

FLORAÇÕES DE CIANOBACTÉRIAS E SEUS EFEITOS DELETÉRIOS

Patrícia Silva Cruz (1); Leandro Gomes Viana (1); Daniely de Lucena Silva (2); Tatiany Liberal Dias Chaves (3); José Etham de Lucena Barbosa (4)

Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, e-mail: patriciacruz_biologa@hotmail.com

RESUMO: Descargas de esgotos industriais, domésticos sem tratamento e a utilização extensa de fertilizantes na agricultura, vêm contaminando rios, lagos e mananciais de abastecimento público, provocando o aumento de nutrientes fosfatados e nitrogenados, causando a eutrofização artificial, que tem como principal consequência, as florações de cianobactérias. Vários gêneros de cianobactérias são produtores de toxinas, chamadas cianotoxinas, que podem causar danos tanto a biota aquática como à saúde humana. As cianotoxinas podem ser divididas em três grupos: as neurotoxinas, as hepatotoxinas e as dermatotoxinas. Objetivou-se neste trabalho realizar uma revisão bibliográfica sobre a temática cianobactérias e cianotoxinas, destacando os principais aspectos relacionados às temáticas, no intuito de gerar informações que possam dinamizar ações de mitigação dos efeitos negativos desses microrganismos em ecossistemas aquáticos. As cianobactérias tem apresentado dominância nos ambientes aquáticos e tendem a persistirem, tornando-se um problema preocupante, em virtude de vários gêneros serem capazes de formar florações e produzirem toxinas que podem afetar tanto a biota aquática como seres humanos.

Palavras-chave: Eutrofização artificial, Cianobactérias, Cianotoxinas, Bioacumulação.

INTRODUÇÃO

Atualmente, a crescente eutrofização cultural nos ecossistemas aquáticos tem sido produzida por atividades humanas que vêm causando o aumento do aporte de nutrientes nitrogenados e fosfatados nesses sistemas. Este enriquecimento artificial produz mudanças na qualidade da água, tais como redução de oxigênio dissolvido, mortalidade de peixes e o aumento da incidência de proliferação de cianobactérias (AZEVEDO et al., 1994; ESTEVES, 2011).

Uma das grandes preocupações mundiais quanto perda de qualidade da água é a proliferação de cianobactérias em ecossistemas aquáticos (MORENO et al., 2011). Estes microrganismos são potencialmente produtores de toxinas. O crescimento de cianobactérias produtoras de toxinas nos corpos d'água pode afetar a qualidade da água e aumentar o risco de toxicidade (MAGALHÃES; SOARES; AZEVEDO, 2001). As cianotoxinas podem causar desde irritações cutâneas a intoxicações agudas e crônicas na biota aquática e seres humanos (FALCONER, 2005; CALIJURI; ALVES; SANTOS, 2006; FROSCIO et al., 2008). Em todo o mundo, os problemas associados com cianobactérias estão aumentando, especialmente em

áreas que apresentam altas taxas de urbanização e crescimento populacional, e que não dispõe de tratamento adequado de água e esgotos (CAMACHO et al., 2012).

Ante o exposto, objetivou-se neste trabalho realizar uma revisão bibliográfica sobre a temática cianobactérias e cianotoxinas, destacando os principais aspectos relacionados a esses microrganismos e as cianotoxinas, no intuito de gerar informações que possam dinamizar ações de mitigação dos efeitos negativos desses microrganismos em ecossistemas aquáticos.

METODOLOGIA

No presente estudo foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre cianobactérias e cianotoxinas e suas implicações para saúde pública. Para tanto, foram utilizados artigos científicos publicados em bases de dados on-line: Scientific Eletronic Library On-line (SciELO), Literatura Latino Americana do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS) e Web of Science, além de livros e dissertações que abordam os temas em estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Cianobactérias

As cianobactérias são microrganismos procariotos, fotossintetizantes e aeróbicos (MOLICA; AZEVEDO, 2009) Constituem juntamente com os demais organismos fitoplanctônicos, a base da cadeia alimentar aquática e uma importante fonte de oxigênio, além de desempenhar um importante papel nos processos de ciclagem de nutrientes (YOO et al., 1995). Entretanto, havendo condições ambientais favoráveis podem adquirir taxas de crescimento elevadas, proliferando rapidamente e originando as florações (AZEVEDO et al., 2002) que podem ocasionar sérios problemas no ambiente aquático com efeitos ao longo de toda a cadeia alimentar.

