

CIANOBACTÉRIAS E SUAS CIANOTOXINAS: efeitos sobre a saúde pública

CYANOBACTERIA AND THEIR CYANTOTOXINS: effects on public health

VÍRGÍNIA DA SILVA REZENDE¹, JOANA DARC S. CHAVES²

Resumo:

Introdução: Cianobactérias ou cianofíceas são organismos procariontes clorofilados que conferem a coloração verde nos corpos d' água, formando um tapete. Possuem diversas espécies e grande parte produz toxinas conhecidas como cianotoxinas. Existem vários tipos de cianotoxinas que são classificadas de acordo com o seu mecanismo de ação, podendo ser dermatotóxicas, hepatotóxicas ou neurotóxicas. Quando estão presentes em mananciais utilizados para o consumo humano, cada uma possui parâmetros de concentração aceitável para a ingestão, pois são prejudiciais à saúde podendo levar ao óbito de indivíduos. **Objetivo:** Revisar sobre as florações de cianobactérias na saúde e o efeito de suas cianotoxinas na saúde pública. **Métodos:** esta pesquisa foi um estudo de revisão de literatura e análise crítica abordando trabalhos na língua inglesa e portuguesa pesquisados eletronicamente no banco de dados como Pubmed, Lilacs, Scielo e Bireme. **Desenvolvimento:** O excesso de cianobactérias na água é chamado de floração, que pode ocorrer de maneira natural, mas se intensifica através do processo de eutrofização artificial, causando mal odor na água, podendo ser prejudicial à saúde de quem a ingere, pois pode conter cianotoxinas, causadoras de intoxicação. Na legislação vigente existem parâmetros para avaliar a qualidade da água em relação à concentração de cianobactérias e de suas cianotoxinas. **Considerações finais:** Elevadas concentrações de cianotoxinas nos corpos hídricos são prejudiciais ao organismo humano e normas de prevenção são essenciais para manter o seu controle.

Descritores: Tratamento de água. Eutrofização. Microcistina. Floração.

Introduction: Cyanobacteria or cyanophytes are chlorophyll prokaryotic organisms that give a green color in the bodies of water, forming a mat. They have several species and most produce toxins known as cyanotoxins. There are several types of cyanotoxins that are classified according to their mechanism of action, which may be dermatotoxic, hepatotoxic or neurotoxic. When they are present in water sources used for human consumption, each one has acceptable

¹ Acadêmica do Curso de Biomedicina do Centro Universitário Presidente Antônio Carlos-UNIPAC - JUIZ DE FORA-MG.

² Professora do Curso de Biomedicina do Centro Universitário Presidente Antônio Carlos-UNIPAC - Doutora

intake parameters, as they are harmful to health and can lead to the death of individuals. **Objective:** To review the health of cyanobacteria blooms and the effect of their cyanotoxins on public health. **Methods:** This research was a literature review and critical analysis study addressing works in English and Portuguese searched electronically in the database such as Pubmed, Lilacs, Scielo and Bireme. **Development:** Excess cyanobacteria in water is called flowering, which can occur naturally, but intensifies through the process of artificial eutrophication, causing bad odor in water, and may be harmful to the health of the person who eats it, as it may contain cyanotoxins, causing poisoning. In current legislation there are parameters to evaluate water quality in relation to the concentration of cyanobacteria and their cyanotoxins. **Final Considerations:** High concentrations of cyanotoxins in water bodies are harmful to the human body and prevention standards are essential to maintain its control.

Keywords: Water treatment. Eutrophication. Microcystin. Flowering.

INTRODUÇÃO

Cianobactérias, também conhecidas como algas azuis ou cianofíceas, são microrganismos procariontes, Gram-negativas e fotossintetizantes. São encontradas tanto em ambientes aquáticos como em ambientes terrestres. Um dos maiores problemas enfrentados na saúde pública são as florações de cianobactérias na água e a liberação das cianotoxinas, o que acarreta diversos problemas no consumo de água e nas atividades humanas devido à contaminação através dessas toxinas produzidas.¹ As crianças são mais suscetíveis a intoxicação devido ao seu peso corpóreo e por geralmente consumirem mais água que um adulto. As saxitoxinas (neurotoxinas) e microcistinas (hepatotoxina) são alguns tipos de cianotoxinas produzidas nas florações de cianobactérias na água. Os efeitos tóxicos irão depender de diversos fatores como a quantidade de dose ingerida, via de contaminação e estado de saúde prévio.²

