

## **Cianobactérias em mananciais urbanos: implicações sanitárias e riscos à saúde pública**

**Ilda Barbosa Garbim**

Pós-Graduanda do PPGG-MP  
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Brasil  
ilda.garbim@unesp.br  
ORCID iD: 0009-0008-3324-8025

**Wilson José Constante Júnior**

Pós-Graduando do PPGG-MP  
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Brasil  
wilson.constante@unesp.br  
ORCID iD: 0000-0002-4342-8619

**Danielli Cristina Granado Romero**

Professora Doutora PPGG-MP  
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Brasil  
danielli.granado@unesp.br  
ORCID iD: 0000-0002-8458-4124

**Fernando Sérgio Okimoto**

Professor Doutor PPGG-MP/FCT/UNESP, PPG-EC/FEIS/UNESP e PRoASaS/FSP/USP  
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Brasil  
fs.okimoto@unesp.br  
ORCID iD: 0000-0003-1385-8316

**1**

Submissão: 02/06/2025

Aceite: 28/07/2025

GARBIM, Ilda Barbosa; CONSTANCE JÚNIOR, Wilson José; ROMERO, Danielli Cristina Granado; OKIMOTO, Fernando Sérgio. Cianobactérias em mananciais urbanos: Implicações sanitárias e riscos à saúde pública. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, [S. l.], v. 13, n. 90, p. e2507, 2025.

DOI: [10.17271/23188472139020256179](https://doi.org/10.17271/23188472139020256179). Disponível

em: [https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/gerenciamento\\_de\\_cidades/article/view/6179](https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/gerenciamento_de_cidades/article/view/6179).

Licença de Atribuição CC BY do Creative Commons <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

## Cianobactérias em mananciais urbanos: implicações sanitárias e riscos à saúde pública

### RESUMO

**Objetivo** - revisão sistemática da literatura sobre as implicações ambientais e os riscos à saúde pública decorrentes da proliferação de cianobactérias, que tem se tornado cada vez mais comum em mananciais urbanos e discutir o potencial de produção de toxinas presente em algumas espécies, que pode comprometer os usos múltiplos da água, em especial, o abastecimento humano. Abordar, também, as causas frequentes de sua proliferação em corpos hídricos e os métodos de prevenção como estratégia para o controle dada a realidade brasileira.

**Metodologia** - revisão narrativa da literatura em bases de alto impacto utilizando palavras-chave individuais e cruzadas em bases como sciedirect, web of Science e outras.

**Originalidade/relevância** - atualização do estado da arte para gerar novos pontos de atenção para novas pesquisas.

**Resultados** - foi realizada uma análise detalhada sobre os riscos que as cianobactérias representam para a saúde humana e animal, com a descrição de diversos sintomas associados à exposição. Independentemente da presença de ações preventivas, destaca-se a necessidade de estabelecer e manter programas contínuos de monitoramento da qualidade da água. Quando a presença de cianobactérias é detectada, recomenda-se a implementação de medidas corretivas, utilizando tecnologias eficazes para controle e remoção desses organismos. Quando a presença de cianobactérias é detectada, recomenda-se a implementação de medidas corretivas, utilizando tecnologias eficazes para controle e remoção desses organismos. Além disso, conclui-se que a gestão do aporte excessivo de nutrientes — provenientes de esgotos domésticos e do escoamento superficial de águas de irrigação, bem como de outras fontes que contribuem com nutrientes para os corpos hídricos — pode ser uma estratégia eficiente e de baixo custo. Por fim, ressalta-se a importância de aprofundar o estudo sobre cianobactérias, abrangendo todos esses aspectos, para desenvolver medidas eficazes de controle e prevenção da sua proliferação.

**Contribuições teóricas/metodológicas** — a revisão bibliográfica contribui para o entendimento do estado atual pesquisa no assunto e permite vislumbrar os caminhos potenciais de novos estudos e novas descobertas na temática.

**Contribuições sociais e ambientais** — permitiu o entendimento dos riscos reais e potenciais da presença das cianobactérias nos mananciais urbanos e a busca de soluções remediativas e proativas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Cianobactérias. Mananciais. Toxicidade. Saúde. Fitoplâncton.

## Cyanobacteria in urban springs: health implications and risks to public health

### ABSTRACT

**Objective** - To conduct a systematic literature review on the environmental implications and public health risks arising from the proliferation of cyanobacteria, which has become increasingly common in urban water sources, and to discuss the toxin production potential present in some species, which can compromise the multiple uses of water, especially for human supply. It also addresses the frequent causes of their proliferation in water bodies and prevention methods as a control strategy given the Brazilian reality.

**Methodology** - A narrative literature review in high-impact databases using individual and combined keywords in databases such as ScienceDirect, Web of Science, and others.

