silvestrii</i>					pH		Condutividade $\mu\text{S/cm}$		Dureza mgCaCO_3/L
Concentrações	1	2	3	total	%	1	2	3	total	%	i	f	i	f	final
Controle	0/5	0/5	0/5	0/15	0	0/5	0/5	0/5	1/15	6,67	7,60	7,84	151,6	196,9	42
10% (1,14E+06)	0/5	0/5	0/5	0/15	0	0/5	0/5	0/5	0/15	0	8,02	7,45	179,7	178,6	42
25% (2,85E+06)	4/5	3/5	5/5	12/15	80	1/5	5/5	5/5	11/15	73,33	8,38	7,19	194,9	199,5	36
50% (5,70E+06)	5/5	5/5	5/5	15/15	100	5/5	5/5	5/5	15/15	100	8,74	7,01	230	247	36
75% (8,55E+06)	5/5	5/5	5/5	15/15	100	5/5	5/5	5/5	15/15	100	8,93	6,85	270	288	32
100%	5/5	5/5	5/5	15/15	100	5/5	5/5	5/5	15/15	100	9,04	6,79	340	344	26
CE50;48h (IC 95%) %	18,57 (15,73-21,93)					20,33 (16,69-24,75)					Material: NPLJ-4 fase senescente				
CE50;48h (IC 95%) $\times 10^6$ cel/mL	2,12 (1,79 – 2,50)					2,32 (1,90 – 2,82)					Densidade: $1,14 \times 10^7$ cel/mL		Microcistinas: 1120,0 $\mu\text{g/L}$		
Sensibilidade NaCl CE50;48h (IC 95%) g/L	1,60 (1,50 – 1,71)					1,72 (1,62 – 1,82)					Data início: 17/08/05		Data término: 19/08/05		
Organismos-teste	<i>C.dubia</i>					<i>C.silvestrii</i>					pH		Condutividade $\mu\text{S/cm}$		Dureza mgCaCO_3/L
Concentrações	1	2	3	total	%	1	2	3	total	%	i	f	i	f	final
Controle	0/5	0/5	0/5	0/15	0	0/5	0/5	1/5	1/15	6,67	7,20	8,04	155,0	184,5	44
10% (1,24E+06)	0/5	0/5	0/5	0/15	0	0/5	0/5	0/5	0/15	0	7,94	7,54	175,5	178,1	40
25% (3,10E+06)	0/5	0/5	0/5	0/15	0	0/5	2/5	0/5	2/15	13,33	8,07	7,40	193,3	193,6	40
50% (6,20E+06)	4/5	5/5	5/5	14/15	93,33	5/5	5/5	4/5	14/15	93,33	8,22	7,34	235	243	40
75% (9,30E+06)	5/5	5/5	5/5	15/15	100	5/5	5/5	5/5	15/15	100	8,31	7,37	277	272	40
100%	5/5	5/5	5/5	15/15	100	5/5	5/5	5/5	15/15	100	8,37	7,45	332	326	34
CE50;48h (IC 95%) %	36,67 (34,17 – 39,36)					32,94 (28,13 – 38,58)					Material: NPLJ-4 fase senescente				
CE50;48h (IC 95%) $\times 10^6$ cel/mL	4,55 (4,24 – 4,88)					4,09 (3,49 – 4,78)					Densidade: $1,24 \times 10^7$ cel/mL		microcistinas: -		
Sensibilidade NaCl CE50;48h (IC 95%) g/L	1,88 (1,78 – 1,98)					1,60 (1,43 – 1,80)					Data início: 24/08/05		Data término: 26/08/05		

Tabela 3.14 – Percentagem de imobilidade e valores de CE50;48h para os dafnídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* (Crustacea, Cladocera) expostos a extrato de cultura da linhagem tóxica NPLJ-4 de *Microcystis aeruginosa* na fase senescente, e valores de pH, condutividade elétrica e dureza monitorados durante o teste de toxicidade aguda. (E+0x = 10^x)

Organismos-teste	<i>C.dubia</i>					<i>C.silvestrii</i>					pH		Condutividade $\mu\text{S}/\text{cm}$		Dureza mgCaCO_3/L
concentrações	1	2	3	total	%	1	2	3	total	%	i	f	i	f	Final
Controle	0/5	0/5	1/5	1/15	6,67	0/5	1/5	0/5	1/15	6,67	7,36	7,94	151,7	164,7	48
10% (1,24E+06)	0/5	0/5	0/5	0/15	0	0/5	0/5	0/5	0/15	0	7,72	7,53	174,8	169,4	46
25% (3,10E+06)	0/5	1/5	0/5	1/15	6,67	0/5	0/5	1/5	1/15	6,67	7,98	7,36	196,7	205	46
50% (6,20E+06)	5/5	5/5	5/5	15/15	100	5/5	5/5	5/5	15/15	100	8,25	7,36	232	231	44
75% (9,30E+06)	5/5	5/5	5/5	15/15	100	5/5	5/5	5/5	15/15	100	8,36	7,40	270	277	44
100%	5/5	5/5	5/5	15/15	100	5/5	5/5	5/5	15/15	100	8,51	7,47	319	304	42
CE50;48h (IC 95%) %	33,51 (30,21 – 37,17)					33,51 (30,21 – 37,17)					Material: NPLJ-4 fase senescente				
CE50;48h (IC 95%) $\times 10^6$ cel/mL	4,16 (3,75 – 4,61)					4,16 (3,75 – 4,61)					Densidade: $1,24 \times 10^7$ cel/mL		microcistinas: 1290,7 $\mu\text{g}/\text{L}$		
Sensibilidade $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ CE50;48h (IC 95%)mg/L	0,11 (0,09 – 0,13)					0,14 (0,12 – 0,17)					Data início: 15/09/05		Data término: 17/09/05		
Organismos-teste	<i>C.dubia</i>					<i>C.silvestrii</i>					pH		Condutividade $\mu\text{S}/\text{cm}$		Dureza mgCaCO_3/L
concentrações	1	2	3	total	%	1	2	3	total	%	i	f	i	f	Final
Controle	0/5	1/5	0/5	1/15	6,67	0/5	1/5	0/5	1/15	6,67	7,33	8,00	134,6	142,7	42
10% (1,14E+06)	0/5	0/5	0/5	0/15	0	0/5	0/5	0/5	0/15	0	7,87	7,37	159,9	148,8	42
25% (2,85E+06)	4/5	5/5	3/5	12/15	80	5/5	3/5	5/5	13/15	86,67	8,32	7,20	178,0	194,1	-
50% (5,70E+06)	5/5	5/5	5/5	15/15	100	5/5	5/5	5/5	15/15	100	8,75	6,95	215	227	36
75% (8,55E+06)	5/5	5/5	5/5	15/15	100	5/5	5/5	5/5	15/15	100	9,02	6,76	259	285	36
100%	5/5	5/5	5/5	15/15	100	5/5	5/5	5/5	15/15	100	9,20	6,75	291	330	32
CE50;48h (IC 95%) %	18,57 (15,73 – 21,93)					17,60 (15,28 – 20,27)					Material: NPLJ-4 fase senescente				
CE50;48h (IC 95%) $\times 10^6$ cel/mL	2,12 (1,79 – 2,50)					2,01 (1,74 – 2,31)					Densidade: $1,14 \times 10^7$ cel/mL		microcistinas: 1208,4 $\mu\text{g}/\text{L}$		
Sensibilidade $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ CE50;48h (IC 95%)mg/L	0,16 (0,14 – 0,20)					0,13 (0,11 – 0,16)					Data início: 21/09/05		Data término: 23/09/05		

Tabela 3.15 – Percentagem de imobilidade e valores de CE50;48h para os dafnídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* (Crustacea, Cladocera) expostos a extrato de cultura da linhagem tóxica NPLJ-4 de *Microcystis aeruginosa* na fase senescente, e valores de pH, condutividade elétrica e dureza monitorados durante o teste de toxicidade aguda. (E+0x = 10^x)

Organismos-teste	<i>C.dubia</i>					<i>C.silvestrii</i>					pH		Condutividade $\mu\text{S/cm}$		Dureza mgCaCO_3/L
concentrações	1	2	3	total	%	1	2	3	total	%	i	f	i	f	final
Controle	0/5	0/5	0/5	0/15	0	1/5	2/5	1/5	4/15	26,7*	7,34	8,05	155,9	161,7	44
10% (1,14E+06)	0/5	0/5	0/5	0/15	0	1/5	0/5	0/5	1/15	6,7	8,30	7,63	188,7	182,4	42
25% (2,85E+06)	4/5	5/5	5/5	14/15	93,3	5/5	5/5	5/5	15/15	100	8,58	7,31	199,2	207	40
50% (5,70E+06)	5/5	5/5	5/5	15/15	100	5/5	5/5	5/5	15/15	100	8,89	6,95	233	251	40
75% (8,55E+06)	5/5	5/5	5/5	15/15	100	5/5	5/5	5/5	15/15	100	8,99	6,97	271	307	38
100%	5/5	5/5	5/5	15/15	100	5/5	5/5	5/5	15/15	100	9,07	6,97	310	346	38
CE50;48h (IC 95%) %	16,68 (15,04 – 18,50)					15,81 (–)					Material: NPLJ-4 fase senescente				
CE50;48h (IC 95%) $\times 10^6$ cel/mL	1,90 (1,72 – 2,11)					1,80 (–)					Densidade: $1,14 \times 10^7$ cel/mL microcistinas: -				
Sensibilidade $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ CE50;48h (IC 95%)mg/L	0,14 (0,12 – 0,17)					0,12 (0,11 – 0,13)					Data início: 11/10/05 Data término: 13/10/05				
Organismos-teste	<i>C.dubia</i>					<i>C.silvestrii</i>					pH		Condutividade $\mu\text{S/cm}$		Dureza mgCaCO_3/L
concentrações	1	2	3	total	%	1	2	3	total	%	i	f	i	F	final
Controle	0/5	0/5	0/5	0/15	0	0/5	0/5	0/5	0/15	0	7,29	7,64	152,2	152,1	44
10% (1,14E+06)	0/5	0/5	0/5	0/15	0	0/5	0/5	0/5	0/15	0	8,17	7,30	178,4	163,8	44
25% (2,85E+06)	4/5	4/5	5/5	13/15	86,7	5/5	3/5	4/5	12/15	80	8,58	7,11	192,0	196,9	42
50% (5,70E+06)	5/5	5/5	5/5	15/15	100	5/5	5/5	4/5	14/15	93,3	8,93	7,54	228	234	42
75% (8,55E+06)	5/5	5/5	5/5	15/15	100	5/5	5/5	5/5	15/15	100	9,08	7,11	265	267	38
100%	5/5	5/5	5/5	15/15	100	5/5	5/5	5/5	15/15	100	9,21	7,45	313	327	36
CE50;48h (IC 95%) %	17,60 (15,28 – 20,27)					19,27 (16,08 – 23,08)					Material: NPLJ-4 fase senescente				
CE50;48h (IC 95%) $\times 10^6$ cel/mL	2,01 (1,74 – 2,31)					2,20 (1,83 – 2,63)					Densidade: $1,14 \times 10^7$ cel/mL microcistinas: -				
Sensibilidade $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ CE50;48h (IC 95%)mg/L	0,21 (0,18 – 0,23)					0,14 (0,11 – 0,17)					Data início: 18/10/05 Data término: 20/10/05				

* resultado invalidado, pois a imobilidade excedeu 10% no controle (ABNT, 2004)

Tabela 3.16 – Número de neonatas produzidas por fêmeas dos dafnídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* (Crustacea, Cladocera), expostas ao extrato de cultura da linhagem tóxica NPLJ-4 de *Microcystis aeruginosa* no final da fase exponencial, e valores de pH, condutividade elétrica e dureza monitorados durante o teste de toxicidade crônica (8 dias).

Material: NPLJ-4 fim fase exponencial												Densidade $1,43 \times 10^7$ cel/mL												Microcistinas: -											
Data início: 29/08/06												Data término: 06/09/06																							
Sensibilidade NaCl (IC 95%) g/L												1,32 (1,24 – 1,40)												0,94 (0,84 – 1,05)											
Org.-teste												<i>C. dubia</i>												<i>C. silvestrii</i>											
réplicas												1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	total	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	total		
Controle												21	19	22	16	23	22	12	13	18	17	183	0	13	20	23	22	24	19	24	3	20	168		
1%												28	28	19	28	30	27	29	10†	26	26	251	24	28	18	17	28	9	20	28	20	21	213		
2%												31	25	28	28	29	28	29	27	28	32	285	7	19	10	27	15	32	15	19	24	21	189		
4%												21	24	21	20	31	33	32	27	22	35	266	0	9	24	0	25	18	26	0†	11	15	128		
8%												13	19	30	14	10	22	26	14	22	17	187	0	0†	3	4	9	7	0†	0†	3	13	39		
16%												3	0†	3	0†	0†	0†	0	0†	0†	0†	6	0†	0†	0†	0†	0†	0†	0†	0†	0†	0†	0		
Variáveis												pH				Condutividade $\mu\text{S}/\text{cm}$								Dureza mgCaCO_3/L											
												inicial		<i>C.dubia</i>		<i>C.silvestrii</i>		inicial		<i>C.dubia</i>		<i>C.silvestrii</i>		inicial		<i>C.dubia</i>		<i>C.silvestrii</i>							
Controle												7,31		7,70		7,71		149,0		157,2		161,8		42		42		42							
1%												7,43		7,43		7,52		149,3		162,5		165,4		40		40		40							
2%												7,76		7,47		7,47		146,4		162,3		165,4		40		38		38							
4%												7,89		7,40		7,42		153,3		164,5		168,3		40		38		38							
8%												8,28		7,41		7,41		157,6		169,8		171,0		38		36		40							
16%												8,56		7,42		7,35		170,5		178,8		199,8		36		36		36							

† organismo morto durante ou ao final do experimento

C1 – Resultados dos testes estatísticos aplicados aos dados do teste de toxicidade crônica (8 dias) para os dafnídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* (Crustacea, Cladocera), expostos ao extrato de cultura da linhagem tóxica NPLJ-4 de *Microcystis aeruginosa* no fim da fase exponencial. ($E+0x = 10^x$)

C1.1. Sobrevivência: teste de Fisher

C1.1.1. *C. dubia*

SUMMARY OF FISHERS EXACT TESTS				
GROUP	IDENTIFICATION	NUMBER EXPOSED	NUMBER DEAD	SIG (P=.05)
	CONTROLE	10	0	
1	NPLJ-4 1% (1.43E+05)	10	1	
2	NPLJ-4 2% (2.86E+05)	10	0	
3	NPLJ-4 4% (5.72E+05)	10	0	
4	NPLJ-4 8% (1.14E+06)	10	0	
5	NPLJ-4 16% (2.29E+06)	10	7	*

C1.1.2. *C. silvestrii*

SUMMARY OF FISHERS EXACT TESTS				
GROUP	IDENTIFICATION	NUMBER EXPOSED	NUMBER DEAD	SIG (P=.05)
	CONTROLE	10	0	
1	NPLJ-4 1% (1.43E+05)	10	0	
2	NPLJ-4 2% (2.86E+05)	10	0	
3	NPLJ-4 4% (5.72E+05)	10	1	
4	NPLJ-4 8% (1.14E+06)	10	3	
5	NPLJ-4 16% (2.29E+06)	10	10	*

C1.2. Reprodução: resumo estatístico dos dados, métodos Dunnett e Tukey

C1.2.1. *C. dubia*

SUMMARY STATISTICS ON TRANSFORMED DATA TABLE								
GRP	IDENTIFICATION	N	MIN	MAX	MEAN	VARIANCE	SD	SEM
1	0 (controle)	10	12.000	23.000	18.300	14.678	3.831	1.212
2	1.43E+05	10	10.000	30.000	25.100	37.211	6.100	1.929
3	2.86E+05	10	25.000	32.000	28.500	3.833	1.958	0.619
4	5.72E+05	10	20.000	35.000	26.600	32.711	5.719	1.809
5	1.14E+06	10	10.000	30.000	18.700	39.789	6.308	1.995
6	2.29E+06	10	0.000	3.000	0.600	1.600	1.265	0.400

ANOVA TABLE

SOURCE	DF	SS	MS	F
Between	5	5219.533	1043.907	48.246
Within (Error)	54	1168.400	21.637	
Total	59	6387.933		

Critical F value = 2.45 (0.05,5,40)

Since $F > \text{Critical F}$ REJECT H_0 : All groups equal

DUNNETTS TEST - TABLE 1 OF 2

 H_0 : Control < Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	TRANSFORMED	MEAN CALCULATED IN		T STAT	SIG
		MEAN	ORIGINAL UNITS			
1	0 (controle)	18.300	18.300			
2	1.43E+05	25.100	25.100		-3.269	
3	2.86E+05	28.500	28.500		-4.903	
4	5.72E+05	26.600	26.600		-3.990	
5	1.14E+06	18.700	18.700		-0.192	
6	2.29E+06	0.600	0.600		8.509	*

Dunnett table value = 2.31 (1 Tailed Value, $P=0.05$, $df=40,5$)

DUNNETTS TEST - TABLE 2 OF 2

 H_0 : Control < Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	NUM OF	Minimum Sig Diff	% of	DIFFERENCE
		REPS	(IN ORIG. UNITS)	CONTROL	FROM CONTROL
1	0 (controle)	10			
2	1.43E+05	10	4.805	26.3	-6.800
3	2.86E+05	10	4.805	26.3	-10.200
4	5.72E+05	10	4.805	26.3	-8.300
5	1.14E+06	10	4.805	26.3	-0.400
6	2.29E+06	10	4.805	26.3	17.700

TUKEY method of multiple comparisons

GROUP	IDENTIFICATION	TRANSFORMED	ORIGINAL	GROUP
		MEAN	MEAN	0 0 0 0 0 6 1 5 2 4 3
6	2.29E+06	0.600	0.600	\
1	0 (controle)	18.300	18.300	* \
5	1.14E+06	18.700	18.700	* . \
2	1.43E+05	25.100	25.100	* * * \
4	5.72E+05	26.600	26.600	* * * . \
3	2.86E+05	28.500	28.500	* * * . . \

* = significant difference ($p=0.05$)

. = no significant difference

Tukey value (6,54) = 4.23

s = 21.637

C1.2.2. *C. silvestrii*

SUMMARY STATISTICS ON TRANSFORMED DATA TABLE

GRP	IDENTIFICATION	N	MIN	MAX	MEAN	VARIANCE	SD	SEM
1	0 (controle)	10	0.000	24.000	16.800	75.733	8.702	2.752
2	1.43E+05	10	9.000	28.000	21.300	36.233	6.019	1.904
3	2.86E+05	10	7.000	32.000	18.900	57.656	7.593	2.401
4	5.72E+05	10	0.000	26.000	12.800	109.956	10.486	3.316
5	1.14E+06	10	0.000	13.000	3.900	20.100	4.483	1.418
6	2.29E+06	10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

ANOVA TABLE

SOURCE	DF	SS	MS	F
Between	5	3669.083	733.817	14.692
Within (Error)	54	2697.100	49.946	
Total	59	6366.183		

Critical F value = 2.45 (0.05,5,40)

Since F > Critical F REJECT Ho: All groups equal

DUNNETTS TEST - TABLE 1 OF 2 Ho: Control<Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	TRANSFORMED MEAN	MEAN CALCULATED IN ORIGINAL UNITS	T STAT	SIG
1	0 (controle)	16.800	16.800		
2	1.43E+05	21.300	21.300	-1.424	
3	2.86E+05	18.900	18.900	-0.664	
4	5.72E+05	12.800	12.800	1.266	
5	1.14E+06	3.900	3.900	4.082	*
6	2.29E+06	0.000	0.000	5.315	*

Dunnett table value = 2.31 (1 Tailed Value, P=0.05, df=40,5)

DUNNETTS TEST - TABLE 2 OF 2 Ho: Control<Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	NUM OF REPS	Minimum Sig Diff (IN ORIG. UNITS)	% of CONTROL	DIFFERENCE FROM CONTROL
1	0 (controle)	10			
2	1.43E+05	10	7.301	43.5	-4.500
3	2.86E+05	10	7.301	43.5	-2.100
4	5.72E+05	10	7.301	43.5	4.000
5	1.14E+06	10	7.301	43.5	12.900
6	2.29E+06	10	7.301	43.5	16.800

TUKEY method of multiple comparisons

GROUP	IDENTIFICATION	TRANSFORMED MEAN	ORIGINAL MEAN	GROUP 0 0 0 0 0 6 5 4 1 3 2
6	2.29E+06	0.000	0.000	\
5	1.14E+06	3.900	3.900	. \
4	5.72E+05	12.800	12.800	* . \
1	0 (controle)	16.800	16.800	* * . \
3	2.86E+05	18.900	18.900	* * . . \
2	1.43E+05	21.300	21.300	* * . . . \

* = significant difference (p=0.05) . = no significant difference

Tukey value (6,54) = 4.23 s = 49.946

Tabela 3.17 – Número de neonatas produzidas por fêmeas dos dafnídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* (Crustacea, Cladocera), expostas ao extrato de cultura da linhagem tóxica NPLJ-4 de *Microcystis aeruginosa* na fase senescente, e valores de pH, condutividade elétrica, dureza e concentração de oxigênio dissolvido monitorados durante o teste de toxicidade crônica (8 dias).