Essas florações vêm aumentando devido a impactos causados pelo homem, com poluentes de esgotos domésticos e industriais principalmente, levando ao processo de eutrofização artificial. A eutrofização é causada pelo aumento de nutrientes acarretando na elevação da população de microrganismos nos corpos hídricos. Esses nutrientes, principalmente o nitrogênio e o fósforo fazem com que o ecossistema passe da condição de oligotrófico e mesotrófico para eutrófico ou hipereutrófico.³

Há evidências de que a soma de nutrientes favoráveis e as temperaturas nos períodos estivais, períodos do verão, favorecem as florações de cianobactérias em ambientes lênticos, ou seja, as florações podem ser mais recorrentes de acordo com o clima.⁴

A produção e elevação de toxinas e outros metabólicos nos corpos d'água inibem o crescimento de predadores primários, fazendo com que estes prefiram outras microalgas, por exemplo, diminuindo assim os demais organismos fitoplanctônicos. Sendo assim, as cianobactérias se tornam muitas vezes, por esse motivo, os únicos fitoplanctônicos dominantes.⁵

A legislação brasileira estabelece o padrão de cianotoxinas da água para o consumo humano. De acordo com a Portaria de Consolidação nº5/17 do Ministério da Saúde, o valor máximo permitido para microcistinas é de 1µg/L e para saxitoxinas é de 3µg/L equivalente STX/L. O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) através da resolução nº 357/05 também estabelece padrão para cianotoxinas dependendo o enquadramento da classe dos corpos d'água.³

O objetivo desse trabalho foi realizar um estudo sobre as florações de cianobactérias e descrever as principais cianotoxinas produzidas pelas mesmas e como elas afetam a saúde pública.

MÉTODOS

Esta pesquisa referiu-se a um estudo de revisão bibliográfica sobre a ocorrência de cianobactérias por meio de trabalhos pesquisados eletronicamente por meio do banco de dados Bireme, Scielo, Lilacs, Usp, livros e dissertações. Foram selecionados trabalhos da literatura médica inglesa e portuguesa, publicados no período de 1993 a 2019.

Foram utilizados para busca os seguintes descritores: tratamento de água, florações, eutrofização artificial, mananciais, microcistina e saxitoxinas.

CIANOACTÉRIAS

As cianobactérias são microrganismos aeróbios fotoautotróficos, que necessitam de dióxido de carbono, substâncias inorgânicas, luz e água. Sua organização e eficiência é muito semelhante às bactérias, mas realizam fotossíntese, como as algas, porém distinguem-se destas por várias características.⁷ São consideradas um dos primeiros microrganismos produtores

de matéria orgânica a liberarem oxigênio elementar na atmosfera primitiva a cerca de 3,5 bilhões de anos.¹ A reprodução é assexuada e ocorre por simples divisão binária, também pela produção de endósporos ou exósporos.⁷

Possuem uma morfologia diversificada apresentando formas unicelulares, coloniais, filamentosas ou pseudo paraquimentosas, de dimensões micro e macroscópicas. Seu habitat preferido são as águas doces por apresentarem as condições mais favoráveis para o seu desenvolvimento. Se desenvolvem melhor em águas neutroalcalinas (pH 6-9), em temperatura entre 15°C a 30°C e alta concentração de nutrientes, principalmente de nitrogênio e fosforo.⁸

As cianobactérias quando se encontram em um ambiente com escassez de nutrientes, apresenta medidas para sobrevivência. Algumas espécies são capazes de produzir acinetos e heterocistos e outras apresentam o mecanismo de clorose, que é a degradação reversível de seus pigmentos fototípicos.⁹

Os acinetos são células consideradas dormentes devido a uma atividade metabólica muito baixa, são resistentes ao frio e a dissecação, mas não ao calor, e como os esporos das bactérias são capazes de germinar quando as condições são reestabelecidas. Já os heterocistos são responsáveis pelo processo de fixação do nitrogênio atmosférico em resposta a escassez do nitrogênio.⁹