As cianobactérias possuem uma alta plasticidade a adaptações bioquímicas, fisiológicas, genéticas e reprodutivas, o que garantiu a esses microrganismos a sua ocorrência em diversos ambientes terrestres, aquáticos (rios, estuários e mares) e na interface úmida da terra com o ar (rochas, cascas de árvores, paredes, telhados, vidros, etc.) (BRANDÃO; DOMINGOS, 2006). Seu sucesso adaptativo é decorrente do desenvolvimento de determinadas estruturas, como a bainha de mucilagem que permite sua flutuabilidade, e de vacúolos gasosos em algumas espécies, que permite migração vertical na coluna d'água, em busca de intensidades de luz adequada e nutrientes necessários ao seu desenvolvimento (MOLICA, 1996). Outras cianobactérias podem apresentar heterocisto, célula com parede

esquelética dupla, cuja função é fixar o nitrogênio que pela presença da enzima nitrogenase reduz o N_2 em amônia (BRANDÃO; DOMINGOS, 2006). Outros grupos de cianobactérias em período de dessecação podem se converterem em acinetos, células que conferem às cianobactérias resistência ao ressecamento, o que permite a sobrevivência desses organismos por muitos anos no sedimento (CALIJURI; ALVES; SANTOS, 2006).

Cianobactérias e Cianotoxinas

A principal preocupação com o aumento da ocorrência de cianobactérias em mananciais é a sua potencial capacidade de produzir e liberar cianotoxinas para o meio líquido (MORENO et al., 2011).

A exposição de seres humanos as cianotoxinas podem ocorrer por diversas vias: Contato dermal, inalação, ingestão oral, intravenosa (hemodiálise) e através da bioacumulação na cadeia alimentar (CALIJURI; ALVES; SANTOS, 2006).

Existem cerca de 40 gêneros de cianobactérias descritos como produtores de cianotoxinas nocivas, podendo este número estar subestimado mediante dificuldades relacionadas à identificação taxonômica (CARMICHAEL, 2008). Os principais gêneros tóxicos descritos são: *Microcystis*, *Cylindrospermopsis*, *Dolichospermum*, *Nodularia*, *Oscillatoria*, *Trichodesmium*, *Schizothrix*, *Lyngbya* (DI BERNARDO; MINILO; DANTAS, 2010).

Conforme suas estruturas químicas, as cianotoxinas podem ser incluídas em três grandes grupos bioquímicos: os peptídeos cíclicos, os alcalóides e os lipopolissacarídeos (LPS). Entretanto, por suas ações toxicológicas em mamíferos as cianotoxinas são classificadas como hepatotoxinas, neurotoxinas e dermatotoxinas (CHURRO; DIAS; VALÉRIO, 2012), sendo as últimas produzidas por cianobactérias em geral (CALIJURI; ALVES; SANTOS, 2006).

Dentre as cianotoxinas, as hepatotoxinas, são as causadoras mais comuns das intoxicações. São produzidas pelos gêneros: *Microcystis*, *Dolichospermum*, *Plankthotrix* e *Nodularia* (DI BERNARDO; MINILO; DANTAS, 2010). Apresentam ação mais lenta, causando a morte em poucas horas ou poucos dias, em decorrência de hemorragia intra-hepática e choque hipovolêmico (AZEVEDO, 1994). As principais hepatotoxinas são as microcistinas e as nodularinas. Essas cianotoxinas penetram nos hepatócitos por meio de receptores de ácidos biliares e promovem uma desorganização dos filamentos intermediários e dos microfilamentos de actina, que são polímeros proteicos que formam o citoesqueleto do

hepatócito (FALCONER, 1991), o que leva conseqüentemente a perda da arquitetura do fígado e a graves lesões hepáticas. Essas cianotoxinas são também potentes promotores de tumores hepáticos (FALCONER, 1991).