Material: NPLJ-4 fase senescente					Densidade $1,14 \times 10^7$ cel/mL							Microcistinas: -										
Data início: 22/09/06					Data término: 30/09/06																	
Sensibilidade NaCl (IC 95%) g/L					1,25 (1,13 – 1,38)							1,12 (1,00 – 1,24)										
Org.-teste					<i>C. dubia</i>							<i>C. silvestrii</i>										
réplicas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	total	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	total
Controle	29	15	17	26	23	26	22	26	25	24	233	19	19	15	19	20	19	6	15	15	20	167
0,75%	29	26	26	25	30	28	22	25	25	25	261	20	24	9	5	17	4†	18	19	2†	20	138
1,5%	22	21	26	26	26	20	17	27	26	20	231	2	15	0†	14	14	12	12	13	12	19	113
3,0%	29	19	15	22	30	27	16	17	19	25	219	11	0†	0†	7	9	7	0†	0†	0†	0†	34
6,0%	14	11	24	25	5	23	0♂	5	18	11	136	0†	0†	11	0†	0†	1	2†	0†	0†	2†	16
12,0%	3†	0†	4	0†	0†	1†	0†	0†	1†	0†	9	0†	0†	0†	4†	0†	0†	0†	0†	0†	0†	4
Variáveis	pH				Condutividade $\mu\text{S}/\text{cm}$							Dureza mgCaCO_3/L				Oxigênio dissolvido mg/L						
	inicial		<i>C.dubia</i>	<i>C.silvestrii</i>	inicial		<i>C.dubia</i>	<i>C.silvestrii</i>	inicial		final		inicial		final							
Controle	7,58		7,83	7,75	173,1		187,3	174,7	48		48		6,75		6,82							
0,75%	7,62		7,23	7,21	173,6		170,0	177,8	46		-		6,84		5,91							
1,5%	7,68		7,22	7,20	178,0		175,4	175,5	46		46		7,11		6,67							
3,0%	7,76		7,17	7,16	178,3		178,3	174,6	46		46		6,87		5,34							
6,0%	7,84		7,10	7,04	187,7		184,4	181,7	46		44		6,83		4,58							
12,0%	8,02		7,02	7,00	187,0		203	195,3	44		44		6,92		4,78							

† organismo morto durante ou ao final do experimento; ♂ organismo macho

C2 – Resultados dos testes estatísticos aplicados aos dados do teste de toxicidade crônica (8 dias) para os dafnídeos *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* (Crustacea, Cladocera), expostos ao extrato de cultura da linhagem tóxica NPLJ-4 de *Microcystis aeruginosa* na fase senescente. ($E+0x = 10^x$)

C2.1. Sobrevivência: teste de Fisher

C2.1.1. *C. dubia*

SUMMARY OF FISHERS EXACT TESTS				
GROUP	IDENTIFICATION	NUMBER EXPOSED	NUMBER DEAD	SIG (P=.05)
-----	-----	-----	-----	-----
	Controle	10	0	
1	NPLJ-4 0.75% (8.55E+04)	10	0	
2	NPLJ-4 1.50% (1.71E+05)	10	1	
3	NPLJ-4 3.0% (3.42E+05)	10	0	
4	NPLJ-4 6.0% (6.84E+05)	10	0	
5	NPLJ-4 12.0% (1.68E+06)	10	9	*

C2.1.2. *C. silvestrii*

SUMMARY OF FISHERS EXACT TESTS				
GROUP	IDENTIFICATION	NUMBER EXPOSED	NUMBER DEAD	SIG (P=.05)
-----	-----	-----	-----	-----
	Controle	10	0	
1	NPLJ-4 0.75% (8.55E+04)	10	2	
2	NPLJ-4 1.5% (1.71E+05)	10	1	
3	NPLJ-4 3.0% (3.42E+05)	10	6	*
4	NPLJ-4 6.0% (6.84E+05)	10	8	*
5	NPLJ-4 12.0% (1.68E+06)	10	10	*

C2.2. Reprodução: resumo estatístico dos dados; métodos Bonferroni, Dunnett e Tukey

C2.2.1. *C. dubia*

SUMMARY STATISTICS ON TRANSFORMED DATA TABLE								
GRP	IDENTIFICATION	N	MIN	MAX	MEAN	VARIANCE	SD	SEM
1	0 (controle)	10	15.000	29.000	23.300	18.678	4.322	1.367
2	8.55E+04	10	22.000	30.000	26.100	5.433	2.331	0.737
3	1.71E+05	10	17.000	27.000	23.100	12.322	3.510	1.110
4	3.42E+05	10	15.000	30.000	21.900	30.544	5.527	1.748
5	6.84E+05	9	5.000	25.000	15.111	60.861	7.801	2.600
6	1.68E+06	10	0.000	4.000	0.900	2.100	1.449	0.458

ANOVA TABLE

SOURCE	DF	SS	MS	F
Between	5	4336.055	867.211	41.460
Within (Error)	53	1108.589	20.917	
Total	58	5444.644		

Critical F value = 2.45 (0.05,5,40)

Since $F > \text{Critical } F$ REJECT H_0 : All groups equalBONFERRONI T-TEST - TABLE 1 OF 2 H_0 : Control < Treatment

		TRANSFORMED MEAN CALCULATED IN			
GROUP	IDENTIFICATION	MEAN	ORIGINAL UNITS	T STAT	SIG
1	0 (controle)	23.300	23.300		
2	8.55E+04	26.100	26.100	-1.369	
3	1.71E+05	23.100	23.100	0.098	
4	3.42E+05	21.900	21.900	0.684	
5	6.84E+05	15.111	15.111	3.897	*
6	1.68E+06	0.900	0.900	10.952	*

Bonferroni T table value = 2.40 (1 Tailed Value, $P=0.05$, $df=50,5$)BONFERRONI T-TEST - TABLE 2 OF 2 H_0 : Control < Treatment

		NUM OF	Minimum Sig Diff	% of	DIFFERENCE
GROUP	IDENTIFICATION	REPS	(IN ORIG. UNITS)	CONTROL	FROM CONTROL
1	0 (controle)	10			
2	8.55E+04	10	4.917	21.1	- 2.800
3	1.71E+05	10	4.917	21.1	0.200
4	3.42E+05	10	4.917	21.1	1.400
5	6.84E+05	9	5.052	21.7	8.189
6	1.68E+06	10	4.917	21.1	22.400

TUKEY method of multiple comparisons

		TRANSFORMED	ORIGINAL	GROUP
GROUP	IDENTIFICATION	MEAN	MEAN	0 0 0 0 0
6	1.68E+06	0.900	0.900	6 5 4 3 1 2
5	6.84E+05	15.111	15.111	\
4	3.42E+05	21.900	21.900	* \
3	1.71E+05	23.100	23.100	* * \
1	0 (controle)	23.300	23.300	* * . \
2	8.55E+04	26.100	26.100	* * . . \

* = significant difference ($p=0.05$) . = no significant differenceTukey value (6,53) = 4.23 $s = 20.917$ **C2.2.2. *C. silvestrii***

SUMMARY STATISTICS ON TRANSFORMED DATA TABLE

GRP	IDENTIFICATION	N	MIN	MAX	MEAN	VARIANCE	SD	SEM
1	0 (controle)	10	6.000	20.000	16.700	18.456	4.296	1.359
2	8.55E+04	10	2.000	24.000	13.800	63.511	7.969	2.520
3	1.71E+05	10	0.000	19.000	11.300	34.011	5.832	1.844
4	3.42E+05	10	0.000	11.000	3.400	20.489	4.526	1.431
5	6.84E+05	10	0.000	11.000	1.600	11.600	3.406	1.077
6	1.37E+06	10	0.000	4.000	0.400	1.600	1.265	0.400

ANOVA TABLE

SOURCE	DF	SS	MS	F
Between	5	2399.933	479.987	19.242
Within (Error)	54	1347.000	24.944	
Total	59	3746.933		

Critical F value = 2.45 (0.05,5,40)

Since F > Critical F REJECT Ho: All groups equal

DUNNETTS TEST - TABLE 1 OF 2 Ho: Control<Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	TRANSFORMED MEAN	MEAN CALCULATED IN ORIGINAL UNITS	T STAT	SIG
1	0 (controle)	16.700	16.700		
2	8.55E+04	13.800	13.800	1.298	
3	1.71E+05	11.300	11.300	2.418	*
4	3.42E+05	3.400	3.400	5.955	*
5	6.84E+05	1.600	1.600	6.760	*
6	1.37E+06	0.400	0.400	7.298	*

Dunnett table value = 2.31 (1 Tailed Value, P=0.05, df=40,5)

DUNNETTS TEST - TABLE 2 OF 2 Ho: Control<Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	NUM OF REPS	Minimum Sig Diff (IN ORIG. UNITS)	% of CONTROL	DIFFERENCE FROM CONTROL
1	0 (controle)	10			
2	8.55E+04	10	5.160	30.9	2.900
3	1.71E+05	10	5.160	30.9	5.400
4	3.42E+05	10	5.160	30.9	13.300
5	6.84E+05	10	5.160	30.9	15.100
6	1.37E+06	10	5.160	30.9	16.300

TUKEY method of multiple comparisons

GROUP	IDENTIFICATION	TRANSFORMED MEAN	ORIGINAL MEAN	GROUP 0 0 0 0 0 6 5 4 3 2 1
6	1.37E+06	0.400	0.400	\
5	6.84E+05	1.600	1.600	.\
4	3.42E+05	3.400	3.400	..\
3	1.71E+05	11.300	11.300	***\
2	8.55E+04	13.800	13.800	***.\
1	0(controle)	16.700	16.700	***..\

* = significant difference (p=0.05) . = no significant difference

Tukey value (6,54) = 4.23 s = 24.944

APÊNDICE D

Valores brutos relativos aos resultados dos testes de toxicidade aguda com os cladóceros *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii* expostos a amostras dos ensaios realizados em bancada e em instalação piloto – IP

Tabela 4.4 – Percentagem de imobilidade de *Ceriodaphnia dubia* – CD e *Ceriodaphnia silvestrii* – CS (Crustacea, Cladocera) após 48 h de exposição à água de diluição – AD, água de estudo – AE e efluentes dos ensaios de bancada 1 e 2 da série A e valores das características físicas e químicas monitoradas durante o teste de toxicidade aguda.

Início: 08/10/03 Fim: 10/10/03	Réplicas (ind. imóveis/ind. expostos)						Total de ind. imóveis/total ind. expostos	% imobilidade		pH		Condutividade (μS/cm)		Oxigênio dissolvido (mg/L)	Dureza (mg CaCO ₃ /L)	
	CD			CS				CD	CS	inicial	final	inicial	final			
Amostra	1	2	3	1	2	3	CD	CS	CD	CS	inicial	final	inicial	final		
Controle	0/5	0/5	1/5	0/5	1/5	0/5	1/15	1/15	6,7	6,7	7,4	7,6	106,1	117,1	4,91	40
AD	1/5	0/5	1/5	0/3	0/3	0/3	2/15	0/9	13,3	0	6,5	7,1	19,8	27,1	5,69	8
AE	5/5	4/5	5/5	3/3	3/3	3/3	15/15	9/9	100*	100*	7,1	7,5	23,1	30,7	7,86	10
1A-1	5/5	5/5	5/5	3/3	2/3	3/3	15/15	8/9	100*	88,9*	6,3	7,0	22,6	30,6	5,50	8
1A-2	5/5	5/5	5/5	3/3	3/3	3/3	15/15	9/9	100*	100*	6,4	7,0	22,9	33,8	5,73	10
1A-3	5/5	5/5	5/5	3/3	3/3	3/3	15/15	9/9	100*	100*	6,4	7,0	23,3	30,8	5,84	8
1A-4	5/5	5/5	5/5	3/3	3/3	3/3	15/15	9/9	100*	100*	6,3	7,1	24,5	32,5	5,45	8
1A-5	5/5	5/5	5/5	3/3	3/3	3/3	15/15	9/9	100*	100*	6,2	7,0	23,3	31,2	5,75	8
1A-6	5/5	5/5	5/5	3/3	3/3	3/3	15/15	9/9	100*	100*	6,3	7,0	23,9	33,0	5,92	8
2A-1	5/5	5/5	5/5	3/3	3/3	3/3	15/15	9/9	100*	100*	6,1	6,9	24,1	32,5	6,08	6
2A-2	5/5	5/5	5/5	3/3	3/3	3/3	15/15	9/9	100*	100*	6,0	7,1	25,2	31,6	5,74	6
2A-3	5/5	5/5	5/5	3/3	3/3	3/3	15/15	9/9	100*	100*	6,1	6,9	24,9	31,7	5,86	6
2A-4	5/5	5/5	5/5	3/3	3/3	3/3	15/15	9/9	100*	100*	6,0	6,9	26,3	33,2	5,85	6
2A-5	5/5	5/5	5/5	3/3	3/3	3/3	15/15	9/9	100*	100*	5,9	6,9	24,6	33,8	5,81	8
2A-6	5/5	5/5	5/5	3/3	3/3	3/3	15/15	9/9	100*	100*	5,9	6,9	26,0	32,2	5,81	8

*amostras tóxicas: diferença significativa em relação ao controle pelo teste de Fisher ($p = 0,05$)

Tabela 4.5 – Percentagem de imobilidade de *Ceriodaphnia dubia* – CD e *Ceriodaphnia silvestrii* – CS (Crustacea, Cladocera) após 48 h de exposição à água de diluição – AD, água de estudo – AE e efluentes dos ensaios de bancada 3 e 4 da série B e valores das características físicas e químicas monitoradas durante o teste de toxicidade aguda.

Início: 15/10/03	Réplicas (ind. imóveis/ind. expostos)						Total de ind. imóveis/total ind. expostos		% imobilidade		pH		Condutividade (µS/cm)		Oxigênio dissolvido (mg/L)		Dureza (mg CaCO ₃ /L)	
Fim: 17/10/03	CD			CS														
Amostra	1	2	3	1	2	3	CD	CS	CD	CS	inicial	final	inicial	final				
Controle	0/5	0/5	0/5	0/4	0/4	0/4	0/15	0/12	0	0	7,5	7,6	154,9	156,8	6,22		40	
AD	0/5	0/5	0/5	1/4	0/4	0/4	0/15	1/12	0	8,3	6,3	6,9	23,6	34,1	6,77		8	
AE	0/5	0/5	1/5	3/4	2/4	2/4	1/15	7/12	6,7	58,3*	6,2	6,8	21,4	33,2	7,18		6	
3B-1	5/5	5/5	5/5	4/4	4/4	4/4	15/15	12/12	100*	100*	6,1	6,6	26,6	36,1	6,66		6	
3B-2	5/5	5/5	5/5	4/4	4/4	4/4	15/15	12/12	100*	100*	6,0	6,5	24,8	33,4	6,87		6	
3B-3	5/5	5/5	5/5	4/4	4/4	4/4	15/15	12/12	100*	100*	6,1	6,6	26,2	34,2	6,76		6	
4B-1	0/5	0/5	0/5	3/4	0/4	0/4	0/15	3/12	0	25,0	7,0	7,2	28,4	34,1	6,66		8	
4B-2	0/5	0/5	0/5	1/4	0/4	1/4	0/15	2/12	0	16,7	7,1	7,3	25,6	34,3	5,97		8	
4B-3	0/5	0/5	0/5	0/4	0/4	1/4	0/15	1/12	0	8,3	7,1	7,3	26,4	35,4	6,19		8	

*amostras tóxicas: diferença significativa em relação ao controle pelo teste de Fisher ($p = 0,05$)

Tabela 4.6 – Percentagem de imobilidade de *Daphnia similis* (Crustacea, Cladocera) após 48 h de exposição às águas de diluição – AD, águas de estudo – AE e efluentes dos ensaios de bancada 8, 9 e 10 das séries D, E e F, respectivamente, e valores das características físicas e químicas monitoradas durante o teste de toxicidade aguda.