Apesar dos problemas criados pelas cianobactérias como suas toxinas, elas também possuem uma grande importância na economia, por exemplo, nas indústrias farmacêuticas, por possuir uma variedade de aminoácidos em concentrações adequadas para o consumo humano. Contribuem também para a fertilização do solo, pois alguns gêneros são fixadores de nitrogênio molecular aumentando a disponibilidade deste nutriente para a microbiota decompositora do solo, disponibilizando formas acessíveis para as plantas.¹⁰

FLORAÇÕES

As florações de cianobactérias ocorrem de maneira natural e controlada, mas com a eutrofização artificial, ocorre a aceleração e a intensificação desse processo gerando um problema mundial, principalmente, quando as florações atingem os reservatórios de água. As cianobactérias formam um tapete espesso verde ou vermelho que dificulta a entrada da luz interferindo nos processos fotossintéticos dos demais organismos aquáticos. O aumento da população de

cianobactérias altera a qualidade da água, tornando-a com odor desagradável, além de elevar a concentração de cianotoxinas no meio.¹¹

A eutrofização é responsável pelas mudanças no meio aquático, como morte de peixes, redução do oxigênio dissolvido, perda de qualidades e estéticas do meio, além de reduzir o seu potencial para lazer.¹² A intensidade do *bloom* (crescimento) depende de diversos fatores, como a carga de nutrientes, a temperatura e o tempo de retenção de água. No Brasil, a maioria dos reservatórios possuem esses fatores nas condições ideais para que ocorra florações durante o ano todo, intensificando o problema de tratamento de água.¹ O estado trófico da água pode ser classificado como oligotrófico, mesotrófico, eutrófico, hipereutrófico e suas subdivisões ultraoligotrófico e supereutrófico de acordo com a concentração de fósforo total.¹³ As denominações dos estados tróficos da água através da concentração de fósforo total se encontra a seguir no quadro 1.

Quadro 1- Denominações dos estados tróficos da água mediante a concentração de fósforo total.

Denominação	Concentração de fósforo total (µg/L)
Oligotrófico	3,0 a 17,7
Mesotrófico	10,9 a 95,6
Eutrófico	16 a 386
Hipereutrófico	750 a 1200

Fonte: Barão, Filho, Mohedano.¹⁴

O estado oligotrófico possui baixa disponibilidade de fósforo, a eficiência fotossintética (produtividade primária) é reduzida; o estado mesotrófico também apresenta baixos índices de atividade primária; o supereutrófico apresenta uma alta produtividade de baixa transparência, gerando alterações na qualidade da água, principalmente devido as ações antrópicas; e o estado hipereutrófico apresenta elevadas concentrações de matéria orgânica e nutrientes associadas as florações e morte de peixes.¹⁵ A proliferação das cianofíceas ocorre em temperaturas de água em torno de 22°C e a espécie mais encontrada nesse processo é a *Microcystis*, sendo responsável pela produção de toxinas denominadas microcistinas.¹³

As atividades autotróficas que mais contribuem para o *bloom* desses microrganismos, são a rede de esgoto e as produções agrícolas com o uso excessivo de fertilizantes e esterco. Os esgotos domésticos que são lançados nos cursos d'água possuem concentrações elevadas de fósforo e de nitrogênio, que vem aumentando com o uso de detergentes sintéticos, promovendo o desequilíbrio do meio, gerando a multiplicação das cianofíceas em relação aos outros microrganismos presentes já que é mais resistente à poluição, gerando prejuízos em todo o ecossistema.⁷

Um dos primeiros casos de florações de cianobactérias que causou intoxicação foi em 1878 em Alexandria na Austrália. A água se encontrava com um odor desagradável e com espuma, levando à morte de diversos animais. Na Austrália em 1979, estima-se que foram notificados cerca de 150 casos de hepatotoxicidade que causou a morte de diversas pessoas. Os indivíduos consumiam água da represa Solomon, contaminada pela cianobactéria *Cylindropermpsis racibrskii*. O estado clínico apresentado era diarreia, vômitos, desidratação e anorexia.¹

No Brasil, estudos demonstraram que cerca de 75% das florações ocorrem nos de Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Amazonas, Bahia e Distrito Federal são constituintes de espécies de cianobactérias produtoras de cianotoxinas.¹⁶