Outra hepatotoxina é cilindrospermopsina, produzidas por diversos gêneros de cianobactérias como: *Aphanizomenon*, *Cylindrospermopsis*, *Raphidiopsis*, *Anabaena* (*Dolichospermum*) e *Umezakia* (DI BERNARDO; MINILO; DANTAS, 2010). Seu mecanismo de ação se dá por inibição da síntese proteica (CHORUS; BARTRAM, 1999).

As neurotoxinas são produzidas por espécies dos gêneros *Dolichospermum*, *Aphanizomenon*, *Oscillatoria*, *Cylindrospermopsis*, *Plankthotrix*, *Trichodesmium* e *Lyngbya* (DI BERNARDO; MINILO; DANTAS, 2010). Afetam as transmissões dos impulsos nervosos, provocando paralisação da atividade muscular e, conseqüentemente, parada cardiorrespiratória (MOLICA; AZEVEDO, 2009). Apresentam uma ação extremamente rápida, provocando a morte de animais entre poucos minutos a poucas horas (MOLICA, 1996). A ação anatoxina-a e homoanotoxina-a se dá pela ligação irreversivelmente aos receptores de acetilcolina, pois não são degradados pela atividade da acetilcolinesterase, agindo com um bloqueador neuromuscular (CARMICHAEL, 1992; CHORUS; BARTRAM, 1999). Já a anatoxina-a (s) inibe a ação da acetilcolinesterase, impedindo a degradação da acetilcolina ligada a seus receptores. Tanto a anatoxina-a (s), quanto à homoanotoxina-a e anatoxina-a provocam a superestimulação muscular, seguida de fadiga e paralisia, que em músculos respiratórios pode ser letal (MOLICA, 1996).

As saxitoxinas e neosaxitoxinas são neurotoxinas da classe das PSP (Paralytic Shellfish Poison) que atuam pela interrupção da comunicação entre os neurônios e as células musculares, através dos canais de sódio, impedindo a propagação do impulso nervoso e provocando conseqüentemente paralisia muscular (CALIJURI; ALVES; SANTOS, 2006).

As dermatotoxinas são produzidas por todos os gêneros de cianobactérias. São toxinas irritantes ao contato com a pele, que pode acontecer acidentalmente ou durante a prática de esportes aquáticos. São exemplos de dermatotoxinas os lipopolisacarídeos (LPS), debromoaplisiatoxina e lingbiatoxina e lingbiatoxina-a (CHORUS; BARTRAM, 1999). Os LPS provocam irritação ao contato e as debromoaplisiatoxinas e lingbiatoxinas provocam inflamação. Já lingbiatoxina-a produz dermatite e grave inflamação gastrointestinal (DI BERNARDO; MINILO; DANTAS, 2010).

Problemática das Cianobactérias

A maior parte das cianotoxinas não é removida pelo tratamento convencional, utilizado na maioria das estações de tratamento de água no Brasil. E ainda podem ter a concentração aumentada durante o processo, devido à lise das células, principalmente do lodo acumulado nos decantadores, ocasionando a liberação de quantidades significativas das toxinas presentes no interior das células. Tais ações podem causar exposições agudas às toxinas e dessa forma, a água potável pode ser uma das principais fontes de exposição do homem às cianotoxinas, ao longo do tempo (HOEGGER et al., 2004, 2005).

As ocorrências de intoxicações humanas pelo consumo oral de água contaminada com cepas de cianobactérias toxigênicas já foram descritas na Austrália, Inglaterra, Índia, Bangladesh, Rússia, Noruega, China, Estados Unidos, Canadá e África do Sul (WILLIAMS et al., 1997; PINHO et al., 2003; HAMILTON et al., 2005.).

