

## **As águas verdes dos Reservatórios do Rio Grande do Norte: o problema das cianobactérias e cianotoxinas**

SILVA, Leide A. Pereida da Siva; ARAÚJO, Fabiana; PANOSSO, Renata; CAMACHO,  
Fabricio; COSTA, Ivaneide A. S.

Todos o autores: Universidade Federal do Rio Grande do Norte - Centro de Biociências - Grupo de Pesquisas em Ecologia e Microbiologia de Ecossistemas Aquáticos - Natal (RN) ([rpanosso@cb.ufrn.br](mailto:rpanosso@cb.ufrn.br))

### **Introdução**

A eutrofização artificial, definida como o enriquecimento de um corpo d'água por nutrientes, principalmente fósforo e nitrogênio originados de atividades humanas, foi descrita há quatro décadas e atualmente ainda representa um fenômeno em expansão (Smith & Schindler, 2009). A eutrofização resulta no aumento de produtividade e da biomassa algal, e na redução da diversidade fitoplânctônica, com predominância de alguns grupos. O crescimento excessivo do fitoplâncton, denominado de *floração*, origina problemas como a redução das concentrações de oxigênio, levando à morte de organismos aquáticos, e alterações na coloração e odor das águas. Muitas florações em ambientes de água doce são causadas por populações de cianobactérias. Como muitas espécies são consideradas nocivas, eventos de florações despertam preocupações devido aos riscos à saúde pública, especialmente quando a água do manancial é utilizada para o abastecimento público (Apeldoorn et al., 2007).

Cianobactérias são microrganismos planctônicos de água doce ou salgada, fototróficos aeróbios, possuem clorofila-*a* e pigmentos acessórios, e estão entre as mais antigas formas de vida na Terra. São cosmopolitas e comuns em todos os habitat do planeta (Kaebernick & Neilan, 2001). Algumas cianobactérias, incluindo espécies dos gêneros *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Cylindrospermopsis*, *Lyngbya*, *Microcystis*, *Nostoc* e *Oscillatoria* (*Planktothrix*) são capazes de produzir cianotoxinas, produtos naturais tóxicos de síntese geneticamente determinada e cujas funções ecológicas não estão completamente elucidadas (Kaebernick & Neilan, 2001; Apeldoorn et al., 2007). Além de freqüentemente afetarem animais, florações de cianobactérias tóxicas podem prejudicar a saúde humana. A exposição às cianotoxinas pode ocorrer por diferentes vias: pela ingestão de água de abastecimento

contaminada; durante a recreação em corpos aquáticos contaminados, por meio de contato com a pele, ingestão ou inalação não intencional; pelo consumo de alimentos contaminados, especialmente o pescado; e por meio de hemodiálises, se a água utilizada não for devidamente purificada (Dittmann & Wiegand, 2006). As cianotoxinas, são classificadas em hepatotoxinas, neurotoxinas e dermatotoxinas, em função da sua ação farmacológica (Calijuri et al., 2006). Nos humanos, as hepatotoxinas podem provocar danos ao fígado, além de diarreias e cólicas. Hepatotoxinas são promotores de tumores no fígado mediante exposição crônica (Falconer and Humpage, 1996), e populações abastecidas com água contaminada com cianotoxinas apresentam risco de maior incidência de carcinoma hepatocelular (Ueno et al. 1996; Fleming et al. 2002). Já as neurotoxinas podem provocar tontura, adormecimento da boca e extremidades do corpo, fraqueza muscular, náusea, vômitos e taquicardia (Apeldoorn et al., 2007). As dermatotoxinas, em contato com a pele e mucosas, causam irritação, podendo levar ao surgimento de sintomas como vermelhidão e lesões na pele, irritação nos olhos, conjuntivite e obstrução nasal (Calijuri et al., 2006).

A dominância por cianobactérias está associada a vários fatores físico-químicos, biológicos e climatológicos (Bouvy et al., 1999). Radiação solar prolongada, com baixa amplitude de variação anual e diária, altas taxas de evaporação e elevado tempo de retenção de água promovem o sucesso de espécies de cianobactérias em reservatórios do semi-árido do nordeste brasileiro (Costa, 1999). Além disso a presença de vacúolos de gás favorecem a permanência desses organismos na superfície (Costa et al., 1998). Reservatórios da região semi-árida apresentam um grande potencial para o estabelecimento de florações também por apresentarem temperatura favorável ao crescimento das cianobactérias durante todo o ano, elevado aporte de nutrientes e tempo de residência, além de elevada turbidez da água. Em reservatórios do semi-árido, a abundância relativa de cianobactérias é, em geral, inversamente relacionada à intensidade luminosa sub-aquática, à intensidade da mistura da coluna d'água e às concentrações de nitrato, e diretamente relacionada à temperatura (Costa et al., 2009).

Florações de cianobactérias potencialmente tóxicas são comuns em ecossistemas de águas continentais em muitos países e em virtualmente todas as regiões do Brasil. Vários trabalhos relatam a presença de cianobactérias nas águas eutrofizadas em reservatórios no nordeste brasileiro (Bouvy *et al*, 1999; Molica *et al*, 2005; Costa *et al*, 2006; Panosso *et al*, 2007), sendo tais organismos dominantes nesses reservatórios ao longo de todo o ano (Huszar *et al*, 2000). Esse quadro representa um risco à saúde da população residente na região semi-árida brasileira que utiliza a água desses reservatórios, devido à potencial exposição aos efeitos agudos, e principalmente aos efeitos crônicos das cianotoxinas (Panosso *et al*, 2007).

## **Estado trófico de reservatórios do semi-árido do Rio Grande do Norte**

Florações de cianobactérias são a consequência mais importante da eutrofização das águas. Muitos reservatórios do semi-árido norte-riograndense utilizados para abastecimento público apresentam condições eutróficas e eventualmente hipereutróficas (Eskinazi-Sant'Anna et al., 2007; Souza et al., 2008; Costa et al., 2009). Eskinazi-Sant'Anna et al. (2007) detectaram características eutróficas em seis reservatórios estudados, indicadas pelas elevadas concentrações de nitrogênio e fósforo total, além da elevada biomassa algal (valores médios superiores a  $20\mu\text{g Chl-}a\text{ L}^{-1}$ ). Os reservatórios Armando Ribeiro Gonçalves (o maior do estado do RN), Gargalheiras e Itans, por exemplo, apresentaram concentrações de nitrogênio total  $>1000\mu\text{g.L}^{-1}$  durante os meses mais quentes do período seco, e valores de fósforo total  $>60\mu\text{g.L}^{-1}$ . Souza et al. (2008) em estudo conduzido nos reservatórios Cruzeta e Boqueirão de Parelhas caracterizaram esses mananciais como eutrófico e mesotrófico, respectivamente, levando-se em conta as concentrações médias de fósforo total, segundo os critérios de classificação trófica para regiões semi-áridas (Thornton e Rast, 1993). Os reservatórios Sabugi e Passagem das Traíras foram considerados eutróficos com episódios de hipereutrofia, com concentrações de clorofila-a ultrapassando  $60\mu\text{g clorofila.L}^{-1}$  (Costa et al., 2009).

## **Cianobactérias de reservatórios do semi-árido do Rio Grande do Norte**

Nos reservatórios da região semi-árida do estado do Rio Grande do Norte (RN) eventos de florações de cianobactérias são freqüentes, sendo *Microcystis aeruginosa*, *Cylindrospermopsis raciborskii*, *Planktothrix agardhii*, *Anabaena* sp. e *Aphanocapsa* sp. os organismos geralmente dominantes no fitoplâncton desses ambientes (Costa et al., 2006, Panosso et al., 2007). Em alguns reservatórios, cianobactérias podem chegar a compor cerca de 90-100% da densidade fitoplanctônica total (Costa et al., 2006; Panosso et al., 2007; Costa et al., 2009), fato considerado consequência da eutrofização artificial (Panosso et al., 2007).