Início: 13/03/04 Fim: 15/03/04	Réplicas (ind. imóveis/ind. expostos)			Total de ind. imóveis/total ind. expostos	% imobilidade	pH		Condutividade (µS/cm)	
	1	2	3			inicial	final	inicial	final
Amostra									
Controle	0/3	0/3	1/3	1/9	11,1	7,5	7,5	178,7	172,4
AD0	3/3	3/3	3/3	9/9	100*	5,8	7,0	30,9	35,6
AD1	1/3	3/3	2/3	6/9	66,7*	6,0	6,9	29,0	334,9
AE1	1/3	0/3	1/3	2/9	22,2	6,6	7,0	36,5	43,0
AE2	0/3	0/3	0/3	0/9	0	6,2	6,8	30,6	36,3
AE3	0/3	1/3	0/3	1/9	11,1	6,2	6,8	33,1	37,0
8D-1	3/3	3/3	3/3	9/9	100*	6,4	7,0	38,8	42,5
8D-2	3/3	3/3	3/3	9/9	100*	6,5	6,9	38,3	44,5
8D-3	3/3	3/3	3/3	9/9	100*	6,6	-	37,4	-
8D-4	3/3	0/3	3/3	6/9	66,7*	6,6	7,0	38,7	47,4
8D-5	3/3	3/3	3/3	9/9	100*	6,6	6,7	36,8	45,6
8D-6	3/3	3/3	3/3	9/9	100*	6,7	6,8	37,5	40,8
8D-7	3/3	3/3	3/3	9/9	100*	6,6	6,5	37,9	42,6
9E-1	3/3	3/3	3/3	9/9	100*	6,1	6,7	35,0	39,5
9E-2	3/3	3/3	3/3	9/9	100*	6,3	6,9	34,8	43,3
9E-3	3/3	3/3	3/3	9/9	100*	6,3	6,8	34,3	41,9
9E-4	3/3	3/3	3/3	9/9	100*	6,3	6,8	33,0	36,1
9E-5	3/3	3/3	3/3	9/9	100*	6,3	6,8	33,0	40,6
9E-6	3/3	3/3	3/3	9/9	100*	6,3	6,7	33,2	36,9
10F-1	3/3	3/3	3/3	9/9	100*	6,0	6,7	35,6	42,4
10F-2	3/3	3/3	3/3	9/9	100*	6,1	6,7	35,7	42,1
10F-3	3/3	3/3	3/3	9/9	100*	6,1	6,7	34,9	41,6
10F-4	3/3	3/3	3/3	9/9	100*	6,3	6,8	35,6	42,3
10F-5	3/3	3/3	3/3	9/9	100*	6,3	6,7	33,9	37,9
10F-6	3/3	3/3	3/3	9/9	100*	6,3	6,2	32,8	40,1

*amostras tóxicas: diferença significativa em relação ao controle pelo teste de Fisher ($p = 0,05$)

Tabela 4.7 – Percentagem de imobilidade dos dafnídeos *Ceriodaphnia dubia* – CD e *C. silvestrii* – CS (Crustacea, Cladocera) expostos a AD, AE e efluentes do Ensaio I – IP (Instalação Piloto), e valores das características físicas e químicas monitoradas durante o teste de toxicidade aguda (48 horas).

ENSAIO I-IP (04 a 05/04/06): Sistema MR → FAP → INTER → FD → FCAG																			
Início: 08/04/06 Fim: 10/04/06		Réplicas (ind. Imóveis / total ind. expostos)						Total ind. imóveis/total ind. expostos		% imobilidade		pH		Condutividade (μS/cm)			Dureza (mg CaCO ₃ /L)		
Hora	Amostra	C. dubia CD			C. silvestrii CS														
(h)		1	2	3	1	2	3	CD	CS	CD	CS	início	fim	-	início	CD	CS	início	fim
	Controle	c	0/5	0/5	0/5	0/5	1/5	0/15	1/15	0	6,7	7,10	7,10	-	-	-	-		40
1	AD	4/5	3/5	3/5	5/5	5/5	4/5	10/15	14/15	66,7*	93,3*	-	6,50	-	-	-	-	7	-
	AE	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	1/5	0/15	1/15	0	6,7	-	6,65	-	-	-	-	9	8
	FAP	5/5	5/5	5/5	4/5	4/5	4/5	15/15	12/15	100*	80*	-	3,71	-	-	-	-	9	8
	INTER	1/5	0/5	2/5	3/5	5/5	4/5	3/15	12/15	20	80*	-	6,32	-	-	-	-	8	10
	FD	7/10	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5	17/20	15/15	85*	100*	-	6,33	-	-	-	-	8	10
	CAG	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/15	0/15	0	0	-	7,15	-	-	-	-	9	10
6 (ant.)	AD	4/5	-	4/5	3/5	4/5	5/5	8/10	12/15	80*	80*	-	6,45	-	-	-	-	6	-
	AE	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	1/5	0/15	1/15	0	6,7	-	6,70	-	-	-	-	7	-
	FAP	5/5	5/5	5/5	4/5	3/5	3/5	15/15	10/15	100*	66,7*	-	6,42	-	-	-	-	7	-
	INTER	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/15	0/15	0	0	-	6,64	-	-	-	-	8	-
	FD	0/5	0/5	2/5	1/5	0/5	0/5	2/15	1/15	13,3	6,7	-	6,54	-	-	-	-	9	-
	CAG	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/15	0/15	0	0	-	6,96	-	-	-	-	10	-
12	AD	4/5	5/5	5/5	5/5	5/5	4/5	14/15	14/15	93,3*	93,3*	-	6,36	-	-	-	-	6	8
	AE	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/15	0/15	0	0	-	6,70	-	-	-	-	8	8
	FAP	4/5	3/5	5/5	4/5	4/5	5/5	12/15	13/15	80*	86,7*	-	7,28	-	-	-	-	8	8
	INTER	0/5	0/5	0/5	1/5	1/5	2/5	0/15	4/15	0	26,7	-	6,38	-	-	-	-	8	10
	FD	0/5	0/5	0/5	1/5	1/5	0/5	0/15	2/15	0	13,3	-	6,73	-	-	-	-	8	10
	CAG	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/15	0/15	0	0	-	6,93	-	-	-	-	9	10

*amostras tóxicas: diferença significativa em relação ao controle pelo teste de Fisher (p = 0,05)

Tabela 4.8 – Percentagem de imobilidade dos dafnídeos *Ceriodaphnia dubia* – CD e *C. silvestrii* – CS (Crustacea, Cladocera) expostos a AD, AE e efluentes do Ensaio II – IP (Instalação Piloto), e valores das características físicas e químicas monitoradas durante o teste de toxicidade aguda (48 horas).

ENSAIO II-IP (01 a 02/05/06): Sistema PRÉ → CAP → MR → FAP → FD																		
Início: 30/05/06 Fim: 01/06/06		Réplicas (ind. Imóveis / total ind. expostos)						Total ind. imóveis/total ind. expostos		% imobilidade		pH			Condutividade (µS/cm)			Dureza (mg CaCO ₃ /L)
Hora	Amostra	C. dubia CD			C. silvestrii CS													
(h)		1	2	3	1	2	3	CD	CS	CD	CS	início	CD	CS	início	CD	CS	fim
	Controle	1/5	0/5	1/5	0/5	0/5	0/5	2/15	0/15	13,3	0	7,11	7,70	7,68	160,0	185,1	182,9	48
1	AD	5/5	5/5	4/5	5/5	5/5	5/5	14/15	15/15	93,3*	100*	6,78	6,90	6,72	28,1	31,2	30,7	6
	AE	0/5	0/5	1/5	0/5	0/5	0/5	1/15	0/15	6,7	0	6,96	-	-	41,3	-	-	8
	PRÉ	0/5	0/5	5/5	5/5	0/5	0/5	5/15	5/15	33,3	33,3*	6,94	6,72	6,74	41,2	46,2	44,4	8
	CAP	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/15	0/15	0	0	7,03	-	-	42,1	-	-	8
	FAP	1/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	1/15	0/15	6,7	0	6,72	-	-	37,7	54,7	40,5	8
	FD	3/5	0/5	2/5	0/5	0/5	0/5	5/15	0/15	33,3	0	6,84	6,73	-	35,3	39,5	40,1	6
6 (ant.)	AD	5/5	4/5	4/5	4/5	4/5	3/5	13/15	11/15	86,7*	73,3*	6,73	6,75	6,75	26,1	31,3	31,0	6
	AE	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/15	0/15	0	0	6,97	-	-	43,5	-	-	8
	PRÉ	0/5	0/5	5/5	5/5	0/5	0/5	5/15	5/15	33,3	33,3*	6,95	6,95	6,84	42,4	47,4	49,6	8
	CAP	1/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	1/15	0/15	6,7	0	6,97	-	-	42,4	-	-	8
	FAP	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/15	0/15	0	0	7,19	-	-	47,6	53,0	52,5	8
	FD	0/5	1/5	0/5	0/5	0/5	0/5	1/15	0/15	6,7	0	6,84	6,94	-	48,1	53,4	-	8
7 (dep)	FAP	1/5	5/5	2/5	0/5	0/5	0/5	8/15	0/15	53,3*	0	6,87	6,70	-	51,1	54,4	52,0	10
	FD	0/5	0/5	5/5	0/5	0/5	0/5	5/15	0/15	33,3	0	7,25	6,77	-	49,9	55,6	50,6	8
10	AD	2/5	4/5	4/5	4/5	4/5	5/5	10/15	13/15	66,7*	86,7*	6,75	6,78	6,70	24,7	31,4	31,0	6
	AE	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/15	0/15	0	0	6,99	-	-	43,0	-	-	8
	PRÉ	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/15	0/15	0	0	7,01	7,02	6,97	42,1	47,9	49,8	8
	CAP	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/15	0/15	0	0	7,08	-	-	43,7	-	-	8
	FAP	1/5	3/5	2/5	0/5	0/5	0/5	6/15	0/15	40	0	6,61	6,80	-	48,6	43,6	55,0	8
	FD	1/5	2/5	1/5	0/5	0/5	0/5	4/15	0/15	26,7	0	7,07	7,05	-	47,6	56,5	54,7	8

*amostras tóxicas: diferença significativa em relação ao controle pelo teste de Fisher ($p = 0,05$)

Tabela 4.9 – Percentagem de imobilidade dos dafnídeos *Ceriodaphnia dubia* – CD e *C. silvestrii* – CS (Crustacea, Cladocera) expostos a AD, AE e efluentes do Ensaio III – IP (Instalação Piloto), e valores das características físicas e químicas monitoradas durante o teste de toxicidade aguda (48 horas).

ENSAIO III-IP (03/05/06): Sistema PRÉ → MR → FAP → FD																		
Início: 31/05/06 Fim: 02/06/06		Réplicas (ind. Imóveis / total ind. expostos)						Total ind. imóveis/total ind. expostos		% imobilidade		pH			Condutividade (µS/cm)			Dureza (mg CaCO ₃ /L)
Hora (h)	Amostra	C. dubia CD			C. silvestrii CS													
		1	2	3	1	2	3	CD	CS	CD	CS	início	CD	CS	início	CD	CS	fim
	Controle	0/5	1/5	2/5	0/5	1/5	1/5	3/15	2/15	20	13,33	7,11	7,64	7,70	160,0	180,7	179,5	48
1	AD	0/5	1/5	1/5	0/5	1/5	0/5	2/15	1/15	13,33	6,67	6,49	6,87	6,74	23,4	32,1	30,1	6
	AE	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/15	0/15	0	0	6,94	6,93	6,96	43,8	52,5	51,2	8
	PRÉ	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/15	0/15	0	0	6,91	6,86	6,81	43,1	48,5	49,2	8
	FAP	0/5	2/5	0/5	4/5	0/5	0/5	2/15	4/15	13,33	26,67	6,84	7,03	6,90	49,2	54,9	51,6	8
	FD	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/15	0/15	0	0	7,12	7,10	7,05	51,3	56,0	55,5	10
6 (ant.)	AD	0/5	2/5	2/5	1/5	0/5	0/5	4/15	1/15	26,67	6,67	6,58	6,79	6,80	25,8	32,8	31,5	6
	AE	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/15	0/15	0	0	6,98	6,94	6,89	45,7	52,4	51,5	10
	PRÉ	0/5	1/5	1/5	0/5	0/5	0/5	2/15	0/15	13,33	0	6,95	6,81	6,89	43,9	48,7	47,4	8
	FAP	0/5	0/5	2/5	0/5	0/5	0/5	2/15	0/15	13,33	0	6,78	6,96	7,01	50,9	56,3	52,7	10
	FD	0/5	0/5	1/5	0/5	0/5	0/5	1/15	0/15	6,67	0	7,04	7,07	6,98	51,5	56,4	55,8	10
7 (dep)	FAP	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/15	0/15	0	0	7,06	7,05	6,87	50,7	57,0	55,6	10
	FD	2/5	0/5	1/5	0/5	0/5	0/5	3/15	0/15	20	0	7,05	7,00	6,90	52,3	55,3	55,4	8
10	AD	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/15	0/15	0	0	6,62	6,76	6,80	23,6	-	30,1	6
	AE	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/15	0/15	0	0	7,04	6,94	6,86	44,0	51,7	51,6	8
	PRÉ	0/5	0/5	0/5	1/5	0/5	0/5	0/15	1/15	0	6,67	7,00	6,95	6,86	44,9	49,2	47,9	8
	FAP	1/5	3/5	2/5	0/5	0/5	0/5	6/15	0/15	40	0	6,81	6,93	6,92	48,8	55,6	54,4	10
	FD	1/5	2/5	3/5	0/5	0/5	1/5	6/15	1/15	40	6,67	6,90	6,96	6,88	51,5	55,8	55,9	10

Tabela 4.10 – Percentagem de imobilidade dos dafinídeos *Ceriodaphnia dubia* – CD e *C. silvestrii* – CS (Crustacea, Cladocera) expostos a AD, AE e efluentes do Ensaio IV – IP (Instalação Piloto), e valores das características físicas e químicas monitoradas durante o teste de toxicidade aguda (48 horas).

ENSAIO IV-IP (05/05/06): Sistema MR → FAP → FD → PÓS e FCAG (simultaneamente)																		
Início: 03/06/06 Fim: 05/06/06		Réplicas (ind. Imóveis / total ind. expostos)						Total ind. imóveis / total ind. expostos		% imobilidade		pH			Condutividade (µS/cm)			Dureza (mg CaCO ₃ /L)
Hora (h)	Amostra	C. dubia CD			C. silvestrii CS			CD	CS	CD	CS	início	CD	CS	início	CD	CS	fim
		1	2	3	1	2	3											
	Controle	0/5	1/5	2/5	4/5	1/5	2/5	3/15	7/15	20	46,7	7,41	7,76	7,78	160,0	179,4	181,0	46
1	AD	4/5	1/5	2/5	1/5	1/5	0/5	7/15	2/15	46,7	13,3	6,42	6,88	6,78	22,7	26,8	26,7	6
	AE	1/5	1/5	2/5	1/5	1/5	2/5	4/15	4/15	26,7	26,7	6,85	6,95	6,91	32,8	35,9	31,5	10
	FAP	4/5	4/5	5/5	5/5	5/5	0/5	13/15	10/15	86,7*	66,7	6,54	6,83	6,41	29,2	27,5	30,0	6
	FD	2/5	3/5	5/5	1/5	0/5	2/5	10/15	3/15	66,7*	20	6,73	6,65	6,72	41,2	39,9	42,7	10
	PÓS	3/5	3/5	4/5	1/5	3/5	2/5	10/15	6/15	66,7*	40	7,07	6,91	6,89	51,3	50,5	51,4	10
	FCAG	5/5	4/5	4/5	5/5	3/5	5/5	13/15	13/15	86,7*	86,7*	7,31	7,20	6,48	36,1	35,1	37,7	10
6 (ant.)	AD	1/5	2/5	1/5	1/5	1/5	1/5	4/15	3/15	26,7	20	6,45	6,77	6,77	21,3	26,4	28,4	8
	AE	0/5	5/5	2/5	3/5	0/5	1/5	7/15	4/15	46,7	26,7	6,98	6,95	6,96	34,5	39,3	35,0	8
	FAP	4/5	3/5	5/5	1/5	1/5	1/5	12/15	3/15	80*	20	6,65	4,22	6,75	41,4	65,2	41,1	8
	FD	5/5	5/5	5/5	5/5	4/5	5/5	15/15	14/15	100*	93,3*	6,70	6,86	5,25	41,2	40,8	39,6	10
	PÓS	1/5	2/5	1/5	2/5	2/5	1/5	4/15	5/15	26,7	33,3	6,94	6,96	6,92	55,8	52,8	54,6	10
	FCAG	3/5	4/5	4/5	4/5	5/5	5/5	11/15	14/15	73,3*	93,3*	8,71	7,13	7,19	40,3	37,7	40,6	8
7 (dep)	FAP	4/5	3/5	5/5	2/5	3/5	4/5	12/15	9/15	80*	60	6,61	6,78	6,78	42,5	36,6	41,8	8
	FD	2/5	4/5	4/5	3/5	4/5	3/5	10/15	10/15	66,7*	66,7	6,77	6,82	6,81	41,4	40,7	46,0	10
	PÓS	4/5	3/5	2/5	0/5	1/5	0/5	9/15	1/15	60*	6,7	6,95	6,97	6,92	60,7	57,2	55,7	16
	FCAG	4/5	3/5	5/5	5/5	4/5	5/5	12/15	14/15	80*	93,3*	8,35	7,12	7,02	40,9	40,4	36,1	-
10	AD	3/5	1/5	1/5	2/5	1/5	1/5	5/15	4/15	33,3	26,7	6,53	6,74	6,76	21,3	27,0	26,0	6
	AE	1/5	1/5	3/5	1/5	2/5	2/5	5/15	5/15	33,3	33,3	6,90	6,96	6,97	34,4	37,5	35,6	8
	FAP	4/5	2/5	4/5	3/5	4/5	1/5	10/15	8/15	66,7*	53,3	6,98	6,81	6,76	42,1	42,8	40,7	8
	FD	4/5	4/5	5/5	3/5	5/5	5/5	13/15	13/15	86,7*	86,7*	6,75	-	6,83	44,2	39,1	40,9	10
	PÓS	4/5	4/5	4/5	2/5	0/5	0/5	12/15	2/15	80*	13,3	6,85	6,95	6,86	60,7	60,7	59,5	14
	FCAG	5/5	5/5	5/5	4/5	4/5	5/5	15/15	13/15	100*	86,7*	8,29	6,96	7,10	41,3	43,4	39,8	8

*amostras tóxicas: diferença significativa em relação ao controle pelo teste de Fisher (p = 0,05)

Tabela 4.11– Percentagem de imobilidade dos dafnídeos *Ceriodaphnia dubia* – CD e *C. silvestrii* – CS (Crustacea, Cladocera) expostos a AD, AE e efluentes do Ensaio V – IP (Instalação Piloto), e valores das características físicas e químicas monitoradas durante o teste de toxicidade aguda (48 horas).