No Brasil, o estudo de Teixeira et al., (1993) mostra uma forte correlação entre a ocorrência florações de cianobactérias, no reservatório de Itaparica (Bahia) e a morte de 88 pessoas, entre 200 intoxicadas, pelo consumo de água do reservatório, entre março e abril de 1988.

O primeiro caso confirmado de mortes humanas causadas por uma toxina produzida por cianobactérias no Brasil ocorreu em Caruaru (Pernambuco) (CARMICHAEL et al., 2001). Conforme o mesmo autor, em 1996, 123 pacientes renais crônicos, após terem sido submetidos a sessões de hemodiálise em uma clínica da cidade de Caruaru (PE), apresentam um quadro clínico compatível com grave hepatotoxicose, que a princípio não era associada com nenhum dos fatores usualmente tidos como causadores deste tipo de intoxicação. Destes, 54 vieram a falecer até cinco meses após o início dos sintomas. De acordo com informações fornecidas pela Secretaria de Saúde do Estado de Pernambuco, a referida clínica recebia água sem tratamento completo e usualmente era feita cloração no próprio caminhão tanque utilizado para transportar a água, em períodos de falha no abastecimento pela rede pública, além de haver falhas no sistema de filtração por membranas da própria clínica de hemodiálise (AZEVEDO et al., 2002).

Além da exposição à ingestão das cianotoxinas na água servida, outra importante via de contaminação é o consumo de organismos aquáticos, uma vez que cianotoxinas podem se acumular em seus tecidos (MAGALHÃES et al., 2003).

A produção de toxinas por cianobactérias pode ter uma importância ecológica muito grande, devido ao potencial impacto do seu efeito afetando desde o nível do piconanoplânctônico até os níveis tróficos superiores (FALCONE, 2001). Associada a essa

problemática agrega-se a preocupante possibilidade das cianotoxinas serem bioacumuladas nos organismos superiores da cadeia alimentar aquática (VASCONCELOS, 1999; BUYNDER et al., 2001; MAGALHÃES et al., 2003).

A bioacumulação de cianotoxinas já foi observada em diversos organismos aquáticos como peixes (MAGALHÃES et al., 2003; SOARES; MAGALHÃES; AZEVEDO, 2004; CHEN et al., 2006; ADAMOVSKEÝ et al., 2007; BERRY et al., 2011), moluscos (CHEN; XIE, 2007; GÉRARD; BRINT; ROUZIC, 2005; BERRY; LIND, 2010) e Zooplâncton (FERRÃO-FILHO; KOZLOWSKY-SUZUKI; AZEVEDO, 2002).

Estudos realizados por Sipiä et al., (2001) na região do Mar Báltico, constataram a bioacumulação de nodularinas no músculo de pescado comercializados na região, com níveis máximos de 140 µg/kg. Buynder et al., (2001) constatou o efeito de bioacumulação dessa mesma cianotoxina no pescado durante florescimentos de cianobactérias tóxicas nos Lagos Gippsland (Austrália), com níveis variando de 250 µg/kg no músculo de pescado, 1.100 µg/kg em camarões e 1.500 µg/kg em moluscos. Mohamed et al., (2003) reportam a bioacumulação de microcistinas em diferentes porções do corpo em exemplares de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) cultivados em tanques de piscicultura no Egito, cujos níveis quantificados desta hepatotoxina no músculo variaram de 45,7 a 102 ng/g por peso corpóreo.