Costa et al. (2009) constataram uma alternância sazonal na dominância das espécies de cianobactérias. Resultados de pesquisas obtidos entre 2002 e 2004 em seis reservatórios potiguares mostraram tendência para a dominância de *Microcystis* spp. no período chuvoso (fevereiro a maio) e de transição entre chuvoso e seco, alternando para dominância de espécies filamentosas heterocitadas e não-heterocitadas, especialmente *C. raciborskii* e *P.*

*agardhii* na estiagem, durante o período estudado. Esses autores ainda sugerem que a dominância por cianobactérias nesses ambientes é favorecida pela estiagem prolongada, característica da região semi-árida, e do elevado tempo de residência da água, já que a liberação do fluxo de água é contida na estiagem visando a reserva hídrica para garantir o abastecimento nos períodos secos. Os autores sugerem ainda que a alta evaporação, e elevados níveis de nutrientes favoreceram a condição eutrófica dos reservatórios. Além disso, esse quadro é intensificado pelo uso de fertilizantes e das práticas de aquicultura na bacia hidrográfica dos reservatórios, levando a altas concentrações de P e N na água (Costa et al., 2006).

A densidade e o biovolume do fitoplâncton são parâmetros utilizados como indicadores da qualidade da água usada para abastecimento humano. Dentre seis importantes reservatórios do Rio Grande do Norte, com capacidade de acumulação acima de 40 milhões de m<sup>3</sup> (Itans, Sabugi, Boqueirão de Parelhas, Passagem das Traíras e Gargalheiras), além do reservatório Armando Ribeiro Gonçalves (com 2 milhões e 400 mil m<sup>3</sup>), todos apresentam em algum período do ano densidade fitoplanctônica acima de 20 mil cel.ml<sup>-1</sup>. Esses eventos foram marcados pela dominância de cianobactérias, chegando a 1,0 milhão cel.ml<sup>-1</sup> no reservatório Armando Ribeiro Gonçalves (Costa et al. 2006; Costa et al. 2009). Portanto, a densidade fitoplanctônica superou o valor definido pela resolução CONAMA 357/2005 para águas de Classe II, destinadas ao abastecimento humano após tratamento convencional (simplificado). O Conselho Nacional de Meio Ambiente, estabeleceu tais limites máximos de densidade de cianobactérias para as diferentes classes de usos dos corpos d'água (Resolução CONAMA 357/2005) visando prevenir a incidência de agravos à saúde da população que utiliza estes recursos. Isto porque reconhecido que águas de qualidade deteriorada requerem tratamentos mais avançados para alcançar o nível de pureza adequado ao abastecimento humano. As lacunas nos programas de monitoramento da qualidade da água de mananciais superficiais têm com conseqüência a condição observada por Costa et al. (2006): a presença de numerosas células (~ 4000 cel.ml<sup>-1</sup>) de *C. raciboskii* e *Microcystis* spp na água tratada proveniente do reservatório Armando Ribeiro Gonçalves, indicando sérias deficiências no sistema de filtração da estação de tratamento de água, associada ao excedente de biomassa fitoplanctônica recomendada para mananciais de abastecimento.

Uma importante norma brasileira na vigilância da qualidade da água para abastecimento é a Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde (MS), na qual o monitoramento de cianobactérias na água do manancial deve obedecer freqüência semanal quando sua densidade exceder 10.000 células/ml (ou 1mm<sup>3</sup>/L de biovolume, artigo 19). Os reservatórios

Itans, Sabugi, Boqueirão de Parelhas e Gargalheiras apresentaram biomassa algal de até  $77\text{mm}^3 \text{L}^{-1}$  em diferentes amostragens entre os anos de 2002 e 2004, com contribuição entre 30-90% de cianobactérias (Costa et al., 2009). No mesmo período, nos reservatórios Armando Ribeiro Gonçalves e Passagem das Traíras a biomassa fitoplanctônica esteve mais elevada, chegando a  $176\text{mm}^3 \text{L}^{-1}$ , com dominância de cianobactérias (>90%). Estudos mais recentes (2009 e 2010) conduzidos no Laboratório de Microbiologia Aquática da Universidade Federal do Rio Grande do Norte apontam que a densidade algal tem se mantido sempre acima de 20.000 células/ml em amostras mensais dos reservatórios Gargalheiras, Passagem das Traíras, Itans e Armando Ribeiro Gonçalves (dados não publicados). Isto mostra a necessidade contínua de amostragens semanais em diversos mananciais do Rio Grande do Norte, pois a mesma Portaria 518/2004 do MS, estabelece no parágrafo 5º do artigo 18 que “sempre que o número de cianobactérias na água do manancial, no ponto de captação, exceder 20.000 células/ml ( $2\text{mm}^3/\text{L}$  de biovolume), (...) será exigida a análise semanal de cianotoxinas na água na saída do tratamento e nas entradas (hidrômetros) das clínicas de hemodiálise e indústrias de injetáveis, sendo que esta análise pode ser dispensada quando não houver comprovação de toxicidade na água bruta por meio da realização semanal de bioensaios em camundongos.”

### **Cianotoxinas em reservatórios do semi-árido do Rio Grande do Norte**

Em seis reservatórios do RN investigados no trabalho de Panosso et al. (2007) foram encontrados vinte taxa de cianobactérias relatadas na literatura científica como potencialmente produtores de cianotoxinas, tais como microcistinas, cilindrospermopsina e saxitoxinas. A presença de cianobactérias potencialmente tóxicas na água não é uma prova inequívoca da presença de cianotoxinas, já que há uma variabilidade genética natural das populações quanto à capacidade de síntese de compostos tóxicos (Bittencourt-Oliveira, 2003). Métodos como bioensaios com camundongos, cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC), testes ELISA e técnicas moleculares vêm sendo usadas em estudos de amostras de reservatórios do Rio Grande do Norte para a detecção de populações produtoras de cianotoxinas. As investigações têm se concentrado principalmente na bacia hidrográfica do Rio Piranhas-Assu ( $04^\circ \text{S}$  e  $36^\circ \text{W}$ ), inteiramente abrigada no semi-árido nordestino, e que abriga quase 80% do volume total de água acumulada no RN.

Costa et al. (2006) encontraram saxitoxinas (neurotoxinas) e microcistinas (hepatotoxinas) em amostras sestônicas do reservatório Armando Ribeiro Gonçalves em concentrações máximas de 3,14  $\mu\text{g.L}^{-1}$  e 8,8  $\mu\text{g.L}^{-1}$ , respectivamente. As concentrações mais elevadas de saxitoxinas ocorreram em períodos de florações de *Cylindrospermopsis raciborskii*. Na água tratada foram também detectadas microcistinas, ao valor máximo de 0.16  $\mu\text{g L}^{-1}$ , abaixo, portanto, do nível máximo recomendado pela Organização Mundial da Saúde (Chorus & Bartram, 1999) e pelo Ministério da Saúde (Portaria 518/2004), que é de 1  $\mu\text{g L}^{-1}$ . Em trabalhos posteriores Costa et al. (2009) também relatam a presença de hepatotoxinas no reservatório Armando Ribeiro Gonçalves, sendo que a origem dessa hepatotoxicidade foi, provavelmente, a população de *Planktotrix agardhii* que contribuiu com 90% da biomassa fitoplanctônica no reservatório quando a amostra hepatotóxica foi coletada.

Panosso et al. (2007) realizaram amostragens de 2002 a 2004 em outros cinco reservatórios da bacia do rio Piranhas-Assu no RN, utilizados para abastecimento e aquicultura, e verificaram presença de cianotoxinas nos reservatórios Itans, Passagens das Traíras e Sabugi em pelo menos um período amostrado. Dentre as doze amostras analisadas por meio de bioensaios com camundongos, quatro apresentaram hepatotoxicidade, e uma provocou ambos os sintomas neurotóxicos e hepatotóxicos nos animais teste. Nesta amostra, *C. raciborskii* foi a espécie dominante, e provavelmente a população produtora da toxina. Nas amostras hepatotóxicas, predominou a dominância por populações de *Microcystis*, além de *A. circinalis*, *P. agardhii*, e *C. raciborskii*.

Com o objetivo de se apresentar um diagnóstico mais amplo sobre a presença de populações de cianobactérias tóxicas em reservatórios do RN, foram analisados vinte mananciais do semi-árido com capacidade superior 20 milhões de metros cúbicos de água (Martin, 2006). Aplicando-se a técnica de PCR as amostras foram avaliadas quanto à presença do gene *mcyB*, envolvido na biossíntese de microcistina. Os resultados revelaram, no ano de 2005, a presença do gene *mcyB* em aproximadamente 50% dos mananciais amostrados. Tais resultados indicam a ampla disseminação de populações de *Microcystis* geneticamente dotadas da capacidade de síntese de microcistinas (sem contar as demais cianotoxinas) nos reservatórios do RN.

Em amostras de alguns reservatórios, como Japi II, Mendubim, Pataxós, Umarí e Umororó, bioensaios com camundongos revelaram a ausência da hepatotoxina, embora o gene *mcyB* tenha sido detectado, apontando para a presença de *Microcystis spp.* produtoras da microcistina (Martin, 2006). Portanto, ambientes que apresentam amostras negativas para a presença de cianotoxinas em determinado período de amostragem não devem ser

negligenciados e considerados livres do problema das cianotoxinas. Visto que cepas diferentes de uma mesma população podem apresentar diferentes toxicidades (Bittencourt-Oliveira, 2003), populações tóxicas podem eventualmente se tornar dominantes, especialmente quando cianobactérias apresentam-se em densidades moderadas e elevadas.

### **Considerações finais e perspectivas**

A considerável presença de populações tóxicas de cianobactérias e cianotoxinas nas águas dos reservatórios do Rio Grande do Norte implica em potenciais danos à saúde da população, especialmente no semi-árido, uma vez que esses mananciais são utilizados para usos múltiplos, como o abastecimento doméstico, lazer, aquicultura e pesca. Além da exposição à ingestão das cianotoxinas na água servida, outra importante via de contaminação é o consumo de organismos aquáticos, uma vez que microcistinas podem se acumular em músculos de peixes (Magalhães et al., 2001).

Ressalta-se a necessidade da realização de monitoramentos constantes visando a quantificação de cianobactérias e cianotoxinas na água destes reservatórios, de acordo com o que estabelece a Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde, a fim de minimizar os riscos de contaminação humana. O monitoramento das cianotoxinas na água tratada é importante, especialmente nos pontos de captação das Estações de Tratamento de Água que dispõem apenas de métodos simplificados de tratamento. Além disso, medidas de controle da eutrofização devem ser adotadas, como o tratamento dos esgotos domésticos, industriais e agropastoris lançados nesses corpos d'água.

O controle biológico das cianobactérias por meio do manejo dos estoques do peixe tilápia do Nilo pode se apresentar como uma alternativa complementar às medidas de mitigação (Panosso et al., 2007). A manipulação dos estoques das populações de tilápia do Nilo pode ter um efeito positivo para a qualidade da água e controle da eutrofização (Menezes et al. 2010). Porém, a qualidade do pescado deve ser monitorada para excluir a risco de contaminação de cianotoxinas via consumo dos peixes (Magalhães et al., 2001)

Outra linha de investigação em andamento visando o controle da eutrofização em reservatórios do semi-árido do RN é a utilização de argilas modificadas que atuam na remoção química do fosfato solúvel presente na coluna d'água. Espera-se que tal remoção promova a restauração do meio aquático com conseqüente redução da biomassa de cianobactérias devido à limitação do seu crescimento por este nutriente (Groves, 2007). Testes experimentais no Brasil indicaram que a argila modificada se mostra como uma

solução eficiente na remoção de fósforo e redução de cianobactérias em ambientes eutrofizados (Ferreira & Marques, 2009). Além disso, alguns estudos constataram que a argila não oferece riscos à saúde dos organismos testados e à saúde humana (Afsar & Grooves, 2009). No RN, a eficiência das argilas modificadas na redução de florações está sendo testada em escalas de micro e mesocosmos.

As florações de cianobactérias representam um dos principais problemas para a qualidade da água dos reservatórios do semi-árido do Rio Grande do Norte, a exemplo de outros estados do Nordeste brasileiro, e certamente um dos principais desafios para os diferentes setores responsáveis pelo controle da qualidade da água, e também para os limnólogos dos estados que abrigam o semi-árido brasileiro.

## Referências

- AFSAR, A. & GROOVES, S. (2009). Toxicity Assessment of Phoslock® & Lanthanum to Human Health. Phoslock Water Solutions Limited: Report Number TR 023/09. Australia: 13p.
- APELDOORN, ME. van, EGMOND, HP. van, SPEIJERS, GJA. and BAKKER, GJI. Toxins of cyanobacteria. *Mol. Nutr. Food Res.*, 2007, vol 51, p. 7-60.
- AZEVEDO, SMFO., CARMICHAEL, WW., JOCHIMSEN, EM., RINEHART, KL., LAU, S., SHAW, GR. and EAGLESHAM, GK. Human intoxication by microcystins during renal dialysis treatment in Caruaru- Brazil. *Toxicology*, 2002, vol 181-182, pag. 441-446.
- BITTENCOURT-OLIVEIRA, M.C. (2003). Detection of potential microcystin-producing cyanobacteria in Brazilian reservoirs with a *mcyB* molecular marker. *Harmful algae*. 2:51-60.
- BOUVY, M., MOLICA, R., OLIVEIRA, S., MARINHO, M. and BEKER, B. Dynamics of a toxic cyanobacterial bloom (*Cylindrospermopsis raciborskii*) in a shallow reservoir in the semi-arid region of northeast Brazil. *Aquat. Microb. Ecol.*, 1999, vol 20, p. 285-297.
- CALIJURI, MC., ALVES, M A. and SANTOS, ACA. Cianobactérias e cianotoxinas em águas continentais. São Carlos: Rima Editora, 2006; 118 p.
- CHORUS, I. and BARTRAM, J. (Eds.). *Toxic Cyanobacteria in Water, A Guide to Their Public Health Consequences, Monitoring and Management*, Published by WHO, Spon Press, London, 1999.



- CONAMA, Conselho Nacional de Meio Ambiente, resolução nº 357, de 17 de março de 2005.
- COSTA, IAS, ARAÚJO, F F & CHELLAPPA, NT. Estudo do fitoplâncton da barragem Engenheiro Armando Ribeiro Gonçalves, Assu/RN. *Acta Limnologica Brasiliensia*. Vol 10(1), 1998, p. 67-80.
- COSTA. I. A. S., *Ecologia Dinâmica da Comunidade Fitoplanctônica da Barragem Engenheiro Armando Ribeiro Gonçalves, Assu/RN, 158p. Dissertação de Mestrado (Bioecologia Aquática)-Departamento de Oceanografia e Limnologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 1999.*
- COSTA, I. A. S., AZEVEDO, S. M. F. O., SENNA, P. A. C.1, BERNARDO, R. R., COSTA, S. M. & CHELLAPPA, N. T. Occurrence of toxin-producing cyanobacteria blooms in a brazilian semiarid reservoir. *Braz. J. Biol.*, 66(1B): 211-219, 2006.
- COSTA, IAS., CUNHA, SRS., PANOSSO, R., ARAÚJO, MFF., MELO, JLS. & ESKINAZI-SANT'ANNA, EM. Dinâmica de cianobactérias em reservatórios eutróficos do semi-árido do Rio Grande do Norte. *Oecol. Bras.*, 13(2): 382-401, 2009.
- DITTMANN, E. and WIEGAND, C. Cyanobacterial toxins – occurrence, biosynthesis and impact on human affairs. *Mol. Nutr. Food Res.*, 2006, vol 50, p. 1-11.
- ESKINAZI-SANT'ANNA, EM., MENEZES, R., COSTA, IS., PANOSSO, RF., ARAÚJO, MF. & ATTAYDE, JL. Composição da Comunidade Zooplanctônica em Reservatórios Eutróficos do Semi-Árido do Rio Grande do Norte. *Oecol. Bras.* 2007, vol 11 no 3, p. 410-421.
- FALCONER, I. R., and HUMPAGE, A. R. (1996). Tumor promotion by cyanobacterial toxins. *Phycologia* 35, 74–79.
- FERREIRA, T. F. & MARQUES, D. M. L. (2009). Aplicação de Phoslock® para remoção de fósforo e controle de cianobactérias tóxicas. *Revista Brasileira de recursos Hídricos* 14(2).
- FLEMING, L. E., RIVERO, C., BURNS, J. L., WILLIAMS, C. et al., *Harmful Algae* 2002, 1, 157 –168.
- GROVES, S. (2007). *Lake Restoration and Reservoir Management – Phoslock: the best in situ solution for the remediation of eutrophied lakes and reduction of blue green algae.* Phoslock Water Solutions Ltd. Newsletter available: [www.phoslock.com.au](http://www.phoslock.com.au). Australia.
- HUSZAR, VLM., SILVA, LHS., MARINHO, M., DOMINGOS, P. and SANT'ANNA, CL. Cyanoprokaryote assemblages in eight productive tropical Brazilian waters. *Hydrobiologia*, 2000, vol 424, p. 67-77.

- KAEBERNICK, M. and NEILAN, BA. Ecological and molecular investigations of cyanotoxin production. *FEMS Microbiology Ecology*, 2001, vol 35, p. 1-9.
- MAGALHÃES, V.F.; Soares, R.M. & Azevedo, S.M.F.O. 2001. Microcystin contamination in fish from the Jacarepaguá Lagoon (Rio de Janeiro, Brazil): ecological implication and human health risk. *Toxicon*, 39:1077-1085.
- MARTIN, C.P.S. 2006. Utilização de métodos moleculares na detecção de *Microcystis* spp. potencialmente tóxicas em reservatórios do Rio Grande do Norte. Programa de Pós-Graduação em Genética e Biologia Molecular, UFRN. Dissertação de Mestrado.
- MOLICA, RJR., OLIVEIRA, EJA., CARVALHO, PVVC., COSTA, ANSF., CUNHA, MCC., MELO, GL. and AZEVEDO, SMFO. Occurrence of saxitoxins and an anatoxin-a(s)-like anticholinesterase in a Brazilian drinking water supply. *Harmful Algae*, 2005, vol 4, p. 743–753.
- NYAKAIRU, GWA., NAGAWA, CB. and MBABAZI, J. Assessment of cyanobacteria toxins in freshwater fish: A case study of Murchison Bay (Lake Victoria) and Lake Mburo, Uganda. *Toxicon*, 2010, vol 55, p. 939-946.
- PANOSSO, R., COSTA, IAS., SOUZA, NR., ATTAYDE, JL., CUNHA, SRS. and GOMES, F. C. F. Cianobactérias e cianotoxinas em reservatórios do Estado do Rio Grande do Norte e o potencial controle das florações pela Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Oecol. Bras.*, 2007, vol 11, no 3, p. 433-449.
- SMITH, VH. and SCHINDLER, DW. Eutrophication science: where do we go from here? *Trends in Ecology and Evolution*, 2009, vol. 24, no.4, p. 201-207.
- SOUSA, W., ATTAYDE, JL., ROCHA, ES. & ESKINAZI-SANT'ANNA, EM. The response of zooplankton assemblages to variations in the water quality of four man-made lakes in semi-arid northeastern Brazil. *Journal of Plankton Research* volume 30 number 6 pages 699–708, 2008.
- THORNTON, J. A. & W. RAST, 1993. A test of hypotheses relating to the comparative limnology and assessment of eutrophication in semi-arid man-made lakes. In STRASKRABA, Y., TUNDISI, J. G. and DUNCAN, A. (eds), *Comparative Reservoir Limnology and Water Quality Management*. Kluwer Academic Publishers, London, pp. 1–24.
- UENO, Y., NAGATA, S., TSUTSUMI, T., HASEGAWA, A. et al., *Carcinogenesis* 1996, 17, 1317–1321.