ENSAIO V-IP (17/07/06): Sistema MR → FAP → FD → PÓS e FCAG (simultaneamente)																	
Início: 25/07/06 Fim: 27/07/06		Réplicas (ind. imóveis / total ind. expostos)						Total ind. imóveis/total ind. expostos		% imobilidade		pH		Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$)		Dureza ($\text{mg CaCO}_3/\text{L}$)	
Hora (h)	Amostra	C. dubia CD			C. silvestrii CS			CD	CS	CD	CS	início	fim	início	fim	início	fim
	Controle	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/15	0/15	0	0	7,38	7,76	160,0	196,7	44	-
1	AD	4/5	1/5	3/5	1/5	1/5	1/5	8/15	3/15	53,3*	20	6,94	7,39	14,82	40,5	5	-
	AE	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/15	0/15	0	0	7,08	7,08	20,8	38,2	6	8
	FAP	4/5	4/5	4/5	4/5	2/5	5/5	12/15	11/15	80*	73,3*	6,86	6,87	24,8	44,2	5	8
	FD	3/5	3/5	3/5	1/5	1/5	0/5	9/15	2/15	60*	13,3	6,84	6,88	26,2	43,1	6	8
	PÓS	1/5	1/5	1/5	-	0/5	0/5	3/15	0/10	20	0	7,18	7,00	27,2	53,7	8	8
	FCAG	2/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	4/15	3/15	26,7*	20	8,45	7,88	53,2	86,3	14	16
6 (ant.)	AD	1/5	2/5	3/5	1/5	0/5	0/5	6/15	1/15	40*	6,7	6,95	7,38	14,75	40,0	6	12
	AE	0/5	0/5	2/5	1/5	1/5	0/5	2/15	2/15	13,3	13,3	7,10	7,04	20,1	38,7	7	8
	FAP	1/5	1/5	0/5	0/5	0/5	0/5	2/15	0/15	13,3	0	6,76	6,80	28,0	48,1	7	8
	FD	0/5	4/5	1/5	0/5	0/5	0/5	5/15	0/15	33,3*	0	6,83	6,85	27,8	46,4	6	8
	PÓS	2/5	2/5	1/5	-	0/5	0/5	5/15	0/10	33,3*	0	7,03	6,88	29,4	62,7	7	10
	FCAG	3/5	1/5	1/5	3/5	2/5	2/5	5/15	7/15	33,3*	46,7*	8,30	7,48	33,5	49,3	7	10
7 (dep)	FAP	1/5	2/5	2/5	0/5	0/5	0/5	5/15	0/15	33,3*	0	6,75	6,84	28,5	47,7	7	8
	FD	0/5	0/5	1/5	1/5	0/5	0/5	1/15	1/15	6,7	6,7	6,78	6,86	27,5	46,5	6	8
	PÓS	3/5	5/5	5/5	4/5	5/5	-	13/15	9/10	86,7*	90*	8,30	7,45	32,0	48,4	7	12
	FCAG	2/5	2/5	1/5	0/5	0/5	1/5	5/15	1/15	33,3*	6,7	6,96	6,92	28,9	58,4	6	10
10	AD	4/5	2/5	2/5	1/5	1/5	2/5	8/15	4/15	53,3*	26,7*	6,90	7,35	14,77	40,6	5	-
	AE	1/5	0/5	0/5	1/5	1/5	0/5	1/15	2/15	6,7	13,3	7,12	7,03	21,5	38,4	5	10
	FAP	4/5	5/5	5/5	3/5	3/5	5/5	14/15	11/15	93,3*	73,3*	6,64	6,83	26,7	44,7	5	8
	FD	3/5	3/5	1/5	1/5	0/5	0/5	7/15	1/15	46,7*	6,7	6,77	6,87	26,2	44,5	5	8
	PÓS	0/5	1/5	1/5	1/5	-	0/5	2/15	1/10	13,3	10	7,13	6,84	36,0	60,9	6	10
	FCAG	5/5	4/5	3/5	3/5	2/5	3/5	12/15	8/15	80*	53,3*	7,93	7,36	26,8	48,4	6	10

*amostras tóxicas: diferença significativa em relação ao controle pelo teste de Fisher ($p = 0,05$)

Tabela 4.12 – Percentagem de imobilidade dos dafnídeos *Ceriodaphnia dubia* – CD e *C. silvestrii* – CS (Crustacea, Cladocera) expostos a AD, AE e efluentes do Ensaio VI – IP (Instalação Piloto) e valores das características físicas e químicas monitoradas durante o teste de toxicidade aguda (48 horas).

ENSAIO VI-IP (19-20/07/06): Sistema MR → FAP → INTER → FD → FCAG																	
Início: 26/07/06 Fim: 28/07/06		Réplicas (ind. Imóveis / total ind. expostos)						Total ind. imóveis / total ind. expostos		% imobilidade		pH		Condutividade (µS/cm)		Dureza (mg CaCO ₃ /L)	
Hora (h)	Amostra	C. dúbia CD			C. silvestrii CS			CD	CS	CD	CS	início	fim	início	fim	início	fim
		1	2	3	1	2	3										
	Controle	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/15	0/15	0	0	7,38	7,82	160,0	186,5	44	-
1	AD	1/5	2/5	1/5	0/5	0/5	1/5	4/15	1/15	26,7*	6,67	6,82	7,29	14,59	36,5	5	12
	AE	2/5	5/5	2/5	0/5	0/5	0/5	9/15	0/15	60*	0	6,90	6,88	15,25	28,8	6	-
	FAP	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5	15/15	15/15	100*	100*	6,75	6,72	19,42	31,1	5	6
	INTER	5/5	5/5	5/5	5/5	4/5	4/5	15/15	13/15	100*	86,7*	6,90	6,87	23,2	42,6	6	-
	FD	5/5	5/5	3/5	2/5	2/5	3/5	13/15	7/15	86,7*	46,7*	6,98	6,90	25,5	41,5	7	-
	CAG	2/5	1/5	0/5	0/5	0/5	0/5	3/15	0/15	20	0	7,88	7,43	39,6	68,6	9	14
6 (ant.)	AD	2/5	3/5	3/5	0/5	3/5	0/5	8/15	3/15	53,3*	20	6,84	7,21	14,83	33,0	4	-
	AE	3/5	4/5	2/5	0/5	0/5	0/5	9/15	0/15	60*	0	6,88	6,85	15,14	27,8	5	-
	FAP	5/5	5/5	3/5	5/5	5/5	5/5	13/15	15/15	86,7*	100*	6,83	6,74	20,6	32,8	4	8
	INTER	5/5	4/5	4/5	3/5	3/5	3/5	13/15	9/15	86,7*	60*	6,90	6,98	24,7	39,9	4	8
	FD	3/5	3/5	3/5	3/5	4/5	2/5	9/15	9/15	60*	60*	6,94	6,96	25,1	40,0	4	8
	CAG	2/5	2/5	0/5	0/5	0/5	2/5	4/15	2/15	26,7*	13,3 3	7,56	7,32	26,5	47,9	4	10
7 (dep)	FAP	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5	15/15	15/15	100*	100*	6,71	6,68	20,3	31,6	4	6
	INTER	3/5	4/5	4/5	3/5	3/5	3/5	11/15	9/15	73,3*	60*	6,82	6,90	25,4	40,9	4	8
	FD	3/5	3/5	5/5	3/5	2/5	4/5	11/15	9/15	73,3*	60*	6,95	6,89	24,4	40,2	4	8
	CAG	1/5	2/5	1/5	0/5	1/5	1/5	4/15	2/15	26,7*	13,3	7,60	7,30	25,7	45,4	4	10
10	AD	3/5	2/5	2/5	1/5	0/5	0/5	7/15	1/15	46,7*	6,7	6,96	7,30	14,74	33,0	4	10
	AE	1/5	2/5	1/5	0/5	0/5	0/5	4/15	0/15	26,7*	0	6,80	6,90	14,83	27,4	4	-
	FAP	3/5	5/5	3/5	0/5	3/5	5/5	11/15	8/15	73,3*	53,3*	7,00	6,72	19,49	31,8	4	6
	INTER	4/5	5/5	5/5	5/5	4/5	5/5	14/15	14/15	93,3*	93,3*	6,8	6,92	24,0	40,2	4	8
	FD	4/5	5/5	4/5	0/5	3/5	2/5	13/15	5/15	86,7*	33,3*	7,10	7,04	23,4	38,6	4	-
	CAG	1/5	1/5	1/5	0/5	0/5	0/5	3/15	0/15	20	0	7,95	7,37	22,4	50,7	4	10

*amostras tóxicas: diferença significativa em relação ao controle pelo teste de Fisher (p = 0,05)

Tabela 4.13 – Percentagem de imobilidade dos dafnídeos *Ceriodaphnia dubia* – CD e *C. silvestrii* – CS (Crustacea, Cladocera) expostos a AD, AE e efluentes do Ensaio VII – IP (Instalação Piloto), e valores das características físicas e químicas monitoradas durante o teste de toxicidade aguda (48 horas).

ENSAIO VII-IP (21/07/06): Sistema CAP → MR → FAP → FD																	
Início: 31/07/06 Fim: 02/08/06		Réplicas (ind. Imóveis / total ind. expostos)						Total ind. imóveis/total ind. expostos		% imobilidade		pH		Condutividade (µS/cm)		Dureza (mg CaCO ₃ /L)	
Hora (h)	Amostra	C. dubia CD			C. silvestrii CS			CD	CS	CD	CS	início	fim	início	fim	início	fim
	Controle	0/5	0/5	1/5	0/5	0/5	0/5	1/15	0/15	6,67	0	7,63	7,68	160,0	191,1	42	-
1	AD	4/5	3/5	4/5	5/5	2/5	2/5	11/15	9/15	73,3*	60*	6,92	7,20	13,82	38,2	3	-
	AE	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/15	0/15	0	0	6,88	6,92	14,52	29,7	4	8
	CAP	0/5	1/5	0/5	0/5	0/5	1/5	1/15	1/15	6,7	6,7	7,00	6,98	14,48	29,6	5	7
	FAP	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5	15/15	15/15	100*	100*	6,68	6,67	18,12	33,7	3	7
	FD	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5	15/15	14/15	100*	93,3*	6,74	6,76	17,88	32,8	4	8
3	AD	2/5	3/5	1/5	1/5	0/5	0/5	6/15	1/15	40	6,7	6,93	7,23	14,54	34,1	5	10
	AE	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/15	0/15	0	0	6,82	6,92	14,64	29,1	5	8
	CAP	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/15	0/15	0	0	6,98	6,86	14,72	30,4	5	7
	FAP	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5	15/15	15/15	100*	100*	6,55	6,71	18,66	32,8	6	7
	FD	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5	15/15	15/15	100*	100*	6,62	6,67	18,02	32,6	5	6
6	AD	5/5	4/5	5/5	5/5	4/5	5/5	14/15	14/15	93,3*	93,3*	6,85	7,23	14,04	34,3	5	-
	AE	2/5	0/5	1/5	1/5	0/5	0/5	3/15	1/15	20	6,7	6,91	6,96	14,70	29,3	4	8
	CAP	1/5	0/5	1/5	0/5	0/5	1/5	2/15	1/15	13,3	6,7	7,04	6,94	14,96	30,4	4	7
	FAP	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5	15/15	15/15	100*	100*	6,63	6,70	18,54	30,4	5	8
	FD	5/5	5/5	5/5	4/5	5/5	5/5	15/15	14/15	100*	93,3*	6,68	6,63	17,80	32,8	4	8

*amostras tóxicas: diferença significativa em relação ao controle pelo teste de Fisher ($p = 0,05$)

Tabela 4.14 – Percentagem de imobilidade dos dafnídeos *Ceriodaphnia dubia* – CD e *C. silvestrii* – CS (Crustacea, Cladocera) expostos a AD, AE e efluentes do Ensaio VIII – IP (Instalação Piloto), e valores das características físicas e químicas monitoradas durante o teste de toxicidade aguda (48 horas).

ENSAIO VII-IP (21-22/07/06): Sistema PRÉ → CAP → MR → FAP → FD																	
Início: 23/07/06 Fim: 25/07/06		Réplicas (ind. Imóveis / total ind. expostos)						Total ind. imóveis/total ind. expostos		% imobilidade		pH		Condutividade µS/cm)		Dureza (mg CaCO ₃ /L)	
Hora	Amostra	C. dubia CD			C. silvestrii CS												
(h)		1	2	3	1	2	3	CD	CS	CD	CS	início	fim	início	fim	início	fim
	Controle	0/5	1/5	0/5	0/5	0/5	0/5	1/15	0/15	6,7	0	7,40	-	160,0	264	44	64
1	AD	5/5	4/5	5/5	4/5	2/5	2/5	14/15	8/15	93,3*	53,3*	6,92	7,03	13,80	-	5	-
	AE	5/5	4/5	5/5	5/5	4/5	5/5	14/15	14/15	93,3*	93,3*	6,87	6,80	21,0	39,0	4	8
	PRÉ	1/5	0/5	0/5	3/5	5/5	5/5	1/15	13/15	6,7	86,7*	6,97	6,90	22,7	39,6	4	8
	CAP	0/5	1/5	0/5	5/5	4/5	4/5	1/15	13/15	6,7	86,7*	7,12	6,73	21,0	40,4	4	8
	FAP	2/5	3/5	3/5	5/5	1/5	4/5	8/15	10/15	53,3*	66,7*	6,75	6,77	22,8	42,5	4	8
	FD	4/5	4/5	5/5	5/5	5/5	5/5	13/15	15/15	86,7*	100*	6,67	6,80	23,3	43,7	3	10
3	AD	3/5	4/5	3/5	0/5	3/5	0/5	10/15	3/15	66,7*	20	6,80	7,09	13,75	-	4	-
	AE	1/5	0/5	0/5	1/5	2/5	2/5	1/15	5/15	6,7	33,3*	6,96	6,93	23,4	41,4	4	8
	PRÉ	1/5	0/5	2/5	2/5	4/5	5/5	3/15	11/15	20	73,3*	6,97	6,85	22,5	40,1	4	8
	CAP	1/5	0/5	0/5	4/5	4/5	3/5	1/15	11/15	6,7	73,3*	6,95	6,92	22,1	38,5	4	8
	FAP	3/5	0/5	3/5	4/5	2/5	3/5	6/15	9/15	40*	60*	6,67	6,84	23,9	43,1	4	-
	FD	5/5	3/5	5/5	2/5	3/5	3/5	13/15	8/15	86,7*	53,3*	6,70	6,82	23,7	43,5	4	10
6	AD	3/5	5/5	5/5	1/5	1/5	3/5	13/15	5/15	86,7*	33,3*	6,87	7,10	14,04	-	3	-
	AE	0/5	0/5	0/5	2/5	0/5	2/5	0/15	4/15	0	26,7*	6,97	6,85	22,9	41,6	4	8
	PRÉ	1/5	0/5	1/5	4/5	4/5	3/5	2/15	11/15	13,3	73,3*	6,94	6,95	22,4	41,4	4	10
	CAP	0/5	0/5	0/5	5/5	5/5	5/5	0/15	15/15	0	100*	7,00	-	21,4	39,6	4	10
	FAP	3/5	4/5	5/5	3/5	3/5	3/5	12/15	9/15	80*	60*	6,70	6,88	24,7	43,1	4	8
	FD	5/5	4/5	4/5	2/5	3/5	4/5	13/15	9/15	86,7*	60*	6,76	6,77	24,3	42,2	4	8

*amostras tóxicas: diferença significativa em relação ao controle pelo teste de Fisher (p = 0,05)

Tabela 4.15 – Percentagem de imobilidade do dafnídeo *Ceriodaphnia silvestrii* (Crustacea, Cladocera) exposto a algumas amostras de AD e efluentes, após ajuste da dureza para 40 – 48 mg CaCO₃/L, dos Ensaios V, VI, VII e VIII – IP e valores das características físicas e químicas monitoradas durante o teste de toxicidade aguda (48 horas). Início: 05/08/06 Fim: 07/08/06

Ensaio	Tratamento	Réplicas (indivíduos imóveis/total indivíduos)			Total indivíduos imóveis	% imobilidade	pH		Condutividade μS/cm		Dureza mg CaCO ₃ /L	
		1	2	3			i	f	i	f	i	f
	controle	0/5	1/5	0/5	1/15	6,67	7,31	7,84	160	181,4	44	
V	FAP0h	0/5	0/5	1/5	1/15	6,67	7,76	7,71	184,3	169,8	42	
	CAG10h	4/5	1/5	3/5	8/15	53,33*	7,92	7,86	202	184,7	48	
VI	AD6h	0/5	1/5	1/5	2/15	13,33	7,95	7,83	188,6	175,1	48	
	FAP6h	1/5	0/5	2/5	3/15	20	7,79	7,73	169,8	157,0	42	
	INTER6h	0/5	0/5	2/5	2/15	13,33	7,83	7,53	179,1	167,5	42	
	FD6h	1/5	2/5	1/5	4/15	26,67	7,81	7,61	170,2	162,5	42	
VII	AD6h	1/5	1/5	1/5	3/15	20	7,70	7,76	164,8	160,4	42	
	FAP6h	2/5	0/5	1/5	3/15	20	7,74	7,61	167,4	155,1	-	42
	FD6h	0/5	1/5	0/5	1/15	6,67	7,83	7,76	161,1	152,8	-	40
VIII	AD0h	2/5	1/5	0/5	3/15	20	7,81	7,56	157,0	154,4	42	
	FAP6h	0/5	1/5	1/5	2/15	13,33	7,82	7,76	180,5	166,4	42	
	FD6h	0/5	1/5	0/5	1/15	6,67	7,83	7,65	170,7	160,4	42	

*amostra tóxica: diferença significativa em relação ao controle pelo teste de Fisher (p = 0,05)

ANEXO A

Informações, dados e resultados dos ensaios em bancada e em uma instalação piloto de estação de tratamento de água realizados por KURODA (2006) para avaliação de processos de tratamento na remoção de células, microcistinas e subprodutos de *Microcystis* spp.

Tabela A1 – Principais características físicas, químicas e microbiológicas das águas de estudo utilizadas (retirado de Kuroda, 2006).

Parâmetros	Águas de Estudo						
	Série A AE-A	Série B AE-B	Série C AE-C	Série D AE-D	Série E AE-E	Série F AE-F	Série G AE-G
Turbidez (uT)	5,18	4,43	2,86	2,35	2,37	4,32	11,5
Temperatura (°C)	24,00	22,00	24,00	24,00	24,00	24,00	25
pH	6,53	6,10	5,70	6,63	5,94	5,83	6,15
Alumínio Residual (mg/L)	-	-	0,33	-	0,026	0,026	0,12
Alcalinidade (mg CaCO ₃ /mL)	6,44	4,60	4,00	7,00	3,50	4,00	6,48
Condutividade (mS/cm)	20,50	21,80	31,00	33,80	27,00	28,60	46,50
Potencial Zeta (mV)	-23,30	-21,50	-17,40	-17,40	-16,00	-16,30	-15,3
Cor Aparente (uH)	33,00	26,00	12,00	12,00	9,00	18,00	-
Cor Verdadeira (uH)	< 1	<1	<1	-	-	-	-
COT (mg/L)	3,748	2,098	2,396	3,421	3,255	3,473	2,370
Absorbância (254 nm)	0,020	0,011	0,035	0,040	0,039	0,046	0,024
Densidade <i>Microcystis</i> spp. (cel/mL)	1,5 × 10 ⁵	5,9 × 10 ⁴	6,3 × 10 ⁴	2,1 × 10 ⁵	2,1 × 10 ⁵	2,1 × 10 ⁵	2,0 × 10 ⁵
Partículas (1 a 10 µm)/mL	2,08E+05	1,86E+05	-	6,40E+04	-	-	1,3E+05

AE-i: refere-se à água de estudo da série i.

Tabela A3 – Ensaio para avaliar a influência da variação das características da água de diluição (pH baixo) (Ensaio 9 / Série E) (retirado de Kuroda, 2006).

Parâmetros	Jarro 1	Jarro 2	Jarro 3	Jarro 4	Jarro 6	Jarro 7
Dosagem de alumínio (mg/L)	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
Dosagem do produto comercial (mg/L)	4,25	4,25	2,39	1,46	1,13	2,32
pH coagulação	5,56	5,56	5,77	5,81	5,84	5,61
Potencial Zeta água coagulada (mV)	-5,4	-3,1	0,4	5,3	-9,3	-7,0
Turbidez do efluente filtrado (uT)	0,57	0,33	0,33	0,31	0,39	0,45
COT do efluente filtrado (mg/L)	1,071	1,14	1,425	0,809	0,864	1,093
Absorb. (254 nm) do efluente filtrado	0,029	0,027	0,028	0,028	0,031	0,028
Densidade <i>Microcystis</i> spp. do efluente filtrado (cel/mL)	4920,2	2975,3	1790,3	1816,1	1964,2	6684,8

Jarro i (i = 1 a 7, conforme especificações apresentadas): refere-se à aplicação do coagulante tipo i.