No Brasil, os estudos sobre bioacumulação de cianotoxinas estão voltados mais para os peixes (MAGALHÃES et al., 2001, 2003; SOARES, MAGALHÃES; AZEVEDO, 2004; DEBLOIS et al., 2008; DEBLOIS; GIANI; BIRD, 2011), sendo realizados em sua maioria em escala de bancada. No entanto, surge a necessidade de estudos *in situ*, uma vez que fatores ambientais como o grau de trofia de um corpo aquático (KOZLOWSKY-SUZUKI; WILSON; FERRÃO-FILHO, 2012) e a temperatura (ADAMOVSKEÝ et al., 2007) pode influenciar na toxicocinética de acumulação e depuração de cianotoxinas no meio natural. Além disso, a acumulação e depuração das cianotoxinas nos peixes podem variar de acordo com seu tipo de dieta, estágio de vida ou com o tipo de cianotoxina presente em seus tecidos (CHEN et al., 2006; MALBROUCK; KESTEMONT, 2006; DEBLOIS et al., 2008).

Frente à elevada frequência das florações de cianobactérias potencialmente toxigênicas no Brasil, há a necessidade de medidas de gestão que visem à proteção dos corpos de água e a redução da proliferação de cianobactérias, sobretudo em reservatórios de usos múltiplos, que contemplam o abastecimento público. Por esta razão, a Portaria 2.914 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, estabelece o monitoramento sistemático das águas dos mananciais no ponto de captação com frequência

mensal ou semanal, em função da densidade de cianobactérias e, quando necessário, exige a determinação dos níveis de cianotoxinas na água.

Ainda conforme a Portaria 2.914/11, em complementação ao monitoramento, recomenda-se a análise de clorofila-a da água do manancial, com frequência semanal, como indicador de potencial aumento da densidade de cianobactérias. Quando a concentração de clorofila-a em duas semanas consecutivas tiver seu valor duplicado ou mais, deve-se proceder nova coleta de amostra para quantificação de cianobactérias no ponto de captação do manancial, para a reavaliação da frequência de amostragem de cianobactérias.

CONCLUSÕES

As cianobactérias tem apresentado dominância nos ambientes aquáticos e tendem a persistirem, tornando-se um problema preocupante, em virtude de vários gêneros serem capazes de formar florações e produzirem toxinas que podem afetar tanto a biota aquática como seres humanos. Outro fator relevante é o fato de que as cianotoxinas não serem removidas pelo sistema de tratamento convencional de água, além de poderem ter sua concentração aumentada durante o processo, em virtude da lise celular, principalmente do lodo acumulado nos decantadores, ocasionando a liberação de quantidades significativas das toxinas presentes no interior das células, onde dessa forma, a água “potável” funciona como fonte de exposição à população, fazendo-se necessário, o monitoramento da água de forma estabelecida pela portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde, a fim de evitar riscos potenciais adversos à saúde humana e garantir o controle da qualidade da água oferecida à população.

REFERÊNCIAS

ADAMOVSÝ, O.; KOPP, R.; HILSCHEROVÁ, K.; BABICA, P.; PALÍKOVÁ, M.; PASKOVA, V.; NAVRÁTIL, S.; MARŠÁLEK, B.; BLÁHA, L. Microcystin kinetics (bioaccumulation and elimination) and biochemical responses in common carp (*Cyprinus carpio*) and silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) exposed to toxic cyanobacterial blooms. *Environmental Toxicology And Chemistry*, v. 26, n. 12, p.2687-2693, 2007.

AZEVEDO, S. M. F. O.; CARMICHAEL, W. W.; JOCHIMSEN, E. M.; RINEHART, K. L.; LAU, S.; SHAW, G. R.; EAGLESHAM, G. K. Human intoxication by microcystin during renal dialysis treatment in Caruaru-Brasil. *Toxicology*, v. 181, p. 441-446, 2002.

AZEVEDO, S. M. F. O. Toxinas de cianobactérias: causas e conseqüências para a saúde pública. *Medicina on line*, v. 3, n. 1, p. 1-19, 1998.

AZEVEDO, S. M. F. O.; EVANS, W. R.; CARMICHAEL, W. W.; NAMIKOSHI, M. First Report of *microcystis* from a Brazilian isolate of the cyanobacterium *Microcystis aeruginosa*. **Journal of Applied Phycology**, v. 6, n. 3, p. 261-265, 1994.