Em março de 1988 também ocorreu contaminação por cianobactérias em Paulo Afonso, Bahia. Foram registrados mais de 2.000 casos de gastroenterite grave e 88 mortes. Após as investigações foi verificado que a causa da intoxicação veio da água contaminada por cianobactérias do reservatório Itaparica.¹⁷

O caso mais conhecido foi em Caruaru/PE em uma clínica de hemodiálise em 1996. Mais de 100 pessoas apresentaram problemas na visão, fraqueza muscular, e vômitos e cerca de 73 indivíduos faleceram. Após investigações nos filtros de carvão da clínica, dos equipamentos da clínica, no soro sanguíneo e no tecido hepático dos pacientes constatou-se que a intoxicação foi causada pela água pela cianotoxina microcistina.¹⁸

Na cidade de Juiz de Fora - MG há casos de florações desde 2012 no Museu Mariano Procópio no lago Mapro. O lago Mapro é um lago artificial e era utilizado para recreação. Após os casos de florações foi proibido o acesso dos

turistas ao lago. Varias espécies de cianobactérias foram encontradas no lago como a *Cylindrospermopsis racibrskii*, *Microcystis aerogenosa*.¹⁹

CIANOTOXINAS

As cianotoxinas, são compostos tóxicos produzidas por diversas espécies de cianobactérias, e seus efeitos podem ser dermatotóxicos, hepatotóxicos e neurotóxicos. Essas toxinas geralmente são liberadas na água quando ocorrem a lise celular das cianobactérias.¹⁹

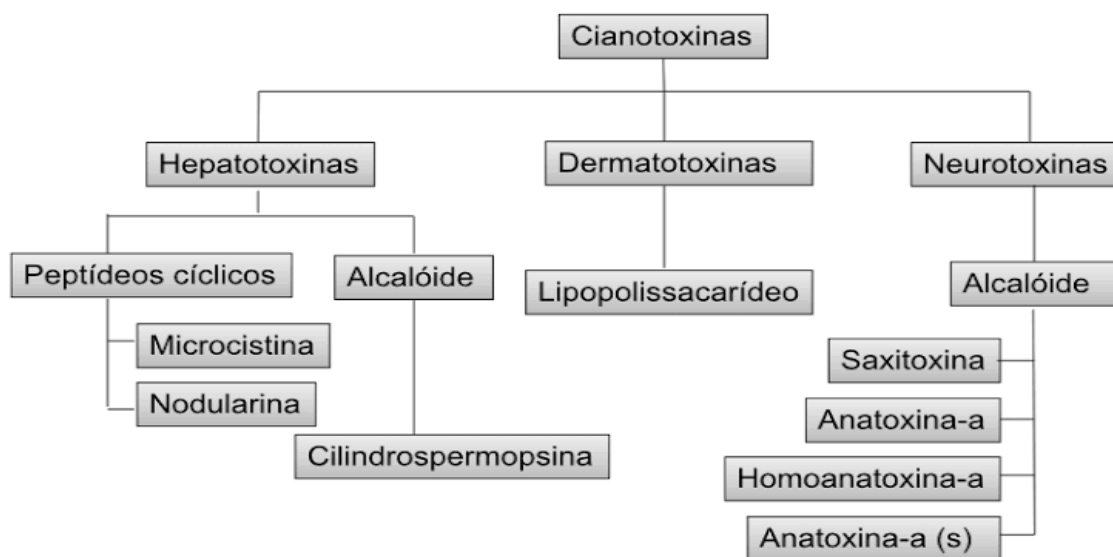
No entanto, nem todas as cepas de cianobactérias produzem as cianotoxinas. Estudos demonstram a existência de um gene que codifica para a enzima microcistina sintetase, responsável pelo processo de biossíntese da cianotoxina microcistina. Embora este gene esteja presente em cianobactérias não produtoras de toxinas, é provável que este se encontre em estado inativo. Mesmo não produzindo toxinas, as espécies que possuem esse gene devem ser classificadas como produtores tóxicas.^{20,21}

Na literatura ainda existem duvidas sobre a verdadeira função das cianotoxinas, mas sugere-se que sua produção é um mecanismo de defesa e proteção contra a predação ou alguma exposição química. As cianotoxinas são influenciadas por diversos fatores como, a temperatura, salinidade, movimento da água, fase de crescimento, intensidade da luz e competição de recursos.²