**Originality/Relevance** - Updating the state of the art to generate new points of focus for future research.

**Results** - A detailed analysis was conducted on the risks that cyanobacteria pose to human and animal health, with a description of various symptoms associated with exposure. Regardless of the presence of preventive actions, the need to establish and maintain continuous water quality monitoring programs is highlighted. When the presence of cyanobacteria is detected, the implementation of corrective measures using effective technologies for the control and removal of these organisms is recommended. The presence of cyanobacteria when detected, it is recommended to implement corrective measures using effective technologies for control and removal of these organisms. Furthermore, it is concluded that managing excessive nutrient input—from domestic sewage and surface runoff from irrigation water, as well as from other sources that contribute nutrients to water bodies—can be an efficient and low-

cost strategy. Finally, the importance of deepening the study of cyanobacteria, covering all these aspects, is emphasized to develop effective measures for controlling and preventing their proliferation.

**Theoretical/Methodological Contributions** - The literature review contributes to the understanding of the current state of research on the subject and allows for envisioning potential paths for new studies and discoveries in the field.

**Social and Environmental Contributions** - It allowed for an understanding of the real and potential risks of the presence of cyanobacteria in urban water sources and the search for remedial and proactive solutions.

**KEYWORDS:** Cyanobacteria. Water supply sources. Toxicity. Health. Phytoplankton.

## Cianobacterias en fuentes de agua urbanas: implicaciones sanitarias y riesgos para la salud pública

### RESUMEN

**Objetivo** - Realizar una revisión sistemática de la literatura sobre las implicaciones ambientales y los riesgos para la salud pública derivados de la proliferación de cianobacterias, que se ha vuelto cada vez más común en manantiales urbanos, y discutir el potencial de producción de toxinas presente en algunas especies, que puede comprometer los múltiples usos del agua, en especial, el abastecimiento humano. Abordar, también, las causas frecuentes de su proliferación en cuerpos hídricos y los métodos de prevención como estrategia de control dada la realidad brasileña.

**Metodología** - Revisión narrativa de la literatura en bases de datos de alto impacto utilizando palabras clave individuales y cruzadas en bases como ScienceDirect, Web of Science y otras.

**Originalidad/Relevancia** - Actualización del estado del arte para generar nuevos puntos de atención para futuras investigaciones.

**Resultados** - Se realizó un análisis detallado sobre los riesgos que las cianobacterias representan para la salud humana y animal, con la descripción de diversos síntomas asociados a la exposición. Independientemente de la presencia de acciones preventivas, se destaca la necesidad de establecer y mantener programas continuos de monitoreo de la calidad del agua. Cuando se detecta la presencia de cianobacterias, se recomienda la implementación de medidas correctivas, utilizando tecnologías eficaces para el control y remoción de estos organismos. Cuando se detecta la presencia de cianobacterias, se recomienda la implementación de medidas correctivas, utilizando tecnologías eficaces para el control y remoción de estos organismos. Además, se concluye que la gestión del aporte excesivo de nutrientes —provenientes de aguas residuales domésticas y de la escorrentía superficial de aguas de riego, así como de otras fuentes que contribuyen con nutrientes a los cuerpos hídricos— puede ser una estrategia eficiente y de bajo costo. Finalmente, se resalta la importancia de profundizar el estudio sobre las cianobacterias, abarcando todos estos aspectos, para desarrollar medidas eficaces de control y prevención de su proliferación.

**Contribuciones Teóricas/Metodológicas** - La revisión bibliográfica contribuye a la comprensión del estado actual de la investigación en el tema y permite vislumbrar los caminos potenciales de nuevos estudios y descubrimientos en la temática.

**Contribuciones Sociales y Ambientales** - Permite la comprensión de los riesgos reales y potenciales de la presencia de cianobacterias en los manantiales urbanos y la búsqueda de soluciones remediativas y proactivas.

**PALABRAS CLAVE:** Cianobacterias. Manantiales. Toxicidad. Salud. Fitoplancton.

RESUMO GRÁFICO



## 1 INTRODUÇÃO

As cidades apresentam diversas tipologias de problemas ambientais graves. Dentre elas, destacam-se as interferências sobre os ambientes aquáticos. Tais modificações remontam tempos bem antigos e acompanham o desenvolvimento das civilizações, de acordo com a análise temporal realizada por Braga (2003). Silva et al. (2022) corroboram ao abordar a estreita relação histórica entre os rios e as cidades e as complicações urbanas e ambientais contemporâneas, resultantes de um convívio conflituoso.

A ineficiência dos serviços sanitários está entre as principais pressões da urbanização sobre os recursos hídricos que podem comprometer a qualidade da água e consequentemente, os usos múltiplos. Entre os usos mais prejudicados está o abastecimento público, mas vários outros também podem ser inviabilizados, como a recreação, a dessedentação de animais e a irrigação (Tucci, 2008; Braga, 2003; Tundisi, 2009).