AZEVEDO, S. M. F. O.; CARMICHAEL, W. W.; JOCHIMSEN, E. M.; RINEHART, K. L.; LAU, S.; SHAW, G. R.; EAGLESHAM, G. K. Human intoxication by microcystin during renal dialysis treatment in Caruaru-Brasil. **Toxicology**, v. 181, p. 441-446, 2002.

BRANDÃO, L. H.; DOMINGOS, P. Fatores Ambientais para a Floração de Cianobactérias Tóxicas. **Revista Saúde & Ambiente**, v.1, n.2, p.40-50, 2006.

BERRY, J. P.; LEE, E.; WALTON, K.; WILSON, A.E.; BERNAL-BROOKS, F. Bioaccumulation of microcystins by fish associated with a persistent cyanobacterial bloom in lago de Patzcuaro (Michoacan, Mexico). **Environmental Toxicology And Chemistry**, v. 30, p.1-8, 2011.

BERRY, J. P.; LIND, O. First evidence of “paralytic shellfish toxins” and cylindrospermopsin in a Mexican freshwater system, Lago Catemaco, and apparent bioaccumulation of the toxins in “tegegolo” snails (*Pomacea patula catemacensis*). **Toxicon**, v. 55, n. 5, p. 930-938, 2010.

BRASIL, Ministério da Saúde. Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html>. Acesso em 12 de Maio de 2016.

BUYNDER, R. G.; OUGHTRED, T.; KIRKBY, B.; PHILLIPS, S.; THOMAS, K.; BURCH, M. Nodularin Uptake by Seafood During a Cyanobacterial Bloom. **Environmental Toxicology**, v. 16, n. 6, p. 468-471, 2001.

CALIJURI, M. C.; ALVES, M. S. A.; SANTOS, A. C. A. Cianobactérias e cianotoxinas em águas continentais. São Carlos: Rima, 2006.

CAMACHO, F. P.; STROHER, A. P; MORETI, L.; SILVA, F. A. DA; WURZLE, G. T.; NISHI, L.; BERGAMASCO, R. Remoção de Cianobactérias e Cianotoxinas em águas de Abastecimento pela Associação de Flotação por Ar Dissolvido e Nanofiltração. **e-xacta**, v. 5, n. 2, 2012.

CARMICHAEL, W. A world overview - One-hundred-twenty-seven years of research on toxic cyanobacteria - Where do we go from here?. In: **Cyanobacterial harmful algal blooms: State of the science and research needs**. Springer New York, 2008. p. 105-125.

CARMICHAEL, W.W.; AZEVEDO, S. M. F. O.; AN, J. S.; MOLICA, R. J. R.; JOCHIMSEN, E.M.; LAU, S., RINEHART, K.L.; SHAW, G.R.; EAGLESHAM, G.K. Human fatalities from cyanobacteria: chemical and biological evidence for cyanotoxins. **Environmental Health Perspect**, v.109, n. 7. P.663, 2001.

CARMICHAEL, W. W. Cyanobacteria secondary metabolites - the cyanotoxins. **Journal of applied bacteriology**, v. 72, n. 6, p. 445-459, 1992.

CHEN, J.; XIE, P. Microcystin accumulation in freshwater bivalves from lake Taihu, China, and the potential risk to human consumption. **Environmental Toxicology And Chemistry**, v. 26, n. 5, p. 1066-1073, 2007.

CHEN, J.; XIE, P.; ZHANG, D.; LEI, H. In situ studies on the bioaccumulation of microcystins in the phytoplanktivorous silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) stocked in Lake Taihu with dense toxic *Microcystis* blooms. **Aquaculture**, v. 261, n. 3, p. 1026-1038, 2006.

CHORUS, I.; BARTRAM, J. Toxic cyanobacteria in water: A guide to their public health consequences, monitoring and management. Spon Press, 1999.

CHURRO, C.; DIAS, E.; VALÉRIO, E. Risk Assessment of Cyanobacteria and Cyanotoxins, the Particularities and Challenges of *Planktothrix* spp. Monitoring. Luo, Y. (Ed.), Novel Approaches and Their Applications in Risk Assessment. INTECH Open Access Publisher, p. 59-85, 2012.

DEBLOIS, C. P.; ARANDA-RODRIGUEZ, R.; GIANE, A.; PASSÁRO, D. F. Microcystin accumulation in liver and muscle of tilapia in two large Brazilian hydroelectric reservoirs. **Toxicon**, Austrália, v. 51, p.435-448, 2008.

DEBLOIS, C. P.; GIANI, A.; BIRD, D. F. Experimental model of microcystin accumulation in the liver of *Oreochromis niloticus* exposed subchronically to a toxic bloom of *Microcystis* sp. **Aquatic Toxicology**, v. 103, p.63-70, 2011.

DI BERNARDO, L.; MINILLO, A.; DANTAS, A. D. B. Florações de algas e de cianobactérias: suas influências na qualidade da água e nas tecnologias de tratamento. Volume1. São Carlos: LDiBe, 2010.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. 2º edição. Rio de Janeiro: Interciência, 2011.

FALCONER, I. R.; HAMPAGE, A. R. Health Risk Assessment of Cyanobacterial (Blue-green Algal) Toxins in Drinking Water. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 2, n. 1, p. 43-50, 2005.

FALCONER, I. R. Toxic cyanobacterial bloom problems in Australian waters: risks and impacts on human health. **Phycologia**, v 40, n. 3, p. 228-233, 2001.

FALCONER, I. R. Tumor Promotion and Liver Injury Caused by Oral Consumption of Cyanobacteria. **Environmental Toxicology and Water Quality**, v. 6, n. 2, p.177-184, 1991.

FERRÃO-FILHO, A. S.; KOZLOWSKY-SUZUKI, B.; AZEVEDO, S. M. F. O. Accumulation of microcystins by a tropical zooplâncton community. **Aquatic Toxicology**, v. 59, n. 3, p. 201-208, 2002.

FROSCIO, S. M.; HUMPAGE, A. R.; WICKRAMASINGHE, W.; SHAW, G.; FALCONER, I. R. Interaction of the cyanobacterial toxin cylindrospermopsin with the eukaryotic protein synthesis system. **Toxicon**, v. 51, n. 2, p. 191-198, 2008.

GÉRARD, C.; BRIENT, L. ; ROUZIC, B.L. Variation in the Response of Juvenile and Adult Gastropods (*Lymnaea stagnalis*) to Cyanobacterial Toxin (Microcystin-LR). **Environmental Toxicology**, v. 20, n. 6, p.592-596, 2005.

HAMILTON, P. B; LEY, L. M.; DEAN, S.; PICK, F. R. The occurrence of the cyanobacterium *Cylindrospermopsis raciborskii* in Constance Lake: an exotic cyanoprokaryote new to Canada. **Phycologia**, v. 44, n. 1, p. 17-25, 2005.

HOEGER S. J.; HITZFELD, B.C.; DIETRICH, D.R. Occurrence and Elimination of Cyanobacterial Toxins in Drinking Water Treatment Plants. **Toxicology and Applied Pharmacology**, v. 203, n. 3, p. 231-242, 2005.

HOEGER S. J.; SHAW, G.; HITZFELD, B.C.; DIETRICH, D.R. Occurrence and Elimination of Cyanobacterial Toxins in Two Australian Drinking Water Treatment Plants. **Toxicon**, v. 43, n. 6, p. 639-649, 2004.

KOZLOWSKY-SUZUKI, B.; WILSON, A. E.; FERRÃO-FILHO, A. S. Biomagnification or biodilution of microcystins in aquatic foodwebs? Meta-analyses of laboratory and field studies. **Harmful Algae**, v. 18, p. 47-55, 2012.

