

## **Cianobactérias potencialmente tóxicas de importância em Saúde Pública**

Helen Michelle de Jesus Affe<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Helen Michelle de Jesus Affe – Bióloga, Mestre em Ecologia de Sistemas Aquáticos Tropicais. Pesquisadora no Laboratório de Oceanografia Biológica, Universidade Estadual de Santa Cruz – UESC, Ilhéus, Bahia. helenmaffe@gmail.com

Suzi de Almeida V. Barboni<sup>2</sup>

<sup>2</sup>Suzi de Almeida Vasconcelos Barboni - Licenciatura em Ciências, Habilitação em Biologia, Doutoranda em Saúde Pública. Professor adjunto da Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS, Laboratório de Microbiologia Aplicada e Saúde Pública (LAMASP), Feira de Santana, Bahia.

**Resumo**

As toxinas produzidas por algumas espécies de cianobactérias são metabólitos secundários de grande importância no âmbito da saúde pública tendo em vista os riscos que estas toxinas oferecem à saúde humana quando correm em corpos hídricos utilizados para abastecimento. De uma forma geral existem quatro grupos de cianotoxinas, classificados em função de sua ação no organismo e órgão alvo afetado. As neurotoxinas atuam no sistema nervoso bloqueando a transmissão do sinal neurônio-neurônio. Hepatotoxinas atuam sobre o citoesqueleto dos hepatócitos provocando perda da função hepática. Há indícios de que a ação de doses sub-letais de hepatotoxinas estaria associada ao desenvolvimento de câncer hepático. As dermatotoxinas são relacionadas com casos de dermatites de contato relacionada à ocorrência de microalgas produtoras de dermatotoxinas, especialmente em águas de uso recreacional. Citotoxinas, por sua vez, formam um grupo intermediário de cianotoxinas com estrutura química semelhante às neurotoxinas e causando sintomas similares aos provocados pelas hepatotoxinas. No presente trabalho busca-se discutir a importância do conhecimento à respeito das espécies formadoras de metabólitos tóxicos e do seu monitoramento em mananciais de abastecimento com vistas ao controle dos riscos que estas oferecem à saúde pública.

**Palavras-chave:** Cianotoxinas, Água, Saúde Pública.

**Abstract**

The toxins produced by some species of cyanobacteria secondary metabolites are of great importance in the context of public health in view of the risks that these toxins offer both to human health when they run into water bodies used for supply. In general there are four groups of cyanotoxins, classified according to their action in the body and target organ affected. The neurotoxins act on the nervous system by blocking the transmission of the signal neuron-neuron. Hepatotoxins act on the cytoskeleton of hepatocytes leading to loss of liver function. There is evidence that the action of sublethal doses of hepatotoxins was associated with the development of liver cancer. The dermatotoxins are related to cases of contact dermatitis related to the occurrence of microalgae producing dermatotoxins, especially in recreational water use. Cytotoxins, in turn, form a group of cyanotoxins intermediate with a chemical structure similar to neurotoxins and causing symptoms similar to those caused by hepatotoxins. In this paper seeks to discuss the importance of knowledge about the species forming toxic metabolites and their sources of supply monitoring in order to control the risks that they offer to the public health.

**Key words:** Cyanotoxins, Water, Public Health.

**INTRODUÇÃO****O que são cianotoxinas?**

As cianotoxinas são metabólitos secundários produzidos por algumas espécies de cianobactérias (cianofíceas ou algas azuis) agrupados, de acordo com sua ação no organismo afetado, em: neurotoxinas (saxitoxina, neusaxitoxinas, anatoxina-a e anatoxina-a(s)), hepatotoxinas (microcistinas e nodularinas), dermatotoxinas (aplisiatoxinas e debromoaplisiatoxina) ou citotoxinas (cilindropermopsinas) apresentando uma série de efeitos patológicos no organismo intoxicado (HALLEGRAEFF *et al.*, 1995; LAGOS *et al.*, 1999; CHORUS, 2001; SOTERO-SANTOS *et al.*, 2008; BITENCOUT-OLIVEIRA, 2011).

De uma forma geral, as neurotoxinas atuam bloqueando a transmissão do sinal nervoso neurônio-neurônio e têm um efeito muito rápido, entre alguns

---

AFFE, Helen Michelle de Jesus; BARBONI, Suzi de Almeida V. Cianobactérias potencialmente tóxicas de importância em Saúde Pública. **RevInter Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**, v. 5, n. 3, p. 42-59, Out. 2012.

minutos a poucas horas. A anatoxina-a foi a primeira toxina de cianobactérias a ser química e funcionalmente definida. Trata-se de uma amina secundária que é capaz de desencadear reações tais como desequilíbrio físico, fasciculação muscular, respiração ofegante e convulsões, além de morte devido à parada respiratória (AZEVEDO, 1998).