Tabela A2 – Resultados do ensaio realizado para reprodução das melhores condições de coagulação obtidas para cada tipo de coagulante (Ensaio 8 / Série D) (retirado de Kuroda, 2006).

Parâmetros	Jarro 1	Jarro 2	Jarro 3	Jarro 4	Jarro 5	Jarro 6	Jarro 7
Dosagem de alumínio (mg/L)	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
Dosagem do produto comercial (mg/L)	4,25	4,25	2,32	2,39	1,46	1,13	3,55
pH coagulação	6,29	6,36	6,38	6,42	6,34	6,43	6,48
Potencial Zeta água coagulada (mV)	-2,10	-1,80	2,10	-1,30	2,50	-0,30	0,00
Turbidez do efluente filtrado (uT)	0,24	0,22	0,28	0,22	0,24	0,31	0,21
Cor aparente do efluente filtrado (uH)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
COT do efluente filtrado (mg/L)	1,826	1,591	1,896	1,417	1,397	1,654	1,6
Absorv. (254 nm) do efluente filtrado	0,028	0,021	0,020	0,022	0,026	0,023	0,023
Densidade <i>Microcystis</i> spp. do efluente filtrado (cel/mL)	191	95	218	75	1159	460	20
Nº Partículas (entre 1 e 10 µm)/mL do efluente filtrado	3,8E+03	1,2E+03	1,2E+03	4,5E+02	2,5E+03	3,7E+03	1,5E+03

Jarro i (i = 1 a 7, conforme especificações apresentadas no Item 4.4.2): refere-se à aplicação do coagulante tipo i.

Tabela A4 – Ensaio para avaliar a influência da variação das características da água de diluição (turbidez elevada) (Ensaio 10 / Série F) (retirado de Kuroda, 2006).

Parâmetros	Jarro 1	Jarro 2	Jarro 3	Jarro 4	Jarro 6	Jarro 7
Dosagem de alumínio (mg/L)	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
Dosagem do produto comercial (mg/L)	4,25	4,25	2,39	1,46	1,13	2,32
pH coagulação	6,51	6,26	6,03	5,97	5,88	6,12
Potencial Zeta água coagulada (mV)	-4,00	-4,00	1,60	2,00	-0,90	-5,40
Turbidez do efluente filtrado (uT)	0,40	0,46	0,64	0,64	0,54	0,46
COT do efluente filtrado (mg/L)	1,573	1,759	0,91	1,582	1,73	1,78
Absorb. (254 nm) do efluente filtrado	0,037	0,038	0,036	0,036	0,037	0,037
Densidade <i>Microcystis</i> spp. do efluente filtrado (cel/mL)	6762,1	8629,7	15275,8	9595,7	3460,5	8166,0

Jarro i (i = 1 a 7, conforme especificações apresentadas): refere-se à aplicação do coagulante tipo i.

Tabela A5 – Principais parâmetros de controle para operação e monitoramento do desempenho dos processos estudados para remoção de células e toxinas de *Microcystis* spp. nos ensaios em instalação piloto - IP (retirado de KURODA, 2006).

Parâmetros	Equipamento / método	Pontos de amostragem	Frequência
Vazão (L/h)	Volumétrico, rotâmetro e eletromagnético	AD, AE, AC, (*)	1h
Concentração residual de cloro (mg/L)	espectrofotométrico	Eflu. PRÉ, INTER e PÓS	1h
Temperatura (°C)	termômetro de Hg	AE	3h
pH	Potenciômetro Orion / 420A	AD, AE, AC, (*)	1h
Potencial Zeta	Medida de mobilidade eletroforética: Zetamaster particle electrophoresis analyser / Malvern Instruments Ltd.	AD, AE, AC, (*)	1h
Carbono orgânico total – COT (mg/L)	TOC 5000 A; Combustão; Radiação infra-vermelho: Total organic carbon analyser Shimadzu / TOC 5000 A	AE, (*)	3h
Absorbância $\lambda=254$ nm	Espectrofotométrico UV	AE, (*)	3h
Cor aparente e verdadeira (uH)	espectrofotométrico	AE	6h
Oxigênio dissolvido – OD (mg/L)	Winkler, sonda Horiba U-10	AD, AE, (*)	3h
Condutividade elétrica (μ S/cm)	sonda Horiba U-10	AD, AE, (*)	3h
Alcalinidade (mgCaCO ₃ /L)	Titulação potenciométrica	AE	6/d
Alumínio residual (mg Al/L)	espectrofotômetro	AD, AE, (*)	3h
Perda de carga (mm)	piezômetro	FA, FD	1h
Turbidez (uT)	Turbidímetro 1720C, 1720D e 2100P	AD, AE, AC, (*)	3h, contínuo
Partículas (1-20 μ m)/ mL	3000A Liquid Syringe Sample; MicroCount 05 Sensor; 8000A Counter	AD, AE, (*)	3h
Subprodutos da oxidação - SPOs (μ g/L)	CG- DCE	AD, AE, (*)	3h
Microcistinas - MCs (μ g/L)	Imunensaio ELISA, HPLC-PDA	AE, (*)	3h
Densidade <i>Microcystis</i> spp. (cel/mL)	Microscópio invertido / Uthermol	AE, (*)	3h

AD: água de diluição; AE: água de estudo; AC: água coagulada, (*) E:fluentes: FAP: filtro ascendente de pedregulho; PRÉ: pré-cloração, CAP: adsorção em carvão ativado em pó, FAP: filtro ascendente de pedregulho, INTER: intercloração; FD: filtro descendente; FCAG: filtro com carvão ativado granular; PÓS: pós-cloração

Figura A1 – Esquema geral da instalação piloto – IP, contendo as adaptações realizadas (retirado de KURODA, 2006)

LEGENDA:

CMR: Câmara de mistura rápida (ícone de asterisco dentro de um círculo)

CO: Câmara de oxidação (ícone de círculo com um ponto no centro)

CA: Câmara de adsorção (ícone de círculo com um ponto no centro)

(*): Ensaio com problemas operacionais

FLA: Filtro de laboratório de areia

FAP: Filtro ascendente de pedregulho (ícone de círculo com pontos)

FD: Filtro descendente (ícone de círculo com pontos)

FCAG: Filtro de carvão ativado granular (ícone de círculo com pontos)

Figura A2 – Sistemas de tratamento utilizados nos ensaios para avaliação da remoção de células e subprodutos de *Microcystis* spp., cujos efluentes foram testados por meio de testes de toxicidade aguda com dafnídeos e de biomonitoramento com peixes. (retirado de KURODA, 2006)

Tabela A6 – Caracterização das águas de estudo empregadas nos Ensaios de I a VIII (retirado de KURODA, 2006)

FASES ➡		FASE 2					FASE 3	
ÁGUAS ➡		Água de estudo tipo 2 AE-2					Água de estudo tipo 3 AE-3	
PARÂMETROS	ENSAIOS ➡	1	2	3	4	5	6	7 e 8
pH		6,71	6,64	7,23	6,63	6,41	7,55	7,67
Cor aparente (uH)		24	24	25	23	31	23	23
Cor verdadeira (uH)		-	2,0	1,0	1,0	6,0	1,0	6,0
Turbidez (uT)		3,01	2,36	2,62	2,97	2,15	4,35	3,91
Alcalinidade total (mg CaCO ₃ /L)		4,0	6,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0
Dureza total (mg CaCO ₃ /L)		8,0	20	20	22,0	16	13,0	15,0
Condutividade elétrica (µS/cm)		44,5	46,9	54,8	38,2	36,4	24,5	39,4
Carbono orgânico total (mg C/L)		1,227	2,767	3,949	3,336	2,988	1,739	2,899
Absorbância 254 nm (UA)		0,023	0,052	0,037	0,037	0,017	0,011	0,024
N amoniacal (µg/L)		50	120	150	150	80	10	60
N nitrato (µg/L)		633	777	820	437	747	206	789
N nitrito (µg/L)		39	ND	ND	188	125	2	ND
Cloro livre (mg/L)		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cloreto (mg/L)		-	-	3,0	1,4	1,2	0,8	ND
Sulfatos (mg/L)		-	5,0	7,0	5,0	1,0	ND	ND
Acidez		-	3,0	3,0	5,0	10,0	3,0	3,0
Fosfato total (µg/L)		-	-	-	-	390	50	70

(*): amostra coletada no final do ensaio e caracterização realizada no dia seguinte; ND: não detectado

Tabela A7 – Parâmetros de controle - operação do ENSAIO 1 (em instalação piloto): temperatura, pH, potencial zeta e residual de cloro livre das águas de diluição e de estudo e efluentes (retirado de KUROMA, 2006)

	t (°C)	pH	Pz (mV)	pH	Pz (mV)	pH	Pz (mV)	pH	Pz (mV)	pH	Cl res. (mg/L)	pH	Pz (mV)	pH	Pz (mV)
Hora (h)	AD		AE		AC		FAP		INTER		FD		FCAG		
1	22,00	6,62	-1,20	6,85	-34,80	6,40	-6,40	6,39	-	6,31	0,10	6,26	-		-
3	20,50	6,46	-	6,58	-32,50	6,42	-3,90	-	-	6,47	0,24	6,47	-	9,31	-
6 (ant.)	22,00	6,82	-	6,93	-	6,29	1,50	6,34	-	6,39	0,20	6,34	-	8,96	-
7 (dep.)	23,00	6,43	-1,50		-	6,42	1,70	-	-	6,42	0,78	6,43	-	9,03	-
9	24,00	6,26	-	7,29	-	6,34	3,10	6,16	-	6,20	0,46	6,31	-	8,76	-
12	24,50	6,29	-	6,47	-35,10	6,56	-3,20	6,23	-	6,21	0,32	6,45	-	8,78	-
MÍNIMO	20,5	6,3	-1,5	6,5	-35,1	6,3	-6,4	6,2	-	6,2	0,1	6,3	-	8,8	-
MÁXIMO	24,5	6,8	-1,2	7,3	-32,5	6,6	3,1	6,4	-	6,5	0,8	6,5	-	9,3	-

Tabela A8 – Parâmetros de controle - desempenho do ENSAIO 1 (em instalação piloto): carbono orgânico total, absorvância 254, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, dureza e turbidez das águas de diluição e de estudo e dos efluentes de cada processo de tratamento para diferentes tempos de amostragem (retirado de KUROMA, 2006)

	Carbono orgânico total - COT (mg/L)						absorvância 254						Oxigênio dissolvido - OD (mg/L)					
Hora (h)	AD	AE	FAP	INTER	FD	FCAG	AD	AE	FAP	INTER	FD	FCAG	AD	AE	FAP	INTER	FD	FCAG
1	-	2,419	1,165	1,356	1,106	1,231	-	0,030	0,017	0,023	0,02	0,011	7,3(8,0)	7,3(7,8)	7,8(8,2)	7,6(8,3)	7,6(8,4)	6,7(6,7)
3	-	1,651	1,085	1,993	1,357	0,968	-	0,032	0,017	0,046	0,02	0,007	7,5	7,7	7,7	7,8	7,7	7,2
6 (ant.)	-	1,541	1,046	1,083	1,097	0,436	-	0,032	0,018	0,021	0,019	0,007	7,3(7,8)	7,4(7,7)	7,5(8,0)	7,7(8,0)	7,3(8,3)	7,4(7,5)
7 (dep.)	-	1,311	1,012	1,002	0,985	0,402	-	0,027	0,016	0,02	0,021	0,006	7,4	7,0	7,7	7,4	7,3	6,7
9	-	1,627	2,386	1,187	1,164	0,543	-	0,026	0,015	0,02	0,02	0,006	7,4	7,3	7,2	7,2	7,4	6,6
12	-	1,391	1,691	1,052	0,973	0,381	-	0,028	0,015	0,02	0,019	0,006	7,0(7,7)	7,0(7,7)	7,0(7,5)	7,3(7,8)	7,1(7,5)	6,6(6,9)
MÍNIMO	-	1,311	1,012	1,002	0,973	0,381	-	0,026	0,015	0,02	0,019	0,006	7,4	7,0	7,2	7,2	7,3	6,6
MÁXIMO	-	2,419	2,386	1,993	1,357	1,231	-	0,032	0,018	0,046	0,021	0,011	7,5	7,7	7,7	7,8	7,7	7,2

	Condutividade elétrica (µS/cm)						Dureza (mgCaCO ₃ /L)						Turbidez (*) (uT)					
Hora (h)	AD	AE	FAP	INTER	FD	FCAG	AD	AE	FAP	INTER	FD	FCAG	AD	AE	FAP	INTER	FD	FCAG
1	20,5	25,1	29,6	28,5	24,4	23,4	7	9	9	8	8	9	-	3,74	0,23	0,36	0,19	0,34
3	20,3	24,7	29,8	30,4	30,7	32,4	-	-	-	-	-	-	-	4,2	0,2	1,8	0,2	0,2
6 (ant.)	20,2	25,6	30,5	31,3	30,6	32,7	6	7	7	8	9	10	-	3,11	0,23	0,28	0,30	0,25
7 (dep.)	20	24,7	29,4	32,1	30,4	33,7	6	8	8	10	8	9	-	2,5	0,2	0,3	0,2	0,3
9	19,8	24,8	30,2	31,5	31,6	34,1	-	-	-	-	-	-	-	2,4	0,2	0,3	0,2	0,3
12	19,7	25,2	29,7	32,2	32,2	31,9	6	8	8	8	8	9	-	2,49	0,19	0,29	0,22	0,19
MÍNIMO	19,7	24,7	29,4	28,5	24,4	23,4	6	7	7	8	8	9	-	2,4	0,2	0,3	0,2	0,2
MÁXIMO	20,5	25,6	30,5	32,2	32,2	34,1	7	9	9	10	9	10	-	4,2	0,2	1,8	0,3	0,3

AD: água de diluição; AE: água de estudo; Efluentes: FAP: filtro ascendente de pedregulho, INTER: intercloração, FD: filtração descendente, FCAG: filtro com carvão ativado granular; (*): leitura em turbidímetro de bancada 2100P HACH; OD: método de Winkler (sonda Horiba U-10).

Tabela A9 – Resumo das condições de funcionamento e dos parâmetros de desempenho para os controles operacional e qualitativo do Ensaio I-IP (retirado de KURODA, 2006)

ENSAIO I-IP: Sistema MR → FAP → INTER → FD → FCAG						
TC-MR = 50 s	TxF-FAP = 120 m³/m².d	TC-INTER = 44 min	TxF-FD = 180 m³/m².d	TCv FCAG = 12 min		
PARÂMETROS DE CONTROLE - OPERAÇÃO: DSA: 6 a 7 mg/L; DHS: 1 a 1,5 mg/L; pH da AC: 6,3 a 6,6; potencial zeta da AC: -6,4 a +3,2 mV; cloro residual do efluente da intercloração (mantido próximo de 0,5 mg/L): 0,1 a 0,78 mg/L, temperatura: 20,5 a 24,5 °C; DFI realizada na 6ª h, duração do ensaio: 12 h						
PARÂMETROS DE CONTROLE - DESEMPENHO	Águas de diluição - AD, de estudo - AE e Efluentes					
	AD	AE	FAP	INTER	FD	FCAG
pH	6,3 a 6,8	6,5 a 7,3	6,2 a 6,4	6,2 a 6,5	6,3 a 6,5	8,8 a 9,3
Potencial Zeta (mV)	-1,2 a -1,5	-32,5 a -35,1	-	-	-	-
Carbono orgânico total – COT (mg C / L)	-	1,3 a 2,4	1,01 a 2,4	1,0 a 2,0	1,0 a 1,4	0,4 a 3,2
Absorbância λ=254 nm	-	0,026 a 0,032	0,015 a 0,018	0,02 a 0,046	0,019 a 0,021	0,006 a 0,011
Oxigênio dissolvido – OD (mg/L)	7,4 a 7,5	7,0 a 7,7	7,2 a 7,7	7,2 a 7,8	7,7 a 7,7	6,6 a 7,2
Condutividade elétrica (µS/cm)	19,7 a 20,5	24,7 a 25,6	29,4 a 30,5	28,5 a 32,2	24,4 a 32,2	23,4 a 34,1
Dureza (mgCaCO3/L)	6 a 7	7 a 9	7 a 9	8 a 10	8 a 9	9 a 10
Turbidez (*) (uT)	-	2,4 a 4,2	0,19 a 0,23	0,25 a 0,36	0,18 a 0,3	0,19 a 0,34
Turbidez (**) (uT)	-	2,1 a 2,9	0,02 a 0,1	0,01 a 0,5	0,01 a 0,05	0,03 a 0,07

TC: tempo médio de contato; TxF: taxa média de filtração; TCv: tempo médio de contato em vazio; MR: mistura rápida; FAP: filtro ascendente de pedregulho; INTER: intercloração; FD: filtro descendente; FCAG: filtro com carvão ativado granular; DSA: dosagem de sulfato de alumínio Al₂(SO₄)₃×14,3 H₂O /L; DHS: dosagem de hidróxido de sódio; AC: água coagulada; AD: água de diluição; AE: água de estudo; DFI: descarga de fundo intermediária; (*): leitura em turbidímetro de bancada 2100P HACH; (**): leitura em turbidímetro de escoamento contínuo

Figura A3 – Densidade de *Microcystis* spp. (E+0x = 10^x) na água de estudo e nos efluentes de cada processo de tratamento para diferentes tempos de amostragem do Ensaio I-IP (retirado de KURODA, 2006)

Figura A4 – Concentração de microcistinas - MCs extracelulares na água de estudo e nos efluentes de cada processo de tratamento para diferentes tempos de amostragem do Ensaio I-IP (retirado de KURODA, 2006)

Figura A5 – Concentração de subprodutos da oxidação – SPOs formados na água de estudo e nos efluentes de cada processo de tratamento para amostragem de 6 h do Ensaio I-IP (retirado de KURODA, 2006)

Tabela A10 – Parâmetros de controle - operação do ENSAIO 2 (em instalação piloto): temperatura, pH, potencial zeta e residual de cloro livre das águas de diluição e de estudo e efluentes (retirado de KURODA, 2006)

	t (°C)	pH	Pz (mV)	pH	Pz (mV)	pH	Cl res. (mg/L)	pH	Pz (mV)	pH	Pz (mV)	pH	Pz (mV)	pH	Pz (mV)
Hora (h)	AD		AE		PRÉ		CAP		AC		FAP		FD		
1	22,5	6,99	-2,50	7,02	-28,80	6,78	0,20	6,87	-	6,92	-26,60	6,74	-2,00	6,68	-1,80
3	-	6,88	-	-	-34,60	6,98	0,15	7,48	-	6,97	-24,00	6,88	-1,20	-	-2,00
6 (ant.)	-	6,86	-3,00	7,24	-26,10	7,09	0,06	7,09	-	6,96	-25,20	6,86	-2,50	6,88	-2,10
7 (dep.)	21,0	7,06	-	-	-31,30	7,01	0,05	6,99	-	6,96	-21,40	6,86	-	-	-
10	-	7,00	-4,10	7,01	-24,90	6,97	0,10	7,22	-	6,96	-21,70	7,09	-2,00	7,13	-2,00
MÍNIMO	21,0	6,9	-4,1	7,0	-34,6	6,8	0,05	6,9	-	6,9	-26,6	6,7	-2,5	6,7	-2,1
MÁXIMO	22,5	7,1	-2,5	7,2	-24,9	7,1	0,20	7,5	-	7,0	-21,4	7,1	-1,2	7,1	-1,8

Tabela A11 – Parâmetros de controle - desempenho do ENSAIO 2 (em instalação piloto): carbono orgânico total, absorvância 254, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, dureza e turbidez das águas de diluição e de estudo e dos efluentes de cada processo de tratamento para diferentes tempos de amostragem (retirado de KURODA, 2006)

	Carbono orgânico total - COT (mg/L)						absorvância 254						Oxigênio dissolvido - OD (mg/L)					
Hora (h)	AD	AE	PRÉ	CAP	FAP	FD	AD	AE	PRÉ	CAP	FAP	FD	AD	AE	PRÉ	CAP	FAP	FD
1	-	2,726	3,073	4,303	0,849	-	-	0,027	0,029	0,016	0,013	0,012	7,4 (8,1)	7,5(8,0)	7,7(7,3)	7,8(7,0)	7,6(7,9)	7,2(7,5)
3	-	1,9	2,551	1,748	0,627	0,774	-	0,026	0,015	0,026	0,007	0,008	7,4	7,5	7,7	7,7	7,7	7,7
6 (ant.)	-	2,122	1,477	3,959	0,634	0,795	-	0,031	0,030	0,017	0,007	0,012	7,4 (8,0)	7,4(8,0)	7,7(8,2)	7,6(7,5)	7,7(8,3)	7,3(8,2)
7 (dep.)	-	1,446	2,098	3,504	0,701	0,682	-	0,028	0,031	0,015	0,009	0,005	7,3	7,5	7,7	7,8	7,8	7,8
10	-	4,482	3,987	-	2,393	2,268	-	0,033	0,033	0,021	0,008	0,008	7,5(8,0)	7,5(8,1)	7,8(8,0)	7,9(7,1)	8,0(8,4)	7,9(8,1)
MÍNIMO	-	1,446	1,477	1,748	0,627	0,682	-	0,026	0,015	0,015	0,007	0,005	7,3	7,4	7,3	7,0	7,6	7,2
MÁXIMO	-	4,482	3,987	4,303	2,393	2,268	-	0,033	0,033	0,026	0,013	0,012	8,1	8,1	8,0	7,9	8,4	8,2

	Condutividade elétrica (µS/cm)						Dureza (mgCaCO ₃ /L)						Turbidez (*) (uT)					
Hora (h)	AD	AE	PRÉ	CAP	FAP	FD	AD	AE	PRÉ	CAP	FAP	FD	AD	AE	PRÉ	CAP	FAP	FD
1	17,6	24,7	24,5	25,3	18,9	21,1	7,0	8,0	8,0	8	7	10	-	2,54	2,55	2,90	0,43	0,36
3	17,4	24,8	25	25,3	29,2	28,4	7,0	7,0	8,0	9	8	9	-	2,4	2,4	1,5	0,3	0,3
6 (ant.)	17,4	24,5	24,7	25,6	29	29,5	6,0	8,0	7,0	7	8	8	-	2,40	1,96	3,03	0,31	0,29
7 (dep.)	17,6	24,3	24,4	25,5	29,8	29,6	6,0	9,0	7,0	8	8	9	-	2,5	1,7	3,1	0,4	0,3
10	17,9	24,9	24,3	25,6	29,5	30,1	6,0	9,0	9,0	9	9	8	-	4,0	2,2	4,0	0,4	0,3
MÍNIMO	17,4	24,3	24,3	25,3	18,9	21,1	6	7	7	7	7	8	-	2,4	1,7	1,5	0,3	0,3
MÁXIMO	17,9	24,9	25	25,6	29,8	30,1	7	9	9	9	9	10	-	4,0	2,6	4,0	0,4	0,4

AD: água de diluição; AE: água de estudo; Efluentes: PRÉ: pré-cloração, CAP: carvão ativado em pó, FAP: filtro ascendente de pedregulho, FD: filtração descendente. (*): leitura em turbidímetro de bancada 2100P HACH; OD: método de Winkler (sonda Horiba U-10).

Tabela A12 – Resumo das condições de funcionamento e dos parâmetros de desempenho para os controles operacional e qualitativo do Ensaio II-IP (retirado de KURODA, 2006)

ENSAIO II-IP: Sistema PRÉ → CAP → MR → FAP → FD						
TC-PRÉ = 35 min	TC-CAP = 20 min	TC-MR = 60 s	TxF-FAP = 120 m ³ /m ² .d	TxF-FD = 180 m ³ /m ² .d		
PARÂMETROS DE CONTROLE - OPERAÇÃO: DSA: 5 a 7 mg/L; DHS: 1 a 1,5 mg/L; pH da AC: 6,9 a 7,0; cloro residual do efluente da i pré-oxidação: 0,05 a 0,20 mg/L, DCAP: 20 mg/L; temperatura: 21 a 22,5 °C; DFI realizada na 6ª h, duração do ensaio: 10 h						
PARÂMETROS DE CONTROLE - DESEMPENHO	Águas de diluição - AD, de estudo - AE e Efluentes					
	AD	AE	PRÉ	CAP	FAP	FD
pH	6,9 a 7,1	7,0 a 7,2	6,8 a 7,1	6,9 a 7,5	6,7 a 7,1	6,7 a 7,1
Potencial Zeta (mV)	-4,1 a -2,5	-34,6 a -24,9 a	-	-	-2,5 a -1,2	-2,1 a -1,8
Carbono orgânico total – COT (mg C / L)	-	1,45 a 4,48	1,48 a 3,99	1,75 a 4,3	0,63 a 2,39	0,68 a 2,27
Absorbância λ=254 nm	-	0,026 a 0,033	0,015 a 0,033	0,015 a 0,026	0,007 a 0,013	0,005 a 0,012
Oxigênio dissolvido – OD (mg/L)	7,3 a 8,1	7,4 a 8,1	7,3 a 8,0	7,0 a 7,9	7,6 a 8,4	7,2 a 8,2
Condutividade elétrica (µS/cm)	17,4 a 17,9	24,3 a 24,9	24,3 a 25	25,3 a 25,6	18,9 a 29,8	21,1 a 30,1
Dureza (mgCaCO ₃ /L)	6 a 7	7 a 9	7 a 9	7 a 9	7 a 9	8 a 10
Turbidez ^(*) (uT)	-	2,4 a 4,0	1,7 a 2,6	1,5 a 4,0	0,3 a 0,4	0,3 a 0,4
Turbidez ^(**) (uT)	0,7 a 0,9	2,3 a 3,6	2,3 a 3,3	2,8 a 4,7	0,03 a 0,5	0,04 a 0,2

TC: tempo médio de contato; TxF: taxa média de filtração; TCv: tempo médio de contato em vazio; MR: mistura rápida; FAP: filtro ascendente de pedregulho; PRÉ: pré-cloração; FD: filtro descendente; CAP: carvão ativado em pó; DSA: dosagem de sulfato de alumínio Al₂(SO₄)₃×14,3 H₂O /L; DHS: dosagem de hidróxido de sódio; AC: água coagulada; AD: água de diluição; AE: água de estudo; DFI: descarga de fundo intermediária; (*): leitura em turbidímetro de bancada 2100P HACH; (**): leitura em turbidímetro de escoamento contínuo

Figura A6 – Densidade de *Microcystis* spp. (E+0x = 10^x) na água de estudo e nos efluentes de cada processo de tratamento para diferentes tempos de amostragem do Ensaio II-IP (retirado de KURODA, 2006)

Figura A7 – Concentração de microcistinas - MCs extracelulares na água de estudo e nos efluentes de cada processo de tratamento para diferentes tempos de amostragem do Ensaio II-IP (retirado de KURODA, 2006)

Figura A8 – Concentração de subprodutos da oxidação – SPOs formados na água de estudo e nos efluentes de cada processo de tratamento para amostragem de 6 h do Ensaio II-IP (retirado de KURODA, 2006)

Tabela A13 – Parâmetros de controle - operação do ENSAIO 3 (em instalação piloto): temperatura, pH, potencial zeta e residual de cloro livre das águas de diluição e de estudo e efluentes (retirado de KURODA, 2006)

	t (°C)	pH	Pz (mV)	pH	Pz (mV)	pH	Cl res. (mg/L)	pH	Pz (mV)	pH	Pz (mV)	pH	Pz (mV)
Hora (h)	AD			AE			PRÉ	AC			FAP		FD
1	22,0	6,91	-2,50	6,87	-32,00	6,60	0,68	6,40	-10,30	6,58	-3,10	7,30	-2,20
3	-	-	-	-	-	-	0,90	6,30	-6,70	-	-	-	-
6 (ant.)	-	-	-3,20	6,57	-29,80	6,59	0,79	6,45	-9,90	6,48	-2,00	6,45	-2,10
7 (dep.)	20,0	6,34	-2,30	-	-	-	0,68	6,39	-11,00	-	-2,00	-	-2,00
10	19,0	-	-2,20	6,4	-32,00	6,36	0,54	6,30	-14,20	6,19	-2,00	6,20	-2,10
MÍNIMO	19,0	6,3	-3,2	6,4	-32,0	6,4	0,54	6,3	-14,2	6,2	-3,1	6,2	-2,2
MÁXIMO	22,0	6,9	-2,2	6,9	-29,8	6,6	0,90	6,5	-6,7	6,6	-2,0	7,3	-2,0

Tabela A14 – Parâmetros de controle - desempenho do ENSAIO 3 (em instalação piloto): carbono orgânico total, absorvância 254, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, dureza e turbidez das águas de diluição e de estudo e dos efluentes de cada processo de tratamento para diferentes tempos de amostragem (retirado de KURODA, 2006)

	Carbono orgânico total - COT (mg/L)					absorvância 254					Oxigênio dissolvido - OD (mg/L)				
Hora (h)	AD	AE	PRÉ	FAP	FD	AD	AE	PRÉ	FAP	FD	AD	AE	PRÉ	FAP	FD
1	-	3,031	2,857	2,26	1,918	-	0,025	0,024	0,018	0,032	7,7 (8,5)	7,6(8,4)	7,8(8,2)	7,8(8,3)	7,6(8,0)
3	-	2,156	2,617	2,151	2,071	-	0,028	0,025	0,018	0,017	7,7	7,6	7,8	7,8	7,6
6 (ant.)	-	3,011	3,467	2,108	2,669	-	0,029	0,029	0,016	0,017	7,6(8,4)	7,5(8,5)	7,9(8,6)	7,9(8,6)	7,9(8,5)
7 (dep.)	-	2,683	2,609	2,006	1,976	-	0,029	0,029	0,016	0,016	7,6	7,6	7,8	8,1	8,0
10	-	2,722	2,144	2,088	1,87	-	0,031	0,028	0,019	0,017	7,8(8,6)	7,9(8,4)	8,1(8,6)	8,4(8,9)	8,3(8,8)
MÍNIMO	-	2,156	2,144	2,006	1,87	-	0,025	0,024	0,016	0,016	7,6	7,5	7,8	7,8	7,6
MÁXIMO	-	3,031	3,467	2,26	2,669	-	0,031	0,029	0,019	0,032	8,6	8,5	8,6	8,6	8,8

	Condutividade elétrica (µS/cm)					Dureza (mgCaCO ₃ /L)					Turbidez (*) (uT)				
Hora (h)	AD	AE	PRÉ	FAP	FD	AD	AE	PRÉ	FAP	FD	AD	AE	PRÉ	FAP	FD
1	16,9	25,9	24,9	27,9	28,7	6,0	9,0	9,0	8	7	-	2,64	1,80	0,46	0,36
3	16,5	25,5	26,1	29,7	30,0	5,0	8,0	9,0	9	10	-	2,7	1,8	0,3	0,4
6 (ant.)	17,2	25,9	26,7	30,4	29,8	6,0	9,0	9,0	9	10	-	2,80	1,37	0,39	0,35
7 (dep.)	17,2	26,1	27,6	29,3	30,1	-	-	-	-	-	-	2,8	1,8	0,3	0,3
10	16,8	26,8	26,9	30,4	29,6	6,0	9,0	9,0	10	10	-	2,3	1,7	1,2	0,4
MÍNIMO	16,5	25,5	24,9	27,9	28,7	5	8	9	8	7	-	2,3	1,4	0,3	0,3
MÁXIMO	17,2	26,8	27,6	30,4	30,1	6	9	9	10	10	-	2,8	1,8	1,2	0,4

AD: água de diluição; AE: água de estudo; Efluentes: PRÉ: pré-cloração, FAP: filtro ascendente de pedregulho, FD: filtração descendente. (*): leitura em turbidímetro de bancada 2100P HACH; OD: método de Winkler (sonda Horiba U-10).

Tabela A15 – Resumo das condições de funcionamento e dos parâmetros de desempenho para os controles operacional e qualitativo do Ensaio III-IP (retirado de KURODA, 2006)

ENSAIO III-IP: Sistema PRÉ → MR → FAP → FD					
TC-PRÉ = 35 min	TC-MR = 55 s	TxF-FAP = 120 m³/m².d	TxF-FD = 180 m³/m².d		
PARÂMETROS DE CONTROLE - OPERAÇÃO: DSA: 5 a 5,5 mg/L; DHS: 1 a 1,25 mg/L; pH da AC: 6,3 a 6,5; potencial zeta da AC: -6,7 a -14,2 mV; DCL: 2,5 mg/L; cloro residual do efluente da pré-cloração: 0,54 a 0,9 mg/L, temperatura: 19 a 22 °C; DFI realizada na 6ª h, duração do ensaio: 10 h					
PARÂMETROS DE CONTROLE - DESEMPENHO	Águas de diluição - AD, de estudo - AE e Efluentes				
	AD	AE	PRÉ	FAP	FD
pH	6,3 a 6,9	6,4 a 6,9	6,4 a 6,6	6,2 a 6,6	6,2 a 7,3
Potencial Zeta (mV)	-3,2 a -2,2	32,0 a -29,8	-	-3,1 a -2,0	-2,2 a -2,0
Carbono orgânico total – COT (mg C / L)	-	2,2 a 3,0	2,1 a 3,5	2,0 a 2,3	1,9 a 2,7
Absorbância λ=254 nm	-	0,025 a 0,031	0,024 a 0,029	0,016 a 0,018	0,016 a 0,032
Oxigênio dissolvido – OD (mg/L)	7,6 a 8,6	7,5 a 8,5	7,8 a 8,6	7,8 a 8,6	7,6 a 8,8
Condutividade elétrica (µS/cm)	16,5 a 17,2	25,5 a 26,8	24,9 a 27,6	27,9 a 30,4	28,7 a 30,1
Dureza (mgCaCO3/L)	5 a 6	8 a 9	9	8 a 10	7 a 10
Turbidez (*) (uT)	-	2,3 a 2,8	1,4 a 1,8	0,3 a 1,2	0,3 a 0,4
Turbidez (**) (uT)	0,5 a 0,7	2,2 a 3,0	0,03 a 0,4	2,2 a 2,8	0,04 a 0,1

TC: tempo médio de contato; TxF: taxa média de filtração; TCv: tempo médio de contato em vazio; MR: mistura rápida; FAP: filtro ascendente de pedregulho; PRÉ: pré-cloração; FD: filtro descendente; DSA: dosagem de sulfato de alumínio Al₂(SO₄)₃×14,3 H₂O /L; DHS: dosagem de hidróxido de sódio; AC: água coagulada; AD: água de diluição; AE: água de estudo; DFI: descarga de fundo intermediária; (**): leitura em turbidímetro de escoamento contínuo; (*): leitura em turbidímetro de bancada 2100P HACH.

Figura A9 – Densidade de *Microcystis* spp. (E+0x = 10^x) na água de estudo e nos efluentes de cada processo de tratamento para diferentes tempos de amostragem do Ensaio III-IP (retirado de KURODA, 2006)

Figura A10 – Concentração de microcistinas - MCs extracelulares na água de estudo e nos efluentes de cada processo de tratamento para diferentes tempos de amostragem do Ensaio III-IP (retirado de KURODA, 2006)

Figura A11 – Concentração de subprodutos da oxidação – SPOs formados na água de estudo e nos efluentes de cada processo de tratamento para amostragem de 6 h do Ensaio III-IP (retirado de KURODA, 2006)

Tabela A16 – Parâmetros de controle - operação do ENSAIO 4 (em instalação piloto): temperatura, pH, potencial zeta e residual de cloro livre das águas de diluição e de estudo e efluentes (retirado de KURODA, 2006)

	t (°C)	pH	Pz (mV)	pH	Pz (mV)	pH	Pz (mV)	pH	Pz (mV)	pH	Pz (mV)	pH	Cl res. (mg/L)	pH	Pz (mV)
Hora (h)	AD		AE		AC		FAP		FD		PÓS		FCAG		
1	19,00	7,40	-3,20	6,80	-20,70	6,80	-5,20	7,06	-2,00	6,90	-2,00	6,70	1,63	-	-
3	-	-	-	-	-	6,00	-4,10	-	-	-	-	-	1,09	-	-
6 (ant.)	20,00		-2,60	7,27	-32,60	7,40	-5,40		-3,60	-	-2,00	-	1,20	8,41	-2,00
7 (dep.)	-	-	-	-	-	7,00	-13,00	-	-	-	-	-	2,09	-	-
10	18,00	-	-	-	-	7,00	-	-	-	-	-	-	1,87	-	-
MÍNIMO	18,0	7,4	-3,2	6,8	-32,6	6,0	-13,0	7,1	-3,6	6,9	-2,0	6,7	1,1	8,4	-2,0
MÁXIMO	20,0	7,4	-2,6	7,3	-20,7	7,4	-4,1	7,1	-2,0	6,9	-2,0	6,7	2,1	8,4	-2,0

Tabela A17 – Parâmetros de controle - desempenho do ENSAIO 4 (em instalação piloto): carbono orgânico total, absorvância 254, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, dureza e turbidez das águas de diluição e de estudo e dos efluentes de cada processo de tratamento para diferentes tempos de amostragem (retirado de KURODA, 2006)

	Carbono orgânico total - COT (mg/L)						absorvância 254						Oxigênio dissolvido - OD (mg/L)					
Hora (h)	AD	AE	FAP	FD	PÓS	FCAG	AD	AE	FAP	FD	PÓS	FCAG	AD	AE	FAP	FD	PÓS	FCAG
1	-	2,775	1,774	1,812	1,754	1,238	-	0,024	0,013	0,015	0,02	0,004	8,0(8,8)	7,9(8,6)	8,1(8,6)	8,4(8,7)	8,3(9,0)	7,3(7,5)
3	-	2,214	1,865	1,982	1,844	1,37	-	0,026	0,013	0,016	0,021	0,004	7,9	7,8	8,2	8,1	7,9	7,3
6 (ant.)	-	2,847	2,739	1,807	2,054	1,245	-	0,027	0,032	0,015	0,022	0,005	8,5(8,5)	8,5(8,5)	8,4(8,4)	8,5(8,4)	8,5(8,4)	7,9(7,8)
7 (dep.)	-	2,528	1,597	1,585	1,83	1,188	-	0,03	0,014	0,013	0,021	0,003	8,5	8,5	9,1	8,6	8,8	8,6
10	-	2,52	2,372	1,525	1,617	1,103	-	0,023	0,02	0,013	0,02	0,006	8,0(8,6)	8,0(8,7)	8,4(8,9)	8,3(8,8)	8,1(9,2)	8,0(8,4)
MÍNIMO	-	2,214	1,597	1,525	1,617	1,103	-	0,023	0,013	0,013	0,02	0,003	7,9	7,8	8,1	8,1	7,9	7,3
MÁXIMO	-	2,847	2,739	1,982	2,054	1,37	-	0,03	0,032	0,016	0,022	0,006	8,8	8,7	9,1	8,8	9,2	8,6

	Condutividade elétrica (mS/cm)						Dureza (mgCaCO ₃ /L)						Turbidez (*) (uT)					
Hora (h)	AD	AE	FAP	FD	PÓS	FCAG	AD	AE	FAP	FD	PÓS	FCAG	AD	AE	FAP	FD	PÓS	FCAG
1	18,38	25,6	24,50	23,0	24,9	21,2	5	6	7	5	11	5	-	4,55	0,87	0,33	0,40	0,45
3	16,41	23,6	24,50	25,1	29,3	23,7	5	7	7	7	9	7	-	4,23	0,37	0,32	0,52	0,37
6 (ant.)	16,04	21,4	26,50	26,4	31,9	26,6	6	8	8	7	9	6	-	4,50	3,19	0,40	0,78	0,83
7 (dep.)	16,38	23,8	26,20	26,7	33,8	25,7			8	6	10	7	-	4,09	0,47	0,35	0,42	0,39
10	16,24	23,0	26,80	27,0	33,8	26,4	7	6	7	7	11	8	-	5,63	2,36	0,40	0,52	0,38
MÍNIMO	16,04	21,4	24,5	23,0	24,9	21,2	5	6	7	5	9	5	-	4,09	0,37	0,32	0,40	0,37
MÁXIMO	18,38	25,6	26,8	27,0	33,8	26,6	7	8	8	7	11	8	-	5,63	3,19	0,40	0,78	0,83

AD: água de diluição; AE: água de estudo; Efluentes: FAP: filtro ascendente de pedregulho, INTER: intercloração, FD: filtração descendente, FCAG: filtro com carvão ativado granular; (*): leitura em turbidímetro de bancada 2100P HACH; OD: método de Winkler (sonda Horiba U-10).

Tabela A18 – Resumo das condições de funcionamento e dos parâmetros de desempenho para os controles operacional e qualitativo do Ensaio IV-IP (retirado de KURODA, 2006)

ENSAIO IV-IP: Sistema MR → FAP → FD → PÓS e FCAG (simultaneamente)						
TC-MR = 50 s	TxF-FAP = 120 m³/m².d	TxF-FD = 180 m³/m².d	TC-PÓS = 10 min	TCv FCAG = 12 min		
PARÂMETROS DE CONTROLE - OPERAÇÃO: DSA: 5 a 7 mg/L; DHS: 1 a 1,5 mg/L; pH da AC: 6,0 a 7,4; potencial zeta da AC: -13,0 a -4,1 mV; cloro residual do efluente da pós-cloração: 1,1 a 2,1 mg/L, temperatura: 18 a 20 °C; DFI realizada na 6ª h, duração do ensaio: 10 h						
PARÂMETROS DE CONTROLE - DESEMPENHO	Águas de diluição - AD, de estudo - AE e Efluentes					
	AD	AE	FAP	FD	PÓS	FCAG
pH	7,4	6,8 a 7,3	7,1	6,9	6,7	8,4
Potencial Zeta (mV)	-3,2 a -2,6	-32,6 a -20,7	-3,6 a -2,0	-2,0	-	-2,0
Carbono orgânico total – COT (mg C / L)	-	2,21 a 2,85	1,6 a 2,74	1,53 a 1,98	1,62 a 2,05	1,10 a 1,37
Absorbância λ=254 nm	-	0,023 a 0,03	0,013 a 0,032	0,013 a 0,016	0,02 a 0,022	0,003 a 0,006
Oxigênio dissolvido – OD (mg/L)	7,9 a 8,8	7,8 a 8,7	8,1 a 9,1	8,1 a 8,8	7,9 a 9,2	7,3 a 8,6
Condutividade elétrica (µS/cm)	16,0 a 18,4	21,4 a 25,6	24,5 a 26,8	23 a 27	24,9 a 33,8	21,2 a 26,6
Dureza (mgCaCO ₃ /L)	5 a 7	6 a 8	7 a 8	5 a 7	9 a 11	5 a 8
Turbidez ^(*) (uT)	-	4,1 a 5,6	0,4 a 3,2	0,3 a 0,5	0,3 a 0,7	0,4 a 0,8
Turbidez ^(**) (uT)	0,2 a 0,37	2,3 a 3,2	0,03 a 2,1	0,04 a 0,07	0,05 a 0,07	0,01 a 0,07

TC: tempo médio de contato; TxF: taxa média de filtração; TCv: tempo médio de contato em vazio; MR: mistura rápida; FAP: filtro ascendente de pedregulho; PÓS: pós-cloração; FD: filtro descendente; FCAG: filtro com carvão ativado granular; DSA: dosagem de sulfato de alumínio Al₂(SO₄)₃×14,3 H₂O /L; DHS: dosagem de hidróxido de sódio; AC: água coagulada; AD: água de diluição; AE: água de estudo; DFI: descarga de fundo intermediária; (**): leitura em turbidímetro de escoamento contínuo; (*): leitura em turbidímetro de bancada 2100P HACH.

Figura A12 – Densidade de *Microcystis* spp. (E+0x = 10^x) na água de estudo e nos efluentes de cada processo de tratamento para diferentes tempos de amostragem do Ensaio IV-IP (retirado de KURODA, 2006)

Figura A13 – Concentração de microcistinas - MCs extracelulares na água de estudo e nos efluentes de cada processo de tratamento para diferentes tempos de amostragem do Ensaio IV-IP (retirado de KURODA, 2006)

Figura A14 – Concentração de subprodutos da oxidação – SPOs formados na água de estudo e nos efluentes de cada processo de tratamento para amostragem de 6 h do Ensaio IV-IP (retirado de KURODA, 2006)

Tabela A19 – Parâmetros de controle - operação do ENSAIO 5 (em instalação piloto): temperatura, pH, potencial zeta e residual de cloro livre das águas de diluição e de estudo e efluentes (retirado de KURODA, 2006)

	t (°C)	pH	Pz (mV)	pH	Pz (mV)	pH	Pz (mV)	pH	Pz (mV)	pH	Pz (mV)	pH	Cl res. (mg/L)	pH	Pz (mV)				
Hora (h)	AD			AE			AC			FAP			FD			PÓS		FCAG	
1	18,50	6,70	-5,00	6,60	-33,00	6,40	-8,80	6,60	-2,10	6,80	-1,90	7,07	0,37	9,50	-1,90				
3	22,00	6,88	-	7,40	-31,30	6,70	-12,00	6,85	-2,00	6,84	-2,00	6,90	0,29	-	-				
6 (ant.)	21,50	6,57	-2,00	7,20	-33,60	6,90	-6,20	6,55	-2,10	6,64	-2,00	6,57	1,40	9,30	-1,90				
7 (dep.)	-	-	-	-	-35,20	6,88	-12,00	-	-	-	-	-	0,98	-	-				
10	20,00	6,80	-	7,10	-35,00	6,85	-5,20	6,88	-2,10	6,74	-2,40	7,01	1,51	-	-				
MÍNIMO	18,5	6,6	-5,0	6,6	-35,2	6,4	-12,0	6,6	-2,1	6,6	-2,4	6,6	0,3	9,3	-1,9				
MÁXIMO	22,0	6,9	-2,0	7,4	-31,3	6,9	-5,2	6,9	-2,0	6,8	-1,9	7,1	1,5	9,5	-1,9				

Tabela A20 – Parâmetros de controle - desempenho do ENSAIO 5 (em instalação piloto): carbono orgânico total, absorvância 254, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, dureza e turbidez das águas de diluição e de estudo e dos efluentes de cada processo de tratamento para diferentes tempos de amostragem (retirado de KURODA, 2006)

	Carbono orgânico total - COT (mg/L)						absorvância 254						Oxigênio dissolvido - OD (mg/L)					
Hora (h)	AD	AE	FAP	FD	PÓS	FCAG	AD	AE	FAP	FD	PÓS	FCAG	AD	AE	FAP	FD	PÓS	FCAG
1	-	2,9	1,221	1,222	1,198	0,971	-	0,022	0,012	0,012	0,017	0,002	7,70	7,72	8,00	7,5	8,22	6,22
3	-	3,113	1,173	1,171	1,24	0,883	-	0,023	0,012	0,012	0,024	0,007	7,83	7,92	8,05	7,85	7,93	7,34
6 (ant.)	-	2,447	1,254	1,337	1,181	2,719	-	0,035	0,018	0,027	0,022	0,008	7,51	7,69	7,33	7,31	7,51	7,05
7 (dep.)	-	2,963	1,563	1,586	1,413	1,096	-	0,03	0,014	0,012	0,015	0,008	7,25	7,32	7,35	6,94	7,67	7,09
10	-	4,311	1,558	1,411	1,3	0,811	-	0,029	0,019	0,019	0,026	0,009	7,90	8,06	8,14	7,98	8,71	8,39
MÍNIMO	-	2,447	1,173	1,171	1,181	0,811	-	0,022	0,012	0,012	0,015	0,002	7,3	7,3	8,1	6,9	7,5	6,2
MÁXIMO	-	4,311	1,563	1,586	1,413	2,719	-	0,035	0,019	0,027	0,026	0,009	8,8	8,7	8,1	8,8	9,2	8,4

	Condutividade elétrica (mS/cm)						Dureza (mgCaCO ₃ /L)						Turbidez (*) (uT)					
Hora (h)	AD	AE	FAP	FD	PÓS	FCAG	AD	AE	FAP	FD	PÓS	FCAG	AD	AE	FAP	FD	PÓS	FCAG
1	14,82	20,8	24,80	26,2	27,2	53,2	5	6	5	6	8	14	-	-	0,42	0,38	0,43	0,39
3	14,62	22,2	27,5	28	34,1	29,9	5	6	6	6	7	6	-	-	0,30	0,40	0,35	0,36
6 (ant.)	14,75	20,1	28	27,8	29,4	33,5	6	7	7	6	7	7	-	-	0,36	0,40	0,34	0,57
7 (dep.)	14,77	22,3	28,5	27,5	32	28,9	6	7	7	6	7	6	-	-	0,34	0,35	0,37	0,40
10	14,77	21,5	26,7	26,2	36	26,8	5	5	5	5	6	6	-	-	0,35	0,38	0,43	0,50
MÍNIMO	14,62	20,1	24,8	26,2	27,2	26,8	5	5	5	5	6	6	-	-	0,30	0,35	0,34	0,36
MÁXIMO	14,82	22,3	28,5	28	36	53,2	6	7	7	6	8	14	-	-	0,42	0,40	0,43	0,57

AD: água de diluição; AE: água de estudo; Efluentes: FAP: filtro ascendente de pedregulho, PÓS: pós-cloração, FD: filtração descendente, FCAG: filtro com carvão ativado granular; (*): leitura em turbidímetro de bancada 2100P HACH; OD: método de Winkler (sonda Horiba U-10).

Tabela A21 – Resumo das condições de funcionamento e dos parâmetros de desempenho para os controles operacional e qualitativo do Ensaio V-IP (retirado de KURODA, 2006)

ENSAIO V-IP: Sistema MR → FAP → FD → PÓS e FCAG (simultaneamente)						
TC-MR = 50 s	TxF-FAP = 120 m³/m².d	TxF-FD = 180 m³/m².d	TC-PÓS = 10 min	TCv FCAG = 12 min		
PARÂMETROS DE CONTROLE - OPERAÇÃO: DSA: 5 a 7 mg/L; DHS: 1 a 1,5 mg/L; pH da AC: 6,4 a 6,9; potencial zeta da AC: -12,0 a -5,2 mV; cloro residual do efluente da pós-cloração: 0,3 a 1,5 mg/L, temperatura: 18,5 a 22 °C; DFI realizada na 6ª h, duração do ensaio: 10 h						
PARÂMETROS DE CONTROLE - DESEMPENHO	Águas de diluição - AD, de estudo - AE e Efluentes					
	AD	AE	FAP	FD	PÓS	FCAG
pH	6,6 a 6,9	6,6 a 7,4	6,6 a 6,9	6,6 a 6,8	6,6 a 7,1	9,3 a 9,5
Potencial Zeta (mV)	-5,0 a -2,06	-35,2 a -31,3	-2,1 a -2,0	-2,4 a -1,9	-	-1,9
Carbono orgânico total – COT (mg C / L)	-	2,45 a 4,31	1,17 a 1,56	1,17 a 1,59	1,18 a 1,41	0,81 a 2,72
Absorbância λ=254 nm	-	0,022 a 0,035	0,012 a 0,019	0,012 a 0,027	0,015 a 0,026	0,002 a 0,009
Oxigênio dissolvido – OD (mg/L)	7,3 a 8,8	7,3 a 8,7	8,1	6,9 a 8,8	7,5 a 9,2	6,2 a 8,4
Condutividade elétrica (µS/cm)	14,6 a 14,8	20,1 a 22,3	24,8 a 28,5	26,2 a 28,0	27,2 a 36,0	26,8 a 53,2
Dureza (mgCaCO3/L)	5 a 6	5 a 7	5 a 7	5 a 6	6 a 8	6 a 14
Turbidez (*) (uT)	-	-	0,30 a 0,42	0,35 a 0,40	0,34 a 0,43	0,36 a 0,57
Turbidez (**) (uT)	0,08 a 0,28	1,97 a 2,62	0,03 a 0,92	0,05 a 0,29	0,03 a 0,07	0,01 a 0,07

TC: tempo médio de contato; TxF: taxa média de filtração; TCv: tempo médio de contato em vazio; MR: mistura rápida; FAP: filtro ascendente de pedregulho; PÓS: pós-cloração; FD: filtro descendente; FCAG: filtro com carvão ativado granular; DSA: dosagem de sulfato de alumínio Al₂(SO₄)₃×14,3 H₂O /L; DHS: dosagem de hidróxido de sódio; AC: água coagulada; AD: água de diluição; AE: água de estudo; DFI: descarga de fundo intermediária; (**): leitura em turbidímetro de escoamento contínuo; (*): leitura em turbidímetro de bancada 2100P HACH.

Figura A15 – Densidade de *Microcystis* spp. (E+0x = 10^x) na água de estudo e nos efluentes de cada processo de tratamento para diferentes tempos de amostragem do Ensaio V-IP (retirado de KURODA, 2006)

Figura A16 – Concentração de microcistinas - MCs extracelulares na água de estudo e nos efluentes de cada processo de tratamento para diferentes tempos de amostragem do Ensaio V-IP (retirado de KURODA, 2006)

Figura A17 – Concentração de subprodutos da oxidação – SPOs formados na água de estudo e nos efluentes de cada processo de tratamento para amostragem de 6 h do Ensaio V-IP (retirado de KURODA, 2006)

Tabela A22 – Parâmetros de controle - operação do ENSAIO 6 (em instalação piloto): temperatura, pH, potencial zeta e residual de cloro livre das águas de diluição e de estudo e efluentes

	t (°C)	pH	Pz (mV)	pH	Pz (mV)	pH	Pz (mV)	pH	Pz (mV)	pH	Cl res. (mg/L)	pH	Pz (mV)	pH	Pz (mV)
Hora (h)	AD			AE		AC		FAP		INTER		FD		FCAG	
1	22,00	6,80	-2,30	6,84	-25,00	6,70	-1,30	6,71	-2,00	6,70	1,00	6,72	-2,10	7,50	-2,10
3	21,00	6,89	-	6,9	-23,70	6,40	-0,30	6,59	-2,00	6,61	0,48	6,70	-	7,89	-
6 (ant.)	21,00	6,81	-2,90	6,8	-17,70	6,80	-1,30	6,70	-2,10	6,76	0,20	6,76	-2,00	7,80	-2,00
7 (dep.)	20,50	6,83	-	6,74	-	6,48	-0,70	6,72	-2,20	6,77	0,33	-	-	-	-
10	19,00	6,90	-2,20	6,95	-13,50	6,82	-1,80	6,88	-2,00	6,82	0,20	6,80	-1,90	7,85	-
MÍNIMO	19,0	6,8	-2,9	6,7	-25,0	6,4	-1,8	6,6	-2,2	6,6	0,2	6,7	-2,1	7,5	-2,1
MÁXIMO	22,0	6,9	-2,2	7,0	-13,5	6,8	-0,3	6,9	-2,0	6,8	1,0	6,8	-1,9	7,9	-2,0

Tabela A23 – Parâmetros de controle - desempenho do ENSAIO 6 (em instalação piloto): carbono orgânico total, absorvância 254, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, dureza e turbidez das águas de diluição e de estudo e dos efluentes de cada processo de tratamento para diferentes tempos de amostragem

	Carbono orgânico total - COT (mg/L)						absorvância 254						Oxigênio dissolvido - OD (mg/L)					
Hora (h)	AD	AE	FAP	INTER	FD	FCAG	AD	AE	FAP	INTER	FD	FCAG	AD	AE	FAP	INTER	FD	FCAG
1	-	1,379	0,943	1,074	1,224	1,696	-	0,012	0,01	0,015	0,016	0,029	7,33	7,50	7,78	7,64	7,34	5,71
3	-	1,4	1,211	1,205	1,12	1,063	-	0,019	0,007	0,015	0,015	0,022	7,40	7,57	7,72	7,62	7,70	7,22
6 (ant.)	-	1,327	0,19	1,129	1,33	1,008	-	0,011	0,007	0,012	0,014	0,019	7,56	7,70	7,58	7,64	7,67	7,31
7 (dep.)	-	1,498	1,276	1,033	1,032	0,738	-	0,013	0,012	0,014	0,013	0,014	7,65	7,67	7,93	7,81	7,90	7,50
10	-	1,139	1,044	1,149	1,036	0,777	-	0,014	0,009	0,014	0,014	0,018	7,90	7,85	8,28	8,17	7,73	7,62
MÍNIMO	-	1,139	0,943	1,033	1,032	0,738	-	0,011	0,007	0,012	0,013	0,014	7,3	7,5	7,6	7,6	7,3	5,7
MÁXIMO	-	1,498	1,276	1,205	1,33	1,696	-	0,019	0,012	0,015	0,016	0,029	7,9	7,9	8,3	8,2	7,9	7,6
	Condutividade (µS/cm)						Dureza (mgCaCO ₃ /L)						Turbidez (*) (uT)					
Hora (h)	AD	AE	FAP	INTER	FD	FCAG	AD	AE	FAP	INTER	FD	FCAG	AD	AE	FAP	INTER	FD	FCAG
1	14,59	15,25	19,42	23,2	25,5	39,6	5	6	5	6	7	9	-	-	0,33	0,77	0,48	0,40
3	14,75	14,96	19,45	24,9	25,2	25,5	4	5	5	5	5	6	-	-	0,3	0,3	0,3	0,5
6 (ant.)	14,83	15,14	20,6	24,7	25,1	26,5	4	5	4	4	4	4	-	-	0,28	0,35	0,50	0,38
7 (dep.)	14,85	15,16	20,3	25,4	24,4	25,7	-	-	4	4	4	4	-	-	0,4	0,4	0,4	0,5
10	14,74	14,8	19,5	24,0	23,4	22,4	4	4	4	4	4	4	-	-	0,3	0,3	0,4	0,3
MÍNIMO	14,59	14,83	19,42	23,2	23,4	22,4	4	4	4	4	4	4	-	-	0,27	0,30	0,31	0,34
MÁXIMO	14,85	15,25	20,6	25,4	25,5	39,6	5	6	5	6	7	9	-	-	0,35	0,77	0,50	0,50

AD: água de diluição; AE: água de estudo; Efluentes: FAP: filtro ascendente de pedregulho, INTER: intercloração, FD: filtração descendente, FCAG: filtro com carvão ativado granular; (*): leitura em turbidímetro de bancada 2100P HACH; OD: método de Winkler (sonda Horiba U-10).

Tabela A24 – Resumo das condições de funcionamento e dos parâmetros de desempenho para os controles operacional e qualitativo do Ensaio VI-IP (retirado de KURODA, 2006)

ENSAIO VI-IP: Sistema MR → FAP → INTER → FD → FCAG						
TC-MR = 50 s	TxF-FAP = 120 m³/m².d	TC-INTER = 44 min	TxF-FD = 180 m³/m².d	TCv FCAG = 12 min		
PARÂMETROS DE CONTROLE - OPERAÇÃO: DSA: 6 a 7 mg/L; DHS: 1 a 1,5 mg/L; pH da AC: 6,4 a 6,8; potencial zeta da AC: -1,8 a -0,3 mV; cloro residual do efluente da intercloração (mantido próximo de 0,5 mg/L): 0,2 a 1,0 mg/L, temperatura: 19,0 a 22 °C; DFI realizada na 6ª h, duração do ensaio: 10 h						
PARÂMETROS DE CONTROLE - DESEMPENHO	Águas de diluição - AD, de estudo - AE e Efluentes					
	AD	AE	FAP	INTER	FD	FCAG
pH	6,8 a 6,9	6,7 a 7,0	6,6 a 6,9	6,6 a 6,8	6,7 a 6,8	7,5 a 7,9
Potencial Zeta (mV)	-2,9 a -2,2	-25,0 a -13,5	-2,2 a -2,0	-	-2,1 a -1,9	-2,1 a -2,0
Carbono orgânico total – COT (mg C / L)	-	1,14 a 1,50	0,94 a 1,28	1,03 a 1,21	1,03 a 1,33	0,74 a 1,70
Absorbância λ=254 nm	-	0,011 a 0,019	0,07 a 0,012	0,012 a 0,015	0,013 a 0,016	0,014 a 0,029
Oxigênio dissolvido – OD (mg/L)	7,3 a 7,9	7,5 a 7,9	7,6 a 8,3	7,6 a 8,2	7,3 a 7,9	5,7 a 7,6
Condutividade elétrica (µS/cm)	14,6 a 14,9	14,8 a 15,3	19,4 a 20,6	23,2 a 25,4	23,4 a 25,5	22,4 a 39,6
Dureza (mgCaCO ₃ /L)	4 a 5	4 a 6	4 a 5	4 a 6	4 a 7	4 a 9
Turbidez ^(*) (uT)	-	2,4 a 4,2	0,27 a 0,35	0,30 a 0,77	0,31 a 0,51	0,34 a 0,50
Turbidez ^(**) (uT)	-	0,02 a 0,1	0,01 a 0,5	0,01 a 0,05	0,03 a 0,07	

TC: tempo médio de contato; TxF: taxa média de filtração; TCv: tempo médio de contato em vazio; MR: mistura rápida; FAP: filtro ascendente de pedregulho; INTER: intercloração; FD: filtração descendente; FCAG: filtro com carvão ativado granular; DSA: dosagem de sulfato de alumínio Al₂(SO₄)₃×14,3 H₂O /L; DHS: dosagem de hidróxido de sódio; AC: água coagulada; AD: água de diluição; AE: água de estudo; DFI: descarga de fundo intermediária; (**): leitura em turbidímetro de escoamento contínuo; (*): leitura em turbidímetro de bancada 2100P HACH

Figura A18 – Densidade de *Microcystis* spp. (E+0x = 10^x) na água de estudo e nos efluentes de cada processo de tratamento para diferentes tempos de amostragem do Ensaio VI-IP (retirado de KURODA, 2006)

Figura A19 – Concentração de subprodutos da oxidação – SPOs formados na água de estudo e nos efluentes de cada processo de tratamento para amostragem de 6 h do Ensaio VI-IP (retirado de KURODA, 2006)

Os ensaios VI, VII e VIII foram realizados com floração de cianobactérias de Barra Bonita. A concentração de MCs totais (intra + extra) da AE foi da ordem de 1 µg/L e de MCs extracelulares, <LD (limite de detecção), por isso os dados não foram apresentados em figuras (KURODA, 2006).

Tabela A25 – Parâmetros de controle - operação do ENSAIO 7-IP (em instalação piloto): temperatura, pH, potencial zeta e residual de cloro livre das águas de diluição e de estudo e efluentes (retirado de KURODA, 2006)

	t (°C)	pH	Pz (mV)	pH	Pz (mV)	pH	Pz (mV)	pH	Pz (mV)	pH	Pz (mV)	pH	Pz (mV)
Hora (h)	AD			AE		CAP		AC		FAP		FD	
1	25,0	6,57	-2,10	6,69	-22,30	6,69	-	6,43	0,30	6,16	-2,20	6,11	-1,70
3	24,0	6,60	-2,40	6,7	-27,70	6,75	-	6,40	-2,00	6,42	-1,90	6,30	-1,80
6 (ant.)	-	6,90	-2,80	6,38	-25,20	7,11	-	6,72	0,70	6,84	-	-	-
MÍNIMO	24,0	6,6	-2,8	6,4	-27,7	6,7	-	6,4	-2,0	6,2	-2,2	6,1	-1,8
MÁXIMO	25,0	6,9	-2,1	6,7	-22,3	7,1	-	6,7	0,7	6,8	-1,9	6,3	-1,7

Tabela A26 – Parâmetros de controle - desempenho do ENSAIO 7 (em instalação piloto): carbono orgânico total, absorvância 254, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, dureza e turbidez das águas de diluição e de estudo e dos efluentes de cada processo de tratamento para diferentes tempos de amostragem (retirado de KURODA, 2006)

	Carbono orgânico total - COT (mg/L)					absorvância 254					Oxigênio dissolvido - OD (mg/L)				
Hora (h)	AD	AE	CAP	FAP	FD	AD	AE	CAP	FAP	FD	AD	AE	CAP	FAP	FD
1	-	1,284	1,557	0,808	0,804	-	0,010	<LD	0,005	0,005	7,04	7,43	7,57	7,48	7,24
3	-	2,029	0,722	-	0,968	-	0,017	0,004	0,074	0,006	6,86	7,55	7,26	8,96	7,09
6 (ant.)	-	1,296		0,775	0,759	-	0,012	0,1	0,007	0,005	6,99	7,36	7,65	7,44	7,56
MÍNIMO	-	1,284	0,722	0,775	0,759	-	0,01	0,004	0,005	0,005	6,9	7,4	7,0	7,6	7,2
MÁXIMO	-	2,029	1,557	0,808	0,968	-	0,017	0,078	0,074	0,006	8,1	8,1	7,9	8,4	8,2
	Condutividade elétrica (μS/cm)					Dureza (mgCaCO ₃ /L)					Turbidez (*) (uT)				
Hora (h)	AD	AE	CAP	FAP	FD	AD	AE	CAP	FAP	FD	AD	AE	CAP	FAP	FD
1	13,82	14,52	14,48	18,1	17,88	3	4	5	3	4	-	-	-	0,29	0,34
3	14,54	14,64	14,72	18,66	18,02	5	5	5	6	5	-	-	-	0,4	0,3
6 (ant.)	14,04	14,7	14,96	18,54	17,8	5	4	4	5	4	-	-	-	0,34	0,32
MÍNIMO	13,82	14,52	14,48	18,12	17,8	3	4	4	3	4	-	-	-	0,3	0,3
MÁXIMO	14,54	14,7	14,96	18,66	18,02	5	5	5	6	5	-	-	-	0,4	0,3

AD: água de diluição; AE: água de estudo; Efluentes: CAP: carvão ativado em pó, FAP: filtro ascendente de pedregulho, FD: filtração descendente. (*): leitura em turbidímetro de bancada 2100P HACH; OD: método de Winkler (sonda Horiba U-10).

Tabela A27 – Resumo das condições de funcionamento e dos parâmetros de desempenho para os controles operacional e qualitativo do Ensaio VII-IP (retirado de KURODA, 2006)

ENSAIO VII-IP: Sistema CAP → MR → FAP → FD					
TC-CAP = 20 min	TC-MR = 55 s	TxF-FAP = 120 m³/m².d		TxF-FD = 180 m³/m².d	
PARÂMETROS DE CONTROLE - OPERAÇÃO: DSA: 5 a 6 mg/L; DHS: 0,5 a 1,0 mg/L; pH da AC: 6,4 a 6,7; potencial zeta da AC: -2,0 a 0,7 mV; temperatura: 24 a 25 °C; duração do ensaio: 6 h					
PARÂMETROS DE CONTROLE - DESEMPENHO	Águas de diluição - AD, de estudo - AE e Efluentes				
	AD	AE	CAP	FAP	FD
pH	6,6 a 6,9	6,4 a 6,7	6,7 a 7,1	6,2 a 6,8	6,1 a 6,3
Potencial Zeta (mV)	-2,8 a -2,1	-27,7 a -22,3	-	-2,2 a -1,9	-1,8 a -1,7
Carbono orgânico total – COT (mg C / L)	-	1,28 a 2,03	0,72 a 1,56	0,78 a 0,81	0,76 a 0,97
Absorbância λ=254 nm	-	0,01 a 0,017	0,004 a 0,078	0,005 a 0,074	0,005 a 0,006
Oxigênio dissolvido – OD (mg/L)	6,9 a 8,1	7,4 a 8,1	7,0 a 7,9	7,6 a 8,4	7,2 a 8,2
Condutividade elétrica (µS/cm)	13,8 a 14,5	14,5 a 14,7	14,9 a 15,0	18,1 a 18,7	17,8 a 18,0
Dureza (mgCaCO ₃ /L)	3 a 5	4 a 5	4 a 5	3 a 6	4 a 5
Turbidez ^(*) (uT)	-	-	-	0,3 a 0,4	0,3
Turbidez ^(**) (uT)	0,15 a 0,3	4,92 a 7,24	6,25 a 9,93	0,02 a 0,51	0,03 a 0,16

TC: tempo médio de contato; TxF: taxa média de filtração; TCv: tempo médio de contato em vazio; MR: mistura rápida; FAP: filtro ascendente de pedregulho; FD: filtro descendente; CAP: carvão ativado em pó; DSA: dosagem de sulfato de alumínio Al₂(SO₄)₃×14,3 H₂O /L; DHS: dosagem de hidróxido de sódio; AC: água coagulada; AD: água de diluição; AE: água de estudo; DFI: descarga de fundo intermediária; (*): leitura em turbidímetro de bancada 2100P HACH; (**): leitura em turbidímetro de escoamento.

Figura A20 – Densidade de *Microcystis* spp. (E+0x = 10^x) na água de estudo e nos efluentes de cada processo de tratamento para diferentes tempos de amostragem do Ensaio VII-IP (retirado de KURODA, 2006)

Figura A21 – Concentração de subprodutos da oxidação – SPOs formados na água de estudo e nos efluentes de cada processo de tratamento para amostragem de 6 h do Ensaio VII-IP (retirado de KURODA, 2006)

Tabela A28 – Parâmetros de controle - operação do ENSAIO 8 (em instalação piloto): temperatura, pH, potencial zeta e residual de cloro livre das águas de diluição e de estudo e efluentes (retirado de KURODA, 2006)

	t (°C)	pH	Pz (mV)	pH	Pz (mV)	pH	Cl res. (mg/L)	pH	Pz (mV)	pH	Pz (mV)	pH	Pz (mV)	pH	Pz (mV)
Hora (h)	AD			AE		PRÉ		CAP		AC		FAP		FD	
1	22,0	7,26	-2,00	7,26	-20,40	7,11	0,50	7,14	-17,20	6,52	-1,40	7,07	-2,00	6,06	-2,00
3	21,5	6,82	-3,80	6,93	-30,10	6,81	0,41	6,95	-	6,85	-1,90	6,90	-1,90	6,39	-2,00
6 (ant.)	21,0	6,80	-1,90	6,8	-27,00	6,70	0,27	6,87	-17,30	6,64	-1,80	6,67	-2,10	6,43	-1,90
MÍNIMO	21,0	6,8	-3,8	6,8	-30,1	6,7	0,27	6,9	-17,3	6,5	-1,9	6,7	-2,1	6,1	-2,0
MÁXIMO	22,0	7,3	-1,9	7,3	-20,4	7,1	0,50	7,1	-17,2	6,9	-1,4	7,1	-1,9	6,4	-1,9

Tabela A29 – Parâmetros de controle - desempenho do ENSAIO 8-IP (em instalação piloto): carbono orgânico total, absorvância 254, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, dureza e turbidez das águas de diluição e de estudo e dos efluentes de cada processo de tratamento para diferentes tempos de amostragem (retirado de KURODA, 2006)

Hora (h)	Carbono orgânico total - COT (mg/L)						absorvância 254						Oxigênio dissolvido - OD (mg/L)					
	AD	AE	PRÉ	CAP	FAP	FD	AD	AE	PRÉ	CAP	FAP	FD	AD	AE	PRÉ	CAP	FAP	FD
1	-	1,126	1,256	1,611	1,41	1,082	-	0,021	0,025	-	0,014	0,015	7,29	7,66	7,80	7,88	7,80	7,40
3	-	1,359	1,489	1,157	1,468	1,39	-	0,028	0,026	-	0,014	0,014	7,34	7,58	7,65	7,93	7,69	7,59
6 (ant.)	-	1,865	1,466	1,017	1,525	1,193	-	0,024	0,021	-	0,011	0,010	7,46	7,94	7,86	7,9	8,08	8,10
MÍNIMO	-	1,126	1,256	1,017	1,41	1,082	-	0,021	0,021	-	0,011	0,01	7,3	7,4	7,3	7,0	7,6	7,2
MÁXIMO	-	1,865	1,489	1,611	1,525	1,39	-	0,028	0,026	-	0,014	0,015	8,1	8,1	8,0	7,9	8,4	8,2
Hora (h)	Condutividade elétrica (µS/cm)						Dureza (mgCaCO ₃ /L)						Turbidez (*) - (uT)					
	AD	AE	PRÉ	CAP	FAP	FD	AD	AE	PRÉ	CAP	FAP	FD	AD	AE	PRÉ	CAP	FAP	FD
1	13,80	21	22,70	21,0	22,8	23,3	5	4	4	4	4	3	-	-	-	-	0,37	0,46
3	13,75	23,4	22,5	22,1	23,9	23,7	4	4	4	4	4	4	-	-	-	-	0,4	0,4
6 (ant.)	14,04	22,9	22,4	21,4	24,7	24,3	3	4	4	4	4	4	-	-	-	-	0,26	0,27
MÍNIMO	13,75	21	22,4	21	22,8	23,3	3	4	4	4	4	3	-	-	-	-	0,3	0,3
MÁXIMO	14,04	23,4	22,7	22,1	24,7	24,3	5	4	4	4	4	4	-	-	-	-	0,4	0,5

AD: água de diluição; AE: água de estudo; Efluentes: PRÉ: pré-cloração, CAP: carvão ativado em pó, FAP: filtro ascendente de pedregulho, FD: filtração descendente. (*): leitura em turbidímetro de bancada 2100P HACH; OD: método de Winkler (sonda Horiba U-10).

Tabela A30 – Resumo das condições de funcionamento e dos parâmetros de desempenho para os controles operacional e qualitativo do Ensaio VIII-IP (retirado de KURODA, 2006)

ENSAIO VIII-IP: Sistema PRÉ → CAP → MR → FAP → FD						
TC-PRÉ = 35 min	TC-CAP = 20 min	TC-MR = 60 s	TxF-FAP = 120 m³/m².d		TxF-FD = 180 m³/m².d	
PARÂMETROS DE CONTROLE - OPERAÇÃO: DSA: 5 a 6 mg/L; DHS: 0,5 a 1,0 mg/L; pH da AC: 6,5 a 6,9; cloro residual do efluente da pré-oxidação: 0,27 a 0,50 mg/L; DCAP: 20 mg/L; temperatura: 21 a 22,0 °C; duração do ensaio: 6 h						
PARÂMETROS DE CONTROLE - DESEMPENHO	Águas de diluição - AD, de estudo - AE e Efluentes					
	AD	AE	PRÉ	CAP	FAP	FD
pH	6,8 a 7,3	6,8 a 7,3	6,7 a 7,1	6,9 a 7,1	6,7 a 7,1	6,1 a 6,4
Potencial Zeta (mV)	-3,8 a -1,9	-30,1 a -20,4	-	-17,3 a -17,2	-2,1 a -1,9	-2,0 a -1,9
Carbono orgânico total – COT (mg C / L)	-	1,13 a 1,87	1,26 a 1,49	1,02 a 1,61	1,41 a 1,53	1,08 a 1,39
Absorbância λ=254 nm	-	0,021 a 0,028	0,021 a 0,026	-	0,011 a 0,014	0,01 a 0,015
Oxigênio dissolvido – OD (mg/L)	7,3 a 8,1	7,4 a 8,1	7,3 a 8,0	7,0 a 7,9	7,6 a 8,4	7,2 a 8,2
Condutividade elétrica (µS/cm)	13,8 a 14,0	21,0 a 23,4	22,4 a 22,7	21,0 a 22,1	22,8 a 24,7	23,3 a 24,3
Dureza (mgCaCO ₃ /L)	3 a 5	4	4	4	4	3 a 4
Turbidez ^(*) (uT)	-	-	-	-	0,3 a 0,4	0,3 a 0,5
Turbidez ^(**) (uT)	0,21 a 0,34	5,73 a 8,08	4,3 a 5,08	5,95 a 9,24	0,03 a 0,44	0,02 a 0,13

TC: tempo médio de contato; TxF: taxa média de filtração; TCv: tempo médio de contato em vazio; MR: mistura rápida; FAP: filtro ascendente de pedregulho; PRÉ: pré-cloração; FD: filtro descendente; CAP: carvão ativado em pó; DSA: dosagem de sulfato de alumínio Al₂(SO₄)₃×14,3 H₂O /L; DHS: dosagem de hidróxido de sódio; AC: água coagulada; AD: água de diluição; AE: água de estudo; DFI: descarga de fundo intermediária; (*): leitura em turbidímetro de bancada 2100P HACH; (**): leitura em turbidímetro de escoamento contínuo.

Figura A22 – Densidade de *Microcystis* spp. (E+0x = 10^x) na água de estudo e nos efluentes de cada processo de tratamento para diferentes tempos de amostragem do Ensaio VIII-IP (retirado de KURODA, 2006)

Figura A23 – Concentração de subprodutos da oxidação – SPOs formados na água de estudo e nos efluentes de cada processo de tratamento para amostragem de 6 h do Ensaio VIII-IP (retirado de KURODA, 2006)