Foi observado características semelhantes entre as cepas encontradas no mesmo lugar. As cepas de linhagem australianas e tailandesas caracterizam-se por produzirem cilindrospermopsina enquanto as brasileiras produzem saxitoxinas e microcistinas e as francesas, portuguesas e alemãs produzem outro metabólico semelhante a cilindrospermopsina.²²

As principais cianotoxinas podem ser classificadas de acordo com seu mecanismo de ação como neurotóxicas, hepatotóxicas e dermatotóxicas. Elas são as grandes responsáveis pelo o impacto causado à saúde pública devido ao dano que causam aos animais e humanos que entram em contato com água contaminada com toxinas, sendo para recreação ou para o consumo. O tipo de intoxicação mais comum é através das hepatotoxinas apresentando ação mais lenta, quando comparado as neurotoxinas.⁶ No organograma 1 está representado as principais cianotoxinas separadas de acordo com a ação farmacológica e estrutura química.

Organograma 1- Classificação das cianotoxinas conforme ação farmacológica e estrutura química.



Fonte: Miranda.²³

A intoxicação humana pode ocorrer de diversas maneiras como por inalação, ingestão oral e intravenosa, contato primário com a água contaminada, e ingestão de animais contaminados.⁷ As cianotoxinas não são eliminadas pelo tratamento convencional devido ao tamanho reduzido das moléculas sendo resistente até a fervura. Portanto, a determinação de sua concentração e o monitoramento dessas toxinas em corpos hídricos são indispensáveis.⁶

Tipos de cianotoxinas:

Microcistina.

É a mais encontrada no mundo e é produzida pelos gêneros *Microcystis*, *Anabaena*, *Nodularia*, *Planktothrix*, *Fischbiellha*, *Nostoc*, *Oscillatoria* e *Gloetrichia*.²¹ Sua contaminação pela água pode ser por contato ou oral, e quando o indivíduo fica exposto a altas concentrações, essa cianotoxina pode promover o aumento da apoptose celular, e em baixas concentrações, mas de maneira constante, pode promover a formação de tumores. O órgão mais afetado com essa exposição é o fígado, pois a toxicidade é mais acentuada nos hepatócitos, causando hipóxia devido à obstrução de vasos sanguíneos.²

A toxina chega aos hepatócitos através de receptores biliares promovendo uma desorganização a células podendo provocar uma hemorragia intra-hepática devido à perda de contato entre as células, que são irrigadas pelo sangue¹. O limite de ingestão aceitável de água contaminada é de 1µg/L de acordo com a Portaria de Consolidação nº 5/2017 anexo XX.²³

As microcistinas são muito resistentes, sua toxicidade é mantida mesmo após a fervura da água devido a sua estrutura natureza. Essas cianotoxinas podem permanecer no ambiente estáveis por meses e anos, possuindo hidrólise lenta. Sob a luz solar sua degradação pode ser acelerada, além de serem também degradadas facilmente por bactérias encontradas naturalmente nos ambientes aquáticos.²⁴

Saxitoxina

A saxitoxina pertence ao grupo de alcaloides com propriedades neurotóxicas. Essas propriedades são conhecidas como PSTs (Paralytic Shellfish Toxin) e as intoxicações severas são conhecidas como PSPs (Paralytic Shellfish Poisoning).²⁵ As PSTs são produzidas pelas cianobactérias de água doce dos gêneros *Cylindrospermopsis*, *Dolichospermum*, *Aphanizomeon*, *Planktoth*, *Lynbya* e outros organismos marinhos, como os dinoflagelados.⁸

Esses compostos são encontrados na água ou se acumulam em organismos filtradores que atuam como vetores. Esses organismos não sofrem danos aparentes, mas são capazes de transmitir essa toxina para níveis tróficos superiores. Dentro dos filtradores, as toxinas conseguem ser biotransformadas podendo uma PST menos tóxica passar para um análogo mais tóxico ou vice versa. Esse processo também pode ocorrer através do metabolismo celular.²⁶

Os efeitos clínicos provenientes da ingestão de mariscos são variados, como paralisia, asfixia, náusea e fraqueza muscular. Em casos de intoxicação letal o efeito é agudo, levando ao óbito em 2 á 12 horas após a exposição. Os efeitos sobre o sistema nervoso central ainda estão sendo exploradas, mas existem relatos de efeitos amnésicos e diminuição no processo de aprendizagem.² Essas neurotoxinas afetam as resistências das membranas, afetando a permeabilidade ao potássio através da inibição da condução nervosa por bloqueamento do canal de sódio. Não se sabe ao certo qual a quantidade de consumo de água contaminada por essa cianotoxina é necessário para uma

dose letal, mas de acordo com a Portaria e Consolidação nº 5/2017 do anexo XX é em torno de 3µg/L.²⁷

LEGISLAÇÃO

A Portaria de Consolidação nº 05/17 de acordo com o Ministério da Saúde, determina que mananciais utilizados para o consumo público devem ser monitorados todo o mês, sendo o limite de 10.000 células por mL. Se o número de células for superior a este limite, o monitoramento passa a ser feito semanalmente. Em casos de microcistinas o monitoramento é obrigatório nas águas saídas imediatamente do abastecimento e em clínicas de hemodiálise e indústrias de injetáveis.²⁸

De acordo com o Conselho Nacional do Meio Ambiente a resolução nº 357/05 dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento.²⁹

O Art.14 estabelece as águas doces de classe I são destinadas ao consumo humano após um tratamento simplificado (clarificação por meios de filtração e desinfecção e correção de pH), a proteção das comunidades aquáticas e a recreação de contato primário, tais como natação e mergulho e a irrigação de hortaliças. O parâmetro de densidade de cianobactérias é até 20.000 cel./mL e de fósforo até 0,025mg/L; as águas doces de classe II são destinadas ao consumo humano após um tratamento convencional (clarificação com utilização e floculação, seguida de desinfecção e correção de pH), a proteção das comunidades aquáticas, a recreação de contato primário, irrigação de hortaliças, atividade de pesca e a agricultura. Os parâmetros para densidade de cianobactérias é até 50.000 cel./mL e fósforo total até 0,030 mg/L; as águas doces de classe III são destinadas ao abastecimento para consumo após o tratamento convencional ou avançado (constituintes refratários aos processos convencionais) irrigação de culturas arbóreas, pesca amadora e contato secundário tais como navegação e iatismo. Os parâmetros para densidade de cianobactérias são até 100.000 cel./mL e de fósforo total até 0,05 mg/L.²⁹

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As cianobactérias têm efeito sobre a saúde pública devido as suas florações. Alteram a água na estética e prejudicam os demais microrganismos,

causando um desequilíbrio no ambiente. Além disso, esse *bloom* pode conter as cianotoxinas, que são prejudiciais a saúde de animais e de seres humanos que quando atingem os mananciais utilizados para o consumo humano devem ser tratados de acordo com as legislações.

REFERÊNCIAS

1. Cianobactérias tóxicas na água para consumo humano na saúde pública e processos de em água para consumo humano. Brasília: Ascom;2003.
2. Lerche LHM. Proposta de modelo de exposição à saxitoxina em águas de recreação e de abastecimento público do reservatório Itupararanga. 98. [tese]. São Paulo: Universidade de São Paulo; 2018.
3. Oliveira Filho EC, Siqueira B. Cianobactérias de água doce e saúde pública: uma revisão. 20. [monografia]. Brasília: Universidade Ciências da Saúde. 2005
4. Jardim AJ, Sperling EV, Jardim BFM, Almeida KCB. Fatores determinantes das florações de cianobactérias na água do Rio Doce, Minas Gerais. Eng. Sanit. Ambient. 2014.19(3):207-218.
5. Organização das Nações Unidas-ONUBR. Transformando o Nosso Mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. 2015;1-49.
6. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. Cianobactérias/cianotoxinas: Procedimentos de coleta, preservação e análise.[texto da internet] Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador.2015[acesso em : 17 de março de 2019]; v.19-103.Disponível em: : <http://portal.arquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2015/janeiro/16/cianobacterias-cianotoxinas--1-.pdf>
7. Do Nascimento, PB. Cianobactérias como indicadores de poluição nos mananciais abastecedores do sistema Cantareira. [tese]. São Paulo: Universidade Federal de São Paulo; 2010.
8. Melcher, SS. Estudos morfológicos e moleculares de cianobactérias potencialmente tóxicas dos gêneros *Cylindrospermopsis*, *Aphanizomenon* e *Raphidiopsis* (Nostocales). [tese]. São Paulo: Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo; 2007.
9. De Abreu MD. Controle de florações de cianobactérias tóxicas: busca por auto inibidores de crescimento de *Microcystis*. [tese]. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; 2006

10. Paney VD. Cyanobacterial natural products as antimicrobial agentes. Int. Curr. Microbiol.App.Sci. 2015;4(1):310-317.
11. Vieira JMS, Azevedo MT, Azevedo SMFO, Honda RY, Corrêa B. Toxic cyanobacteria and microcystin concentrations in a public water supply reservoir in the Brazilian Amazonia region. Toxicon. 2005; 45:901-909
12. Smith VH, Schindler DW. Eutrophication science: where do we go from here? Trends in Ecology and Evolution.2009 24: 201-207.
13. Mansor MTC. Potencial de poluição de águas superficiais por fontes não pontuais de fósforo na bacia hidrográfica do ribeirão do pinhal. [tese]. Limeira SP: Universidade Estadual de Campinas; 2005.
14. Barão LZ, Filho P, Mohedano R. Avaliação inicial de lagoas de Lemnas com Chicanas na remoção de DQO e fósforo de efluentes domésticos e na fixação de CO₂. [tese]. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina; 2014.
15. Barreto LV, Barros FM, Bonomo P, Rocha FA, da Silva Amorim J. Eutrofização em Rios Brasileiros[tese]. Itapetinga-BA: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia; 2013
16. Ouellette AJ, Handy SM, Wilhelm SW. Toxic *Microcystis* is widespread in Lake Erie: PCR detection of toxin genes and molecular characterization of associated cyanobacterial communities. Microbial Ecology.2006; 51(2): 154-165.
17. Teixeira M, Costa M, Carvalho V, Pereira M, Hage E. Gastroenteritis epidemic in the area of the Itaparica dam, Bahia, Brazil. Bulletin of PAHO.1993;27(3):244-253.
18. Bortoli S, Pinto E. Cianotoxinas: características gerais, históricos, legislação e métodos de análises. Ecologia de Reservatórios e Interfaces. 2015:321-339.
19. Miranda, M. Medidas de mitigação para controle e manejo das florações de cianobactérias em um sistema raso tropical. [tese]. Juiz de Fora: Universidade Federal de Juiz de Fora; 2017.
20. Kamogae M. Monitoramento de microcistina e estudo de parâmetros que favorecem o seu desenvolvimento em represa de Itaipu, Capivari e Três Bocas [tese]. Londrina (PR): Universidade Estadual de Londrina; 2002.
21. Ruvieri V, Shundo L, Alaburda J, Sabino M. Microcistina em água de hemodiálise de clínicas no Estado de São Paulo. Rev. Inst. Adolfo Lutz. 2004;63(2):220-223.
22. Kurmayer R, Christiansen G, Fastner J, B6rner T. Abundance of active and inactive microcystin genotypes in populations of the toxic cyanobacterium *Planktothrix* spp. Environmental Microbiology. 2004;6(8): 831-841.

23. Miranda M. Ocorrência de cianobactérias e cianotoxinas na água de cinco importantes rios no Estado de Minas Gerais Brasil. [tese]. Porto: Faculdade de Ciências da Universidade do Porto; 2014
24. Panosso R, Costa IVS, de Souza NR, Attayde JL, Cunha SR, Costa F, Gomes FCF. 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;11(3):433-449.
25. Leal A, Soares M. Hepatotoxicidade da cianotoxina microcistina. Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical. 2004;37(2):84-89.
26. Barbosa T. Cianobactérias tóxicas e processo de remoção. [tese]. Brasília: Universidade Federal de Minas Gerais; 2009
27. Weise M, Agostino P, Mihali T, Moffit M, Neilan B. Neurotoxic alkaloids: saxitoxin and its analogs marine drugs [periódico da internet]. 2010. [citado 2019 3 set] 8(1): [26]. Disponível em : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2920551/pdf/marinedrugs-08-02185.pdf>
28. BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de novembro de 2017: estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União, n. 59, p. 432-434, 2017.
29. BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005: dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União, nº 053, p.58-63,2005.
- .