As saxitoxinas e neusaxitoxinas atuam nos canais de sódio nos axônios interrompendo a transmissão nervosa (CARMICHAEL, 1996) podendo provocar morte por asfixia. Doses letais de saxitoxinas para o homem oscilam entre 1 e 3mg. A ingestão de quantidades menores que 1,1mg pode produzir sintomas neuromusculares de importância variável, como entumescimento, náuseas, movimentos desordenados e dificuldades respiratórias (Cianca, 2006). Espécies dos gêneros: *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Planktothrix*, *Trichodesmium*, *Lyngbya* e *Cylindrospermopsis* são as principais produtoras de saxitoxinas e anatoxina-a (CHORUS; BARTRAM, 1999, LAGOS *et al.*, 1999, PROENÇA *et al.*, 2009, FERRÃO-FILHO *et al.*, 2010).

Hepatotoxinas são polipeptídios cíclicos que atuam sobre o citoesqueleto dos hepatócitos inibindo as proteínas fosfatases e provocando perda da função hepática pela deformação celular e conseqüentes hemorragias intra-hepáticas, o que leva a um grande aumento no peso do fígado. Pesquisas apontam que a ação de doses sub-letais das hepatotoxinas (microcistinas e nodularinas) estaria associada ao desenvolvimento de câncer hepático (FALCONER 1996; ZHANG *et al.*, 2009). Em investigações desenvolvidas na China, em uma localidade onde ocorriam elevada frequência dessa neoplasia, detectou-se a ocorrência de cianobactérias nos mananciais de água usados para consumo pela população local (CÔELHO, 1998). Microcistinas e nodularinas são hepatotoxinas produzidas por espécies dos gêneros: *Microcystis*, *Anabaena*, *Nodularia*, *Oscillatoria*, *Nostoc* e *Cylindrospermopsis* (CARMICHAEL 1994; CHORUS; BARTRAM, 1999; MAGALHÃES *et al.*, 2001; AZEVEDO *et al.*, 2002; FIGUEIREDO *et al.*, 2004; KANKAANPÄÄ *et al.*, 2007).

A ocorrência de dermatites de contato está relacionada à detecção, especialmente em águas de uso recreacional, de microalgas produtoras de dermatoxinas compostas por alcalóides associados, inclusive, com a formação de

---

AFFE, Helen Michelle de Jesus; BARBONI, Suzi de Almeida V. Cianobactérias potencialmente tóxicas de importância em Saúde Pública. **RevInter Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**, v. 5, n. 3, p. 42-59, Out. 2012.

tumores e inflamação gastrointestinal por ingestão de água contaminada (CHORUS; BARTRAM, 1999).

As citotoxinas formam um grupo intermediário de cianotoxinas produzidas pelas espécies *Cylindrospermopsis raciborskii*, *Umezakia natans* e *Aphanizomenon ovalisporum*. Apresentam a estrutura química de alcalóide, como as neurotoxinas, e sintomatologia similar à provocada pelas hepatotoxinas, já tendo sido associadas à patologias em rins, baço, fígado, timo e coração humano (CHORUS; BARTRAM, 1999).

### **Florações de algas nocivas e eutrofização**

As cianobactérias figuram entre os primeiros organismos existentes no planeta. São microrganismos oxifotoautotróficos, com capacidade de fixação de nitrogênio (diazotróficos) que desempenharam um papel importante na formação da atmosfera oxidante da forma que esta é conhecida hoje, como os primeiros seres fotossintetizantes do planeta (DISMUSKES, 2001). São organismos de vida livre com uma ampla plasticidade ecológica, habitando uma grande variedade de habitats. Contêm clorofila *a* e o amido das cianofícias (glicogênio) como substâncias de armazenamento (LEE, 1999) e sua coloração verde-azulada, decorre da presença dos pigmentos ficocianina, aloficocianina, ficoeritrina e beta-caroteno nas membranas lipoproteicas (ZOHARY; ROBERTS, 1990; FARQUAHR *et al.*, 2000; FURTADO, 2007; RODRIGUES, 2008; MANTOVANI 2011).

O desenvolvimento massivo (florações ou *blooms*) desses microrganismos geralmente está associado às condições eutróficas da água, decorrentes do crescente enriquecimento de matéria orgânica, especialmente de Fósforo e Nitrogênio, ocasionados pelas descargas contínuas de esgotos domésticos e industriais nos corpos hídricos, representando, inclusive sérios problemas de saúde pública (BITENCOUT-OLIVEIRA; MOLICA, 2003), embora se saiba que florações algais ocorram naturalmente e de forma sazonal em alguns ambientes, como resposta às condições propícias do regime de luz do sol, disponibilidade de nutrientes e

---

AFFE, Helen Michelle de Jesus; BARBONI, Suzi de Almeida V. Cianobactérias potencialmente tóxicas de importância em Saúde Pública. **RevInter Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**, v. 5, n. 3, p. 42-59, Out. 2012.

condições hidrodinâmicas, que modificam a estabilidade da coluna de água (SOLÉ *et al.*, 2005).

Ambientes de águas calmas com elevado tempo de residência, estratificação térmica e onde a velocidade do vento é insuficiente para promover misturas na coluna d'água, apresentam condições ideais para o desenvolvimento de florações (TUNDISI *et al.*, 2004) que se apresentam como manchas coloridas na superfície da água e tem como grande inconveniente o fato de em mais de 60% dos casos serem formadas por espécies potencialmente tóxicas que provocam reações diversas no organismo humano (TUCCI *et al.*, 2006).

Nos últimos anos têm sido observadas grandes incidências de florações dessas algas em todo o mundo o que, frequentemente, vem sendo associada às condições tróficas da água (DOKULIL; TEUBNER, 2000; HUSZAR *et al.*, 2000). As espécies de cianobactérias mais comumente encontradas formando florações são: *Anabaena flos-aquae*, *Microcystis aeruginosa*, *Aphanizomenon flos-aquae*, *Oscillatoria agardii* e *Nodularia spumigena*, todas produtoras de toxinas (MATTHIENSEN *et al.*, 1999).

Em reservatórios brasileiros, uma das espécies de cianobactéria de maior incidência é *Cylindrospermopsis raciborskii*. Trata-se de uma espécie produtora de toxinas extremamente agressivas que tanto podem causar problemas de Saúde Pública, quanto danos ao meio ambiente. Sua alta competitividade em ambientes eutrofizados, aliada à sua capacidade de formar florações e produzir toxinas, fazem desta espécie uma das cianobactérias mais estudadas tanto do ponto de vista ecológico, quanto de Saúde Pública. São duas as toxinas mais conhecidas: cilindrospermopsinas, um alcalóide com ação no fígado e rins, e a “toxina de poder paralisante” do tipo PSP (Paralytic Shellfish Poisons), que age no sistema neuromuscular (TUCCI *et al.*, 2003).

## **Envenenamento por cianotoxinas no Brasil – casos de Saúde Pública**

---

AFFE, Helen Michelle de Jesus; BARBONI, Suzi de Almeida V. Cianobactérias potencialmente tóxicas de importância em Saúde Pública. **RevInter Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**, v. 5, n. 3, p. 42-59, Out. 2012.

No ano de 1988, foram registrados inúmeros casos de intoxicação humana relacionados ao consumo da água do reservatório de abastecimento público do Município de Itaparica na Bahia. A investigação destes eventos remeteram à causa dos problemas ao florescimento de microalgas tóxicas no referido reservatório (BITENCOUT-OLIVEIRA, MOLICA, 2003).

O caso mais conhecido de intoxicação por cianotoxinas no Brasil ocorreu em Caruaru – Pernambuco em 1996, quando morreram 52 pacientes de hemodiálise no município. Este foi o ponto inicial para que as autoridades de Saúde Pública do Brasil voltassem a atenção para a importância das pesquisas sobre a ocorrência de cianobactérias em águas de abastecimento público e as toxinas produzidas biologicamente por algumas espécies formadoras de florações nos mananciais e pontos a montante destes (JOCHIMSEN *et al.*, 1998; AZEVEDO *et al.*, 2002).

Estudos subsequentes ao caso de Caruaru apontaram que cianobactérias dos gêneros *Aphanizomenon*, *Oscillatoria*, *Microcystis*, *Anabaena* e *Cylindrospermopsis* eram dominantes nos reservatórios pernambucanos desde o início da década de 90. As análises químicas e biológicas das amostras, específicas do centro de hemodiálise, confirmaram a presença de microcistinas e cilindrospermopsinas na água (AZEVEDO *et al.*, 2002; DÖRR *et al.*, 2010).

Na Bahia, em trabalho desenvolvido nas Estações de Tratamento de Água situadas no recôncavo baiano que recebem água da Bacia Hidrográfica do Rio Paraguaçu, SILVA (2003) detectou a ocorrência de cianobactérias potencialmente tóxicas, em nove das doze amostras da água bruta analisadas. Nas águas de abastecimento do município de Cachoeira registrou-se a ocorrência dos gêneros *Phormidium* e *Anabaena*; em Cruz das Almas, além de *Phormidium*, foi detectado o gênero *Microcystis*, e em Muritiba, nas três amostras de água bruta coletadas, registrou-se a ocorrência de *Oscillatoria* sp.. O referido autor ressalta que não foram encontradas microalgas nas amostras de água tratada. No entanto, é de fundamental importância a realização de testes confirmativos que detectem a presença de toxinas em águas de abastecimento, uma vez que ao sofrerem lise

---

AFFE, Helen Michelle de Jesus; BARBONI, Suzi de Almeida V. Cianobactérias potencialmente tóxicas de importância em Saúde Pública. **RevInter Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**, v. 5, n. 3, p. 42-59, Out. 2012.

celular as cianobactérias podem não estar presentes, mas as toxinas produzidas por estas podem ser liberadas por lise celular para o meio líquido.

BITTENCOURT-OLIVEIRA *et al.* (2011) mencionam a escassez de trabalhos específicos sobre a ocorrência de toxinas algais em reservatórios brasileiros, relatando a detecção de cilindrospermopsinas em florações de cianobactérias em três reservatórios no Nordeste do Brasil, discutindo a facilidade de dispersão dessas toxinas e dos seus organismos produtores em decorrência das conexões existentes entre as bacias hidrográficas.

### **Cianobactérias e o padrão de potabilidade da água (legislação)**

A importância do controle da qualidade da água de abastecimento público reside no conhecimento de que esta é um forte veículo transmissor de doenças e de que não há promoção de Saúde Pública sem a garantia de acesso da população à água de boa qualidade, tendo o Poder Público o dever de assegurar e promover a distribuição de água potável (SCLIAR, 2001).

Em muitos países da América do Sul, o desenvolvimento de florações de cianobactérias potencialmente nocivas é fator de preocupação para a Saúde Pública, uma vez que diversas cidades utilizam para os mais diversos usos, água oriunda de reservatórios eutrofizados (DÖRR *et al.*, 2010). As florações podem provocar alterações nos aspectos organolépticos da água, como mudanças na cor e odor desagradável, causando tanto danos ecológicos como para a saúde humana (PAERL *et al.*, 2001).

Ecologicamente as florações podem ocasionar alterações na estrutura da teia trófica aquática, podendo ser formadas por espécies não palatáveis ou tóxicas aos consumidores, além de interromper a ciclagem de nutrientes e condicionar perdas de biodiversidade local (PAERL *et al.*, 2001). Isso compromete o desenvolvimento de outras espécies pelo próprio acúmulo de sua biomassa ou pela produção dos compostos tóxicos que atuam, a princípio, como mecanismos de defesa contra

---

AFFE, Helen Michelle de Jesus; BARBONI, Suzi de Almeida V. Cianobactérias potencialmente tóxicas de importância em Saúde Pública. **RevInter Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**, v. 5, n. 3, p. 42-59, Out. 2012.



predadores (SOLÉ *et al.*, 2005, FLYNN, 2008, GRANÉLI *et al.*, 2008).

Perante um desastre ecológico de grandes proporções na Bahia de Todos os Santos ocorrido em março de 2007, que ocasionou a morte de 50 toneladas de pescado, surgiu a desconfiança de tratar-se de uma floração de cianobactérias e teve início uma gama de pesquisas para verificar a possibilidade de estarem envolvidas espécies potencialmente tóxicas. Com o fim dos estudos, o laudo técnico publicado em 08 de abril de 2007 atestou que os microrganismos responsáveis eram dinoflagelados (*Gymnodinium sanguineum*), formadores do fenômeno da maré vermelha, e que as espécies presentes não eram produtoras de toxinas e, por isso, não ofereciam riscos à saúde humana (ARGÔLO; CARMEL, 2007).

A concentração da biomassa algal na superfície leva a um aumento da turbidez e uma paulatina deterioração da coluna d'água que podem ocasionar, inclusive, perdas econômicas em decorrência da proibição de atividades de pesca e recreação, caracterizando o primeiro tipo de floração de microalgas nocivas (HALLEGRAEFF *et al.*, 1995, ANDERSON *et al.*, 2002), ou ainda o comprometimento ou interrupção da produção em áreas de cultivo de organismos aquáticos. Durante a decomposição das células de uma floração (senescência do *bloom*), ocorre um excessivo consumo de oxigênio (hipoxia), atuando como principal fator responsável pelo declínio ou eliminação dos peixes, moluscos e outros organismos em decorrência das condições de anoxia na água (PAERL, 2008).

Além disso, o acúmulo de células das microalgas pode bloquear as brânquias de peixes e moluscos, por exemplo, comprometendo a respiração e/ou alimentação destes organismos. (FERRARIO *et al.*, 2002). Devendo-se considerar ainda que algumas toxinas podem ser acumuladas nos tecidos de organismos filtradores (SHUMWAY, 1990; LEFEBVRE *et al.*, 2002; VALE, 2004; NOGUEIRA *et al.*, 2010) que, uma vez sendo consumidos pelo homem, acarretam doenças e até a morte (LEE, 1999).

A ocorrência de espécies como *Microcystis aeruginosa* e *Cylindrospermopsis raciborskii* formando florações em águas de abastecimento público, corresponde a um sério problema em estações de tratamento, configurando-se em uma situação de

---

AFFE, Helen Michelle de Jesus; BARBONI, Suzi de Almeida V. Cianobactérias potencialmente tóxicas de importância em Saúde Pública. **RevInter Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**, v. 5, n. 3, p. 42-59, Out. 2012.

risco à Saúde Pública em decorrência da produção de compostos neurotóxicos, hepatotóxicos ou dermatotóxico (YUNES, *et al.* 2005). Segundo estes autores, florações de cianobactérias potencialmente tóxicas têm sido registradas em vários ecossistemas aquáticos no Brasil, geralmente em épocas de maior consumo de água, nos meses de verão, causando entupimento de filtros e problemas estéticos, o que inviabiliza o uso do corpo hídrico contaminado para qualquer fim.

Segundo a Portaria nº 518 de 25 de março de 2004 do Ministério da Saúde são deveres e obrigações do Ministério da Saúde e da Secretaria de Vigilância em Saúde (SVS), dentre outros, o acompanhamento e vigilância da qualidade da água, o estabelecimento de referências laboratoriais (nacionais e regionais) para dar suporte às ações de vigilância da qualidade da água para consumo humano, a definição de diretrizes específicas para estabelecimento de um plano de amostragem a ser implementado pelos Estados, Distrito Federal ou Municípios no exercício das atividades de vigilância da qualidade da água no âmbito do Sistema Único de Saúde - SUS.

O Art. 4 da referida portaria trata especificamente da preocupação com a ocorrência de cianobactérias e dos efeitos que estas podem acarretar à saúde humana devido à produção de toxinas, destacando-se os gêneros *Microcystis*, *Anabaena*, *Cylindrospermopsis*, *Oscillatoria*, *Planktothrix* e *Aphanocapsa*, como potenciais produtores de toxinas nocivas.

### **Monitoramento das florações e tratamento da água**

Freqüentes casos de florações em ETAs demonstraram a necessidade da adequação de técnicas de tratamento da água que garantam à população e aos órgãos de vigilância a confiabilidade da sua potabilidade. De uma forma geral, o primeiro passo do tratamento da água é feito colocando-se algicidas (sulfato de cobre ou peróxido de hidrogênio) nas represas, contudo, a aplicação desses produtos

---

AFFE, Helen Michelle de Jesus; BARBONI, Suzi de Almeida V. Cianobactérias potencialmente tóxicas de importância em Saúde Pública. **RevInter Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**, v. 5, n. 3, p. 42-59, Out. 2012.

é desaconselhada em ecossistemas de grande extensão ou em águas usadas para abastecimento, pesca, irrigação ou outros usos humanos, considerando-se os efeitos adversos da sua própria toxicidade ou, ainda porque na morte das algas por lise celular, pode ocorrer a liberação das toxinas em concentração suficiente para causar danos a outras espécies, comprometendo o uso da água (FERNANDES *et al.*, 2006; FERNANDES *et al.*, 2009).

O tratamento com algicidas é mais eficiente apenas no início da sucessão ecológica da floração e sua eficiência vai diminuindo gradativamente nas fases mais avançadas (BEYRUTH, 1992), além de apresentar efeitos apenas temporários (dias) e custos elevados. O controle e redução da entrada de nutrientes nos copos hídricos, bem como a quebra da estratificação térmica através de mecanismos que promovam mecânica ou hidrológicamente misturas verticais da coluna d'água, especialmente em reservatórios, e a redução do tempo de retenção das águas são algumas das alternativas adotadas para o controle de florações em águas de abastecimento público (PAERL, 2008). Florações algais em mananciais de abastecimento público respondem por um aumento considerável dos custos de tratamento da água, em decorrência do entupimento de filtros das estações de tratamento (ETAs) alterando, inclusive, o sabor e odor da água tratada (PAERL *et al.*, 2001; TUCCI; SANT' ANNA, 2003).

As toxinas algais são compostos altamente hidrosolúveis, passando facilmente pelo sistema de tratamento convencional, embora as autoridades de saúde pública venham assumindo que os padrões de purificação da água utilizados nas ETAs são capazes de remover qualquer problema em potencial. Entretanto, conhecendo-se a dinâmica e estrutura muito pequena das cianotoxinas sabe-se que estas, quando em solução, não podem ser retiradas através dos processos de tratamento padrão (TUCCI; SANT' ANNA, 2003).

O monitoramento de cianobactérias em corpos d'água usados como fonte para consumo humano, recreação, irrigação e abastecimento público, em geral, foi considerado uma das áreas prioritárias pela Organização Mundial de Saúde, estabelecendo por meio de uma medida provisória, especificamente para as

---

AFFE, Helen Michelle de Jesus; BARBONI, Suzi de Almeida V. Cianobactérias potencialmente tóxicas de importância em Saúde Pública. **RevInter Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**, v. 5, n. 3, p. 42-59, Out. 2012.

microcistinas, concentrações máximas de 1µg/L em água para consumo humano e de 20µg/L em águas de uso recreativo (WHO, 2003).

No Brasil, a portaria 518/2004, editada pelo Ministério da Saúde Brasil, que substitui a Portaria 1469 de 29/12/2000, determina para as empresas de abastecimento de água o monitoramento e quantificação das células de cianobactérias nos mananciais. Estabelecendo ainda como valor máximo o limite de 20.000 cél/mL<sup>-1</sup> nos pontos de captação, acima dos quais obriga que seja feita a análise semanal de microcistinas na água tratada limitando em 1,0Mg.L<sup>-1</sup> o valor máximo aceitável. Esta Portaria ainda recomenda a análise de cilindrospermopsinas e equivalente de saxitoxinas, determinando os valores máximos aceitáveis em 15,0Mg.L<sup>-1</sup> e 3,0Mg.L<sup>-1</sup>, respectivamente dentre os critérios de potabilidade da água para consumo além dos requisitos que envolvem os parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos que não ofereçam risco a saúde humana (MATTHIENSEN *et al.*, 1999).

De acordo com o Capítulo V Art. 19 da referida Portaria, amostras semestrais da água bruta devem ser coletadas, em reservatórios alimentados por mananciais superficiais, para serem analisadas de acordo com os parâmetros exigidos na legislação vigente de classificação e enquadramento de águas superficiais. Quando o número total de células de cianobactérias potencialmente nocivas for igual ou superior a 20.000 cél/ml (2mm<sup>3</sup>/L de biovolume) o teste de toxicidade com camundongos (*albinos suíços*) é aconselhado para verificação da ocorrência específica de cianotoxinas.

### **Outras considerações**

Merece destaque a importância da formação de especialistas que saibam interpretar os resultados dos testes e classificá-los dentro dos limites de toxicidade que o método fornece considerando as metodologias citadas na Portaria (YUNES *et al.*, 2005).

De acordo com CORDEIRO-ARAÚJO *et al.* (2010) o monitoramento limnológico de um reservatório é indispensável, uma vez que as condições

---

AFFE, Helen Michelle de Jesus; BARBONI, Suzi de Almeida V. Cianobactérias potencialmente tóxicas de importância em Saúde Pública. **RevInter Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**, v. 5, n. 3, p. 42-59, Out. 2012.

ambientais são mutáveis e, em caso da ocorrência de eventos mais prolongados de estiagem, por exemplo, o desenvolvimento de cianobactérias pode ser favorecido pelo aumento no tempo de residência e na estabilidade térmica, a exemplo do que se observa em outros reservatórios de abastecimento da região semiárida. Ressaltando-se ainda a importância da identificação desses organismos como base para estudos de manejo de ecossistemas aquáticos podendo oferecer subsídios que norteiem iniciativas de prevenção e controle de florações potencialmente tóxicas, minimizando os riscos para a Saúde Pública.

### **Agradecimentos**

As autoras agradecem à Dra. Andrea Tucci pela colaboração na elaboração da Monografia da primeira autora, trabalho que foi base da escrita deste ensaio.

### **REFERÊNCIAS**

ANDERSON, D.M. et al. Harmful algal blooms and eutrophication: Nutrient sources, composition, and consequences. **Estuaries**, n. 25, p. 704-726, 2002.

ARGÔLO, N., CARMEL A. Assessoria de Comunicação Social/Centro de Recursos Ambientais (ASCOM/CRA). Sistema Estadual de Informações Ambientais da Bahia (Portal SEIA). <http://www.seia.ba.gov/noticias.cfm?idnoticia=3266>. Consultado em 15/06/2007.

---

AFFE, Helen Michelle de Jesus; BARBONI, Suzi de Almeida V. Cianobactérias potencialmente tóxicas de importância em Saúde Pública. **RevInter Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**, v. 5, n. 3, p. 42-59, Out. 2012.

AZEVEDO, S.M.F.O. Cianobactérias tóxicas: causas ecológicas e consequências para a saúde pública. **Revista Virtual de Medicina**, v. 1, n.3, 1998.

AZEVEDO, S.M.F.O. et al. Human intoxication by microcystins during renal dialysis treatment in Caruaru-Brazil. **Toxicology**, v.181, p. 441-446, 2002.

BEYRUTH, Z. et al. Toxic algae in freshwaters of São Paulo. Sociedade Brasileira de Ficologia, p. 53-64. 1992.

BITTENCOURT-OLIVEIRA, M.C., MOLICA, R. Cianobactéria invasora: Aspectos molculares e toxicológicos de *Cylindrospermopsis raciborskii* no Brasil. *Revista Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento*, n. 30, p. 82-90, 2003.

BITTENCOURT-OLIVEIRA, M.C. Cylindrospermopsin in water supply reservoirs in Brazil determined by immunochemical and molecular methods. **Journal of Water Resource and Protection**, n.3, p. 349-355, 2011.

CARMICHAEL, W.W. The toxins of cyanobacteria. **Scientific American**, n. 270, p. 78-86, 1994.

CARMICHAEL, W.W. et al. Analysis for microcystins involved in outbreak of liver failure and death of humans at a hemodialysis center in Caruaru, Pernambuco, Brazil. *In: Anais do IV Simpósio da Sociedade Brasileira de Toxinologia*. Caruaru 1996.

CHORUS, I. **Cyanotoxins: occurrence, causes, consequences**. 1<sup>nd</sup> ed. Springer, Berlin, p. 357, 2001.

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

CÔELHO, S.N. A água de Caruaru. **MED ON LINE-Revista Virtual de Medicina** Opinião v.3, n.1, Rio de Janeiro, 1998.

CORDEIRO-ARAÚJO et al. Dinâmica fitoplanctônica relacionada às condições ambientais em reservatório de abastecimento público do semiárido brasileiro. **Rev. Bras. Ciênc. Agrár.** Recife, v.5, n.4, p.592-599, 2010.

DISMUKES, G.C. et al. The origin of atmospheric oxygen on Earth: the innovation of oxygenic photosynthesis. **Proc Natl Acad Sci USA**. v.98, n.5, 2001.

DOKULIL, M. T.; TEUBNER, K. Cyanobacterial dominance in lakes. **Hydrobiologia**, n. 438, p. 1-12, 2000.

---

AFFE, Helen Michelle de Jesus; BARBONI, Suzi de Almeida V. Cianobactérias potencialmente tóxicas de importância em Saúde Pública. **RevInter Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**, v. 5, n. 3, p. 42-59, Out. 2012.

DÖRR, F.A. et al. Microcystins in South American aquatic ecosystems: occurrence, toxicity and toxicological assays. **Toxicon**, n. 56, p. 1247-1256, 2010.

FALCONER, I.R. Potential impact on human health of toxic cyanobacteria. **Phycologia**, v.6, n. 35, p. 6-11, 1996.

FARQUAHR, J. et al. Atmospheric influence of Earth's earliest sulfur cycle. **Science**, n. 289, p. 756-758, 2000.

FERNANDES, V.O. et al. Potencial de floração de cianobactérias em um reservatório de abastecimento doméstico no Estado do Espírito Santo (Reservatório Duas Bocas), Brasil. **2º Caderno de pesquisa em Engenharia de Saúde Pública FUNASA**, p. 204, 2006.

FERNANDES, V.O. et al. Ecologia de cianobactérias: fatores promotores e consequências das florações. **Oecologia Brasiliensis**, v.13, n.2, p. 247-258, 2009.

FERRÃO-FILHO, A.S. et al. A rapid bioassay for detecting saxitoxins using a *Daphnia* acute toxicity test. **Environmental Pollution**, n. 158, p. 2084-2093, 2010.

FERRARIO, M. E. et al. Diatomeas potencialmente toxígenas del Cono Sur Americano. *In*: SAR E. A.; FERRARIO, M. E.; REGUERA, B. (Eds.). **Floraciones algales nocivas en el Cono Sur Americano**. Madrid: Instituto Español de Oceanografía, p.167-194, 2002.

FIGUEIREDO, D.R. et al. Microcystin-producing blooms - a serious global public health issue. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, n. 59, p. 151-163, 2004.

FLYNN, K.J. Attack is not the best form of defense: lessons from harmful algal bloom dynamics. **Harmful Algae**, v.8, p. 129-139, 2008.

FURTADO, A.L.F.F. Isolamento, morfologia, análises moleculares e testes toxicológicos de cianobactérias em lagoa facultativa de sistema de estabilização (Cajati – SP). Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento) – Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos, SP: USP, 2007.

GRANÉLI, E. et al. Harmful algal blooms of allelopathic microalgal species: the role of eutrophication. **Harmful Algae**, v. 8, p. 94-102, 2008.

HALLEGRAEFF, G.M. et al. **Manual on harmful marine microalgae**. IOC Manuals and Guides n.33. UNESCO, Paris, p. 793, 1995.

---

AFFE, Helen Michelle de Jesus; BARBONI, Suzi de Almeida V. Cianobactérias potencialmente tóxicas de importância em Saúde Pública. **RevInter Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**, v. 5, n. 3, p. 42-59, Out. 2012.

HUSZAR, V.L.M. et al. Cyanoprokaryote assemblages in eight productive tropical Brazilian waters. **Hydrobiologia**, v. 424, p. 67-77, 2000.

JOCHIMSEN E.M. et al. Liver failure and death after exposure to microcystins at a hemodialysis center in Brazil. *New Engl J Med*, v. 338, p. 873-877, 1998.

KANKAANPÄÄ, H. et al. Accumulation and depuration of cyanobacterial toxin nodularin and biomarker responses in the mussel *Mytilus edulis*. **Chemosphere**, n. 68, p. 1210-1217, 2007.

LAGOS, N. et al. The first evidence of paralytic shellfish toxins in the freshwater cyanobacterium *Cylindrospermopsis raciborskii* isolated from Brazil. *Toxicon*, v. 37, p. 1359-1373, 1999.

LEE, R.E. **Phicology**, 3ª ed. University Prees, Cambridge, p. 624, 1999.

LEFEBVRE, K. A. et al. Domoic acid in planktivorous fish in relation to toxic *Pseudo-nitzschia* cell densities. **Marine Biology**, v.140, p.625-631, 2002.

MAGALHÃES, V.F. et al. Microcystin contamination in fish from the Jacarepaguá Lagoon (Rio de Janeiro, Brazil): ecological implication and human health risk. **Toxicon**, n. 39, p. 1077-1085, 2001.

MANTOVANI, D. et al. Cianobactérias em reservatórios brasileiros e seus prejuízos à saúde pública. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v.4, n.1, p.145-155, 2011.