O abastecimento humano e dessedentação de animais são considerados usos mais nobres, estabelecidos como prioritários em situação de escassez, pela Lei Federal N. 9433, de 31 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Meio Ambiente (Brasil, 1997). As águas destinadas ao primeiro fim, devem atender a um rígido padrão de qualidade ambiental, de forma a não oferecer riscos à saúde dos consumidores. O padrão de qualidade para esse fim é estabelecido por meio de norma instituída pelo Ministério da Saúde, sendo denominada Portaria de Potabilidade (Mota, 2008).

Para se adequar às exigências da norma, a água captada nos mananciais, sejam eles subterrâneos ou superficiais, deve passar por um processo de tratamento para se tornar potável. De acordo com Libânio (2016), a potabilização visa adequar a água bruta aos limites físicos, químicos, biológicos e radioativos estabelecidos na legislação, de forma que tornando o efluente da estação não ofereça riscos à população abastecida. A Legislação Ambiental Brasileira, por meio da Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA N. 357, de 17 de março de 2005, em seu artigo 2º, define três tipos de tratamento (Brasil, 2005):

- XXXII - tratamento avançado: técnicas de remoção e/ou inativação de constituintes refratários aos processos convencionais de tratamento, os quais podem conferir a água características, tais como: cor, odor, sabor, atividade toxica ou patogênica;
- XXXIII - tratamento convencional: clarificação com utilização de coagulação e floculação, seguida de desinfecção e correção de pH;
- XXXIV - tratamento simplificado: clarificação por meio de filtração e desinfecção e correção de pH quando necessário (Brasil, 2005).

De forma geral, o tratamento consiste na remoção de partículas suspensas, matéria orgânica, microrganismos e outras substâncias potencialmente prejudiciais à saúde. Assim, as características e qualidade do manancial são determinantes para a definição do tipo de tratamento e escolha da tecnologia a ser empregada (Libânio, 2016).

A Portaria de Potabilidade passa por atualizações, à medida que substâncias ou patógenos preocupam e/ou ameaçam à saúde pública. Atualmente está vigente a Portaria GM/MS N. 888, de 4 de maio de 2021, que altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação

GM/MS nº5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade (Brasil, 2021).

Destaca-se a importância das decisões iniciais ligadas à escolha do manancial, já que na captação, a escolha da água bruta irá afetar todas as etapas subsequentes do sistema de abastecimento. À medida que aumenta a necessidade de monitorar mais parâmetros e diminuir as concentrações permitidas de contaminantes, o processo de tornar a água potável se torna mais complexo, especialmente, em grandes cidades com mananciais poluídos. Assim, fica evidente que o tratamento da água envolve a escolha do manancial e o controle das atividades humanas na área da bacia hidrográfica. Essa relação demonstra a conexão entre a qualidade da fonte de água e a saúde pública (Libânio, 2016).

Desde 29 de dezembro de 2000, a Portaria MS N. 1469 passou a estabelecer, dentre outros requisitos, a obrigatoriedade de monitoramento de microrganismos denominados de cianobactérias, pelas concessionárias de abastecimento de água, sejam públicas ou privadas, a ser realizado no ponto de captação nos mananciais. Essa exigência se deve à ocorrência cada vez mais frequente de proliferação em massa desses organismos, em corpos hídricos ocasionada pelo excesso de nutrientes oriundos de fontes de poluição, que podem inviabilizar vários usos da água, em especial o abastecimento humano, já que várias espécies de cianobactérias podem produzir toxinas. As cianobactérias foram definidas por essa Portaria, como:

...microrganismos procarióticos autotróficos, também denominados como cianofíceas (algas azuis), capazes de ocorrer em qualquer manancial superficial especialmente naqueles com elevados níveis de nutrientes (nitrogênio e fósforo), podendo produzir toxinas com efeitos adversos à saúde (Brasil, 2000).

6

Assim, o presente estudo tem como objetivo discorrer sobre as implicações ambientais e os riscos à saúde pública decorrentes da proliferação de cianobactérias, que tem se tornado cada vez mais comum em mananciais urbanos. Este trabalho contempla ainda, o potencial de produção de toxinas presente em algumas espécies do grupo, que pode comprometer os usos múltiplos da água, em especial, o abastecimento humano. Para alcançar o objetivo foi realizada revisão bibliográfica sistematizada, acerca da temática debatida.

## **2 CIANOBACTÉRIAS E SUAS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS**

As cianobactérias são organismos procarióticos, do ponto de vista da organização celular, ou seja, são células que não apresentam núcleo definido e o material genético encontra-se disperso pelo citoplasma. Além disso, não possuem organelas membranosas. Apesar de sua semelhança com as bactérias, são organismos fotossintetizantes e, portanto, produtores primários. São encontrados em quase todos os ecossistemas concebíveis da Terra, onde desempenham um papel fundamental (Calijuri; Alves; dos Santos, 2006; Reynolds, 1997).

Esses organismos costumam ser muito comuns na maioria dos meios aquáticos, onde vivem suspensos na coluna d'água ou aderidos a substratos. Mas podem também serