

## IV-014 – AVALIAÇÃO DA DENSIDADE DE CIANOBACTÉRIAS E CONCENTRAÇÃO DE CIANOTOXINAS NOS MANANCIAIS DE ABASTECIMENTO DA COMPANHIA ESTADUAL DE ÁGUAS E ESGOTOS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

**Amanda Ferreira de Mello Pinto<sup>(1)</sup>**

Bióloga e Mestre em Ecologia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Analista de Qualidade da CEDAE-RJ.

**David Rosa de Paula**

Biólogo formado pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Analista de Qualidade da CEDAE-RJ.

**Camilla Sousa Haubrich**

Bióloga e Mestre em Ecologia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Analista de Qualidade da CEDAE-RJ.

**Wanderson Clayton da Silva Lima**

Biólogo pela Unigranrio. Pós graduação em Saúde e Meio Ambiente pelo ISE-Censa. Analista de Qualidade da CEDAE-RJ.

**Juliana Alves Rodrigues**

Bióloga pela Universidade Estadual do Rio de Janeiro.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Olegarinha, 47 – bloco 2, apto 605 - Grajaú – Rio de Janeiro - RJ - CEP: 20560-200 - Brasil  
- Tel: (21) 2332-1738 - e-mail: [amanda-ferreira@cedae.com.br](mailto:amanda-ferreira@cedae.com.br)

### RESUMO

Foram analisadas as densidades de cianobactérias de todos os mananciais de abastecimento da CEDAE e concentração de cianotoxinas durante o período de 2012 a 2014. 84% dos pontos de captação apresentaram densidade abaixo de 10.000 células por mL durante todo o período analisado, sendo que 55 pontos de captação apresentaram densidades inferiores a 1.000 células/mL. Apenas 25 mananciais apresentaram mais de 10.000 células de cianobactérias/mL em algum período do estudo. Dos 18 mananciais que apresentaram densidade de cianobactérias acima de 20.000 céls/mL, observou-se a presença de microcistina em apenas três e presença de saxitoxina em 7 mananciais. Os valores máximos de toxinas detectados no período de estudo foi de 0,155 ppb de microcistina e de 0,424 ppb de saxitoxina, sendo que o valor máximo permitido pela Portaria 2914/2011 é respectivamente, 1,0 ppb e 3,0 ppb. Os gêneros de cianobactérias mais frequentes nos mananciais de abastecimento da CEDAE foram, em ordem decrescente: *Aphanocapsa*, *Pseudanabaena*, *Planktolyngbya*, *Merismopedia*, *Cyanogranis* e *Cylindrospermopsis*. Embora não apareçam dentre os gêneros mais frequentes, *Dolichospermum* e *Myrocystis* apresentaram uma das maiores densidades encontradas no período. Os gêneros *Pseudanabaena*, *Merismopedia* e *Cyanogranis* apesar de muito frequentes nas amostras, não aparecem dentre os organismos com maiores densidades. Os gêneros mais preocupantes em termos de risco de toxicidade são *Microcystis*, *Cylindrospermopsis*, *Dolichospermum*, *Planktolyngbya* e *Aphanocapsa*. O estudo concluiu que os mananciais de abastecimento da CEDAE apresentam baixo risco de toxicidade, principalmente pela característica lótica da maioria dos ambientes. Entretanto, maiores estudos são necessários nos mananciais lenticos que apresentaram florações de cianobactérias, a fim de evitar futuros problemas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Cianobactérias, Fitoplâncton, Microcistina, Saxitoxina, Qualidade da água.

### INTRODUÇÃO

Cianobactérias são organismos microscópicos fotossintetizantes procariontes que desempenham importante função ecológica nos ecossistemas aquáticos, contribuindo para a fixação de nitrogênio no ambiente, aporte de oxigênio e servindo de alimento para inúmeros organismos do zooplâncton. Entretanto, as cianobactérias podem se tornar fonte de problemas quando alcançam altas densidades – uma condição conhecida como floração ou *bloom*. O desenvolvimento de cepas produtoras de toxinas vem sendo observada em reservatórios poluídos em diversas regiões do mundo e tem se tornado foco de preocupação para a saúde humana (CHORUS & BARTRAM, 1999).

O crescimento abundante de cianobactérias ocorre principalmente devido ao processo de eutrofização. Este termo define o aumento da concentração de nutrientes, especialmente fósforo e nitrogênio nos ambientes aquáticos e pode ser natural ou artificial (ESTEVES,1998). Algumas espécies de cianobactérias podem rapidamente dominar um ambiente eutrófico, devido a estratégias que lhe permitem maior competitividade, como: capacidade de produção de pigmentos acessórios necessários à absorção mais eficiente da luz em qualquer habitat; habilidade para estocar nutrientes essenciais e metabólitos; e capacidade para fixar nitrogênio atmosférico e para acumular gás em vesículas que permitem movimento e ajuste de posição na coluna d'água (CALIJURI *et al*, 2006).

A eutrofização natural é um processo lento que resulta no aporte de nutrientes trazidos pelas chuvas e pode ser considerado como um processo natural de “envelhecimento” do ecossistema. Na eutrofização artificial, os nutrientes são provenientes de diversas fontes como efluentes domésticos, efluentes industriais, atividades agrícolas e pecuárias, entre outras (ESTEVES,1998). Ao contrário da eutrofização natural, a artificial ocorre numa velocidade muito rápida e pode comprometer a qualidade da água para sempre.

A incorporação das cianobactérias e cianotoxinas como parâmetros de monitoramento no Brasil deu-se a partir da Portaria MS 1469/2000. O episódio de Caruaru (PE) em 1996, que ocasionou a morte de mais de 70 pacientes que realizavam diálise, ressaltou a importância do controle das cianobactérias e toxinas na água. A Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde mantém a obrigatoriedade de acompanhamento da densidade de cianobactérias nos pontos de captação do manancial. O monitoramento deve ser mensal quando a densidade for inferior a 10.000 células/mL e semanal quando a densidade for superior a este valor. Quando a densidade ultrapassar 20.000 células/mL, também é exigido o monitoramento de Microcistina e Saxitoxina no ponto de captação.

As Microcistinas causam inibição de proteínas fosfatases, que leva a um total desacoplamento das atividades celulares do organismo. Em mamíferos e peixes, este desacoplamento promove necrose das células do fígado ou o aparecimento de tumores. Em laboratório, os sintomas de envenenamento em camundongos, ratos e coelhos incluem: anorexia, diarreia, palidez das mucosas, vômitos, fraqueza e morte – entre 5 minutos e 2 horas, dependendo da dose -, decorrentes de hemorragia intra-hepática. Esta toxina foi a responsável pelo incidente ocorrido em Pernambuco em 1996. A produção de microcistina já foi observada nos seguintes gêneros de cianobactérias: *Microcystis* sp., *Dolichospermum* sp., *Planktothrix* sp., *Nostoc* sp., *Hapalosiphon* sp., *Anabaenopsis* sp. e *Aphanocapsa* sp. Por Segurança, e devido à escassez de estudos, todas as cianobactérias são consideradas potencialmente tóxicas (CALIJURI, 2006 e SANT'ANNA *et al*, 2008).

A Saxitoxina é uma toxina inicialmente isolada de dinoflagelados marinhos, responsáveis por florações chamadas marés vermelhas. Posteriormente foi detectada nos gêneros de cianobactérias *Dolichospermum* sp., *Aphanizomenon* sp., *Lyngbia* sp., *Cylindrospermopsis* sp. e *Planktolyngbya* sp. A ingestão dessas toxinas impede a ação dos neurônios nas células musculares e pode causar uma série de sintomas: tontura, adormecimento da boca e extremidades, fraqueza muscular, náusea, vômito, sede e taquicardia. Em intoxicações com doses letais, os primeiros sintomas podem aparecer 5 minutos após a ingestão, e a morte acontece de 2 a 12 horas. Em casos de intoxicação com dose não letal, os sintomas desaparecem entre 1 e 6 dias. (CALIJURI, 2006 e SANT'ANNA *et al*, 2008).

A Companhia Estadual de Águas e Esgotos (CEDAE) possui 145 sistemas de abastecimento de água, espalhados por 57 municípios do Estado do Rio de Janeiro, que são abastecidos por 128 mananciais, dentre rios, lagos e reservatórios artificiais. Mensalmente, o laboratório de controle de qualidade da água realiza a análise de cianobactérias de 160 pontos de captação, diretamente nos mananciais. A análise de cianotoxinas é realizada sempre que ocorre floração de cianobactérias (>20.000 céls/mL).

## OBJETIVOS

- Analisar os resultados de contagem de cianobactérias e cianotoxinas (microcistina e saxitoxina) nos mananciais de abastecimento da Companhia Estadual de Águas e Esgoto do Estado do Rio de Janeiro (CEDAE) durante os anos de 2012 a 2014.
- Identificar os gêneros de cianobactérias mais frequentes nos mananciais de Abastecimento da CEDAE.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados utilizados neste trabalho são referentes ao monitoramento mensal dos mananciais de abastecimento da CEDAE, realizado pela Gerência de Controle de Qualidade de Água, em atendimento à Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde. Foram analisados os resultados de fevereiro de 2012 a fevereiro de 2014.

Para a análise de cianobactérias, foram coletadas amostras mensais, no ponto mais próximo à captação de água, em profundidade de 30cm, em frascos de vidro âmbar. Imediatamente após a coleta, as amostras foram preservadas com lugol e mantidas ao abrigo da luz até o momento da análise a fim de manter sua integridade (CETESB, 2013).

Para análise de toxinas, as amostras foram coletadas sempre que os mananciais apresentaram densidades de cianobactérias acima de 20.000 células por ml. As amostras foram coletadas no mesmo ponto e profundidade das amostras de cianobactérias, sendo conservadas por congelamento até o momento da análise.

Para a identificação e quantificação da densidade de cianobactérias, foi utilizada a metodologia de Utermöhl, que se baseia na concentração dos organismos por sedimentação em câmaras próprias para o método (APHA, 1998; CETESB, 2013). A contagem foi realizada em microscópio invertido (Zeiss Axiovert 40C), com aumento de 400X. A subamostra foi analisada por contagem em transectos ou campos aleatórios, de acordo com a quantidade de organismos, com o auxílio de um retículo de Whipple calibrado. Os resultados foram expressos em número de células de cianobactérias por mL.

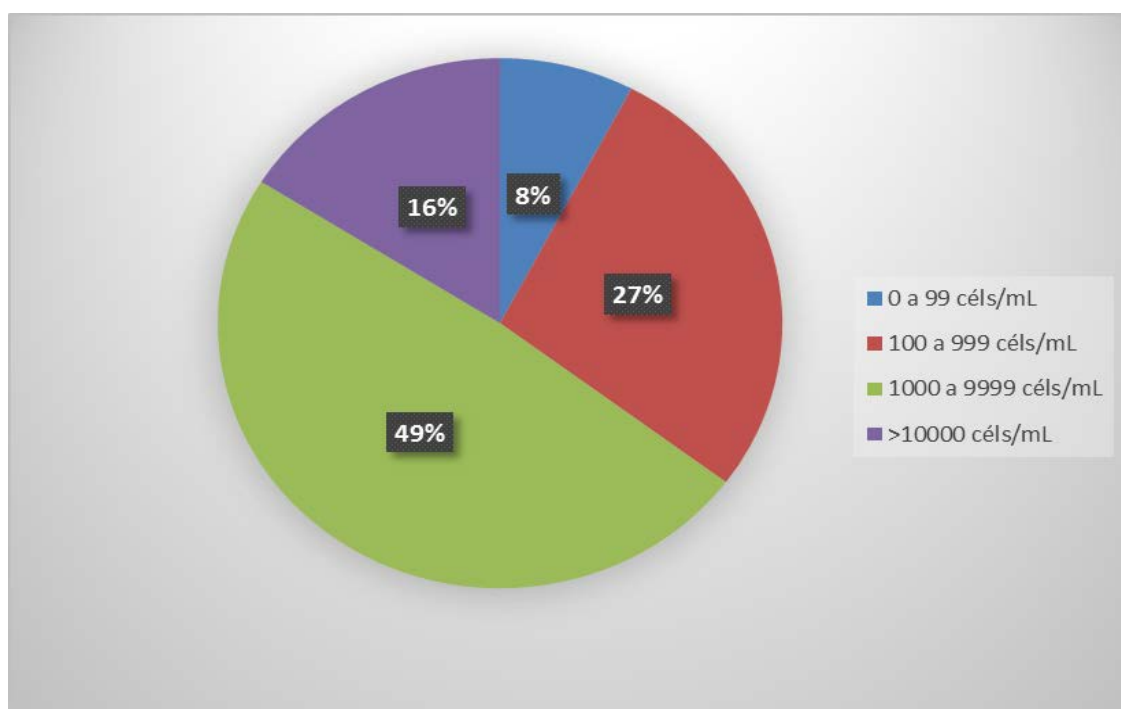
Para a quantificação de microcistina e saxitoxina, utilizou-se o método de imunoensaio do tipo ELISA (Enzyme-Linked Immunosorbent Assay) em kits imunoenzimáticos de placa. As amostras sofreram previamente congelamento e descongelamento por três vezes e foram submetidas ao ultrassom durante 60 minutos, com o objetivo de romper as células das cianobactérias e assim analisar a presença de toxinas intra e extracelulares (CHORUS & BARTRAM, 1999).

## RESULTADOS

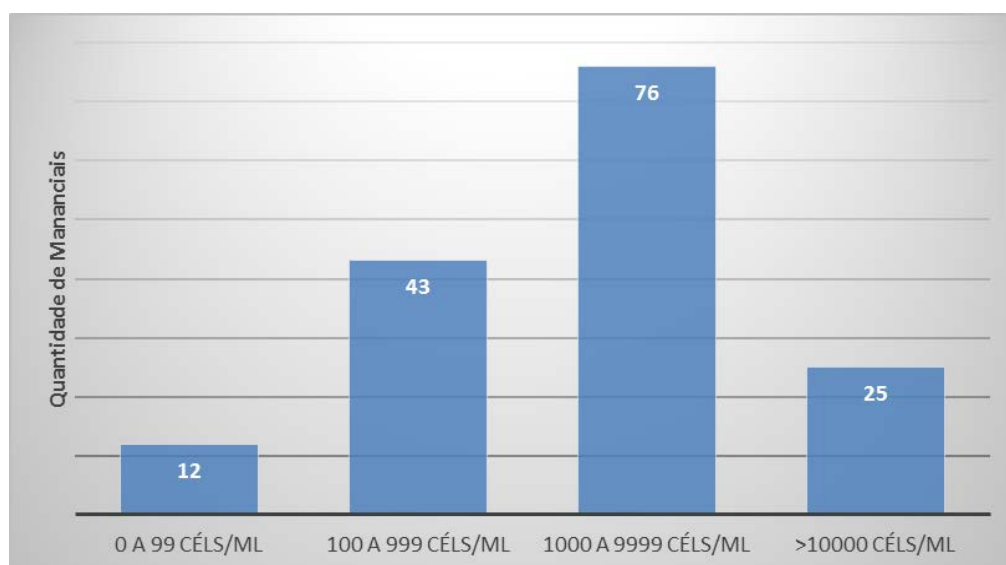
Dos 156 pontos de captação da CEDAE, 84% apresentaram densidade de cianobactérias abaixo de 10.000 células por ml durante todo o período analisado (figura 1). Apenas 25 mananciais apresentaram mais de 10.000 células de cianobactérias por ml em algum período do estudo (figura 2). 55 pontos de captação apresentaram densidades inferiores à 1.000 células/mL durante o período de dois anos (figura 3).

A análise de microcistina e saxitoxina foi realizada nos 18 mananciais que apresentaram densidade de cianobactérias acima de 20.000 células por ml. Observou-se a presença de microcistina em apenas três destes mananciais. A presença de saxitoxina foi detectada em 7 mananciais. Os valores máximos de toxina detectados no período de estudo foi de 0,155 ppb de microcistina e de 0,424 ppb de saxitoxina.

Os gêneros de cianobactérias mais frequentes nos mananciais de abastecimento da CEDAE foram: *Aphanocapsa*, *Pseudanabaena*, *Planktolyngbya*, *Merismopedia*, *Cyanogranis* e *Cylindrospermopsis*. Entretanto, os gêneros que apresentaram maiores densidades no período estudado foram: *Aphanocapsa*, *Synechocystis*, *Cylindrospermopsis*, *Dolichospermum*, *Merismopedia* e *Mycrocystis* (Tabela 1).



**Figura 1: Porcentagem de Mananciais de acordo com a Densidade Máxima de Cianobactérias durante o Período de Fevereiro de 2012 a Fevereiro de 2014**



**Figura 2: Densidade Máxima de Cianobactérias no Período de Fevereiro de 2012 a Fevereiro de 2014**

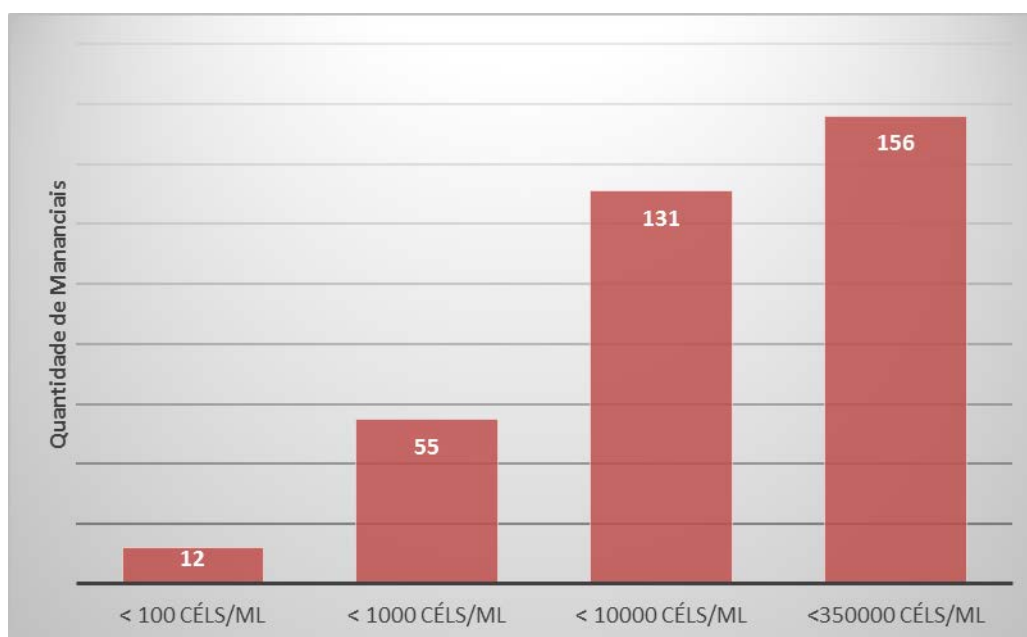


Figura 3: Densidade Máxima de Cianobactérias no Período de Fevereiro de 2012 a Fevereiro de 2014

Tabela 1: Cianobactérias mais frequentes observadas no estudo e a respectiva densidade média e densidade máxima no período de estudo. \*Frequência relativa de determinado gênero em relação ao total de gêneros.

Gênero	Frequência (%)*	Densidade Média (Céls/mL)	Densidade Máxima no Período (Céls/mL)
<i>Aphanocapsa</i>	17	25412	1374167
<i>Pseudanabaena</i>	11	1089	36612
<i>Planktolyngbya</i>	9	7268	54750
<i>Merismopedia</i>	9	5556	82773
<i>Cyanogranis</i>	7	3781	43028
<i>Cylindrospermopsis</i>	6	24309	198853
Chroococcales	6	7411	106834
<i>Radiocystis</i>	6	11217	39764
<i>Cyanodictyon</i>	6	11261	79270
<i>Synechocystis</i>	5	8284	309364
<i>Dolichospermum</i>	4	8671	94882
Oscillatoriales	2	2958	46353
<i>Coelomorion</i>	2	1405	12734
<i>Synechococcus</i>	1	140	1517
Microcystis	1	7984	82148
Outros	10	81577	48866

## CONCLUSÕES

A análise das densidades de cianobactérias dos últimos dois anos mostra que 84% dos mananciais de abastecimento da CEDAE apresentam ótima qualidade com relação à densidade de cianobactérias, não tendo apresentado risco de contaminação por cianotoxinas em todo o período do estudo (densidade < 10.000 células/mL). 24% dos mananciais apresentaram densidade inferior a 1.000 células/mL em todos os meses dos últimos dois anos, valor dez vezes abaixo do limite estabelecido pela Portaria 2914/2011 MS.

Apenas 16% dos locais de estudo apresentaram densidades acima de 10.000 células/mL em algum momento do estudo. Dentre estes, observamos a ocorrência de microcistina em apenas 3 mananciais e presença de



saxitoxina em 7. A Portaria 2914/2011 MS estabelece para a água de consumo humano um Valor Máximo Permitido de 1,0 ppb de microcistina e 3,0 ppb de saxitoxina na água tratada. Os valores encontrados na água bruta (anterior ao tratamento) durante o período de estudo estiveram bem abaixo deste limite (0,155 ppb de microcistina e 0,424 ppb de saxitoxina), tendo se constituído numa fonte segura para abastecimento humano durante o período analisado, com relação à concentração de cianotoxinas.

As cianobactérias tóxicas do Brasil são representadas por 32 espécies distribuídas pelas principais Ordens: Chroococcales (12 espécies tóxicas), Oscillatoriales (10 espécies) e Nostocales (10 espécies) (SANT'ANNA *et al*, 2008). *Microcystis aeruginosa* e *Cylindrospermopsis raciborskii* são as espécies de cianobactérias tóxicas mais frequentes no Brasil, sendo que somente a segunda teve uma frequência considerável nos mananciais da CEDAE, merecendo atenção por ser uma potencial produtora de Saxitoxina e Cilindrospermopsina (toxina não encontrada até então em mananciais Brasileiros). O gênero *Planktolyngbya* também merece atenção, pois foi verificado no trabalho de Sant'Anna *et al* (2008) como produtor de Saxitoxina e tem sido observado com bastante frequência em nossas amostras.

*Microcystis* e *Dolichospermum*, ambas produtoras de Microcistina, são os gêneros com maior número de espécies tóxicas, e foram verificados somente em 1% e 4% das amostras analisadas respectivamente, embora em altas densidades. O gênero *Aphanocapsa*, o mais frequente nos mananciais estudados (presente em 17% das amostras), também tem sido apontado como produtor de Microcistina, no entanto essa foi verificada apenas em três ocasiões. O gênero *Pseudanabaena*, segundo mais frequente, tem toxicidade desconhecida segundo Zagatto *et al.*, 1998.

Apesar da grande maioria dos pontos de captação terem apresentado baixa densidade de cianobactérias, foi observada a ocorrência de florações em alguns mananciais, com presença de espécies tóxicas. Sabe-se que o aumento de intensidade luminosa, diminuição da incidência de chuvas, aumento na oferta de nutrientes e alterações no zooplâncton são fatores que podem favorecer a ocorrência dessas florações. Visando evitar futuros problemas, recomendam-se futuros estudos sobre a caracterização ecológica dos mananciais que apresentaram maiores densidades de cianobactérias. O aprofundamento do conhecimento acerca das características biológicas, físicas e químicas destes mananciais permitirá uma melhoria no manejo destes ecossistemas, garantindo à empresa maior segurança com relação à qualidade de seus mananciais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA. Standard methods for the examination of water and wastewater. 20th ed. New York: APHA:AWWA:WEF, 1998.
2. BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2914, de 12/2011. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 12 dez. 2011. Seção 1, p. 39-46.
3. CALIJURI, M.C., ALVES, M.A., SANTOS, A.C.A. Cianobactérias e Cianotoxinas em Águas Continentais. São Carlos, SP, 2006.
4. CETESB. L5.303: Fitoplâncton de água doce: métodos qualitativo e quantitativo. São Paulo, 2013.
5. CHORUS, I., BARTRAM, J. (Ed.) Toxic Cyanobacteria in Water: A Guide to their Public Health Consequences, Monitoring and Management. London, GB: E&FN Spon: WHO, 1999.
6. ESTEVES, F.A. Fundamentos de Limnologia. Rio de Janeiro, RJ, 1998.
7. SANT'ANNA, C.L., AZEVEDO, M.T., WERNER, V.R., DOGO, C.R., RIOS, F.R., CARVALHO, L.R. Review of Toxic Species of Cyanobacteria in Brazil. *Algological Studies* v.126, p.251-265, abr. 2008.
8. ZAGATTO, P.A., ARAGAO, M.A., DOMINGUES, D.F., BURANTINI, S.V., ARAÚJO, R.P.A. Avaliação Ecotoxicológica do Reservatório do Guarapiranga, SP, com ênfase à Problemática das Algas Tóxicas e Algicidas. Anais do IV Congresso Latino Americano de Ficologia, p.63-81. 1998.