MATTHIENSEN, A. et al. Ocorrência, distribuição e toxicidade de cianobactérias no Estuário da Lagoa dos Patos, RS. São Carlos. **Revista Bras. Biol.**, v. 3, n.59, p. 361- 76, 1999.

NOGUEIRA, I. et al. Toxic Effects of Domoic Acid in the *Seabream Sparus aurata*. **Marine Drugs**, v.8, n.10, p.2721-2732, 2010.

PAERL, H.W. et al. Harmful Freshwater Algal Florações, with enfasis on Cyanobacteria. **The Scientific World**, v.1, p. 76-113, 2001.

PAERL, H.W. Nutrient and Other Environmental Controls of Harmful Cyanobacterial *Florações* along the freshwater-marine continuum. *In*: H.K. Hudnell (ed.). Cyanobacterial Harmful Algal Florações: state of Science and Research Needs. **Advances in Experimental Medicine and Biology**, v. 619, p. 217-213, 2008.

PROENÇA, L.A.O. et al. Screening the toxicity and toxin content of blooms of the cyanobacterium *Trichodesmium erythraeum* (Ehrenberg) in northeast Brazil.

---

AFFE, Helen Michelle de Jesus; BARBONI, Suzi de Almeida V. Cianobactérias potencialmente tóxicas de importância em Saúde Pública. **RevInter Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**, v. 5, n. 3, p. 42-59, Out. 2012.



**Journal of Venomous Animals and Toxins including Tropical Diseases**, n. 15, p. 204-215, 2009.

RODRIGUES L. L. **Biodiversidade de Cianobactérias e algas das represas Billings e Guarapiranga, SP, Brasil**. 2008. 197f. Dissertação (Mestrado em Ciências, na área de Botânica) - Universidade de São Paulo, Instituto de Biociências. São Paulo, SP, 2008.

SANT'ANNA, C.L. et al. **Identificação e contagem de cianobactérias planctônicas de águas continentais brasileiras**. Ed. Interciência, Rio de Janeiro, p. 58, 2003

SCLIAR, M. Água é saúde. Saúde Pública. **Revista Vitalle**, v. 1, n.1, p. 16-18, 2001.

SHUMWAY, S. E. A review of the effects of algal blooms on shellfish and aquaculture. **J. World Aquac. Soc.** n.21, p.65-104, 1990.

SILVA, M.E.M. Ocorrência de gêneros de cianobactérias potencialmente tóxicas e de outros microrganismos em diferentes estações de tratamento de água que abastecem cidades do recôncavo baiano (dissertação). Feira de Santana (BA): Universidade Estadual de Feira de Santana; 2003.

SOLÉ, J. et al. Modelling allelopathy among marine algae. **Ecological Modelling**, n. 183, p. 373-384, 2005.

SOTERO-SANTOS, R.B. et al. Occurrence and toxicity of an *Anabaena* bloom in a tropical reservoir (Southeast Brazil). **Harmful Algae**, n. 7, p. 590-598, 2008.

TUCCI, A.; SANT'ANNA, C. *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynka) Seenayya & Subba Raju (cianobactéria): variação semanal e relações com fatores ambientais em um reservatório eutrófico, São Paulo, SP, Brasil. **Rev. Brasil. Botânica**, v. 26 (1), p. 97-112, 2003.

TUCCI, A, et al. Fitoplâncton do Lago das Garças, São Paulo, Brasil: um reservatório urbano eutrófico. **Hoehnea**, v. 33 (2), p. 147-175, 2006.

TUNDISI, J.G. et al. The response of Carlos Botelho (Lobo, Broa) reservoir to the passag of cold front as reflected by physical, chemical and biological variables. **Brazilian Journal of Biology**, n. 64, p. 177-186, 2004.

VALE, P. Is there a risk of human poisoning by azaspiracids from shellfish harvested at the Portuguese coast? **Toxicon**, v. 44, p. 943-947, 2004.

---

AFFE, Helen Michelle de Jesus; BARBONI, Suzi de Almeida V. Cianobactérias potencialmente tóxicas de importância em Saúde Pública. **RevInter Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**, v. 5, n. 3, p. 42-59, Out. 2012.

WHO (World Health Organization). Cyanobacterial toxins: Microcystin-LR in drinking-water. **Background document for development of WHO guidelines for drinking-water quality**. World Health Organization, Geneva, CH. p.14, 2003.

YUNES, J.S. et al. Florações de cianobactérias tóxicas: Mãos a obra no problema. *In*: Roland F, Cesar D, Marinho M, organizadores. **Lições de Liminologia**. Rima, São Carlos, p. 299-323, 2005.

ZHANG, X. et al. Feeding characteristics of a golden alga (*Poteroiochromonas* sp.) grazing on toxic cyanobacterium *Microcystis aeruginosa*. **Water Research**, n. 43, p. 2953-2960, 2009.

ZOHARY, T.; ROBERTS, R.D. Hyperscums and the population dynamics of *Microcystis aeruginosa*. **Journal Plankton Research**, v. 12, p. 423-423, 1990.