MAGALHÃES, V. F.; MARINHO, M. M.; DOMINGOS, P.; OLIVEIRA, A. C.; COSTA, S. M.; AZEVEDO, L. O.; AZEVEDO, S. M. F. O. Microcystins (Cyanobacteria hepatotoxins) bioaccumulation in fish and crustaceans from Sepetiba Bay (Brasil, RJ). **Toxicon**, v. 42, n. 3, p. 289-295, 2003.

MAGALHÃES, V. F.; SOARES, R. M.; AZEVEDO, S. M. F. O. Microcystin contamination in fish from the Jacarepaguá Lagoon (RJ, Brazil): Ecological implication and human health risk. **Toxicon**, v. 39, n. 7, p. 1077-1085, 2001.

MOHAMED, Z. A., CARMICHAEL, W. W., HUSSEIN, A. A. Estimation of microcystins in the freshwater fish *Oreochromis niloticus* in an Egyptian fish farm containing a *Microcystis* bloom. **Environmental Toxicology**, v. 18, n. 2, p. 137-141, 2003.

MALBROUCK, C.; KESTEMONT, P. Effects of Microcystins on Fish. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 25, n. 1, p. 72-86, 2006.

MOLICA, R.; AZEVEDO, S. M. F. O. Ecofisiologia de cianobactérias produtoras de cianotoxinas. **Oecologia Brasiliensis**, v. 13, n. 2, p. 229-246, 2009.

MOLICA, R. J. R. Efeitos da intensidade luminosa no crescimento e produção de microcistinas em duas cepas de *Microcystis aeruginosa* Kütz. emend. Elenkin (Cyanophyceae). 1996, 88 f. **Dissertação** (Mestrado Biotecnologia Vegetal) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

MORENO, I. M.; HERRADOR, M. A.; ATENCIO, L.; PUERTO, M.; GONZALEZ, A. G.; CAMEAN, A. M. Differentiation between microcystin contaminated and uncontaminated fish by determination of unconjugated MCs using an ELISA anti-adda test based on receiver-operating characteristic curves threshold values: Application to *Tinca tinca* from natural ponds. **Environmental Toxicology**, v. 26, n. 1, p. 45-56, 2011.

PINHO, G. L. L.; MOURA DA ROSA, C.; YUNES, J. S.; LUQUET, C. M.; BIANCHINI, A. Toxic effects of microcystins in the hepatopancreas of the estuarine crab *Chasmagnathus granulatus* (Decapoda, Grapsidae). **Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology**, v. 135, n. 4, p. 459-468, 2003.

SIPIÄ, V.; KANKAANPÄÄ, H.; LAHTI, K. ; CARMICHAEL, W.W. ; MERILUOTO, J. Detection of nodularin in flounders and cod from the Baltic Sea. **Environmental toxicology**, v. 16, n. 2, p. 121-126, 2001.

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. **Aquatic Toxicology**, v.70, p.1-10, 2004.

TEIXEIRA, M. da G. L. C.; COSTA, M da C. N. C.; DE CARVALHO, V. L. P.; PEREIRA, M. dos S.; HAGER, E. Gastroenteritis epidemic in the área of the Itapiraca, Bahia, Brazil. **Bulletin of PAHO**, v. 27, n. 3, p.244-253, 1993.

YOO, R. S.; CARMICHAEL, W. W.; HOEHN, N.; HURDEY, R. C. S. E. Cyanobacterial (blue-green algal) toxins: a resource guide. Denver: WWA Foundation and the American Water Works Association, 1995.

VASCONCELOS, V. M. Cyanobacterial toxins in Portugal: effects on aquatic animals and risk for human health. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 32, n. 3, p. 249-254, 1999.

WILLIAMS, D. E.; DAWE, S. C.; KENT, M. L.; ANDERSEN, R. J.; CRAIG, M.; HOLMES, C. F. Bioaccumulation and clearance of microcystins from salt water mussels, *Mytilus edulis*, and in vivo evidence for covalently bound microcystins in mussel tissues. **Toxicon**, v. 35, n. 11, p. 1617-1625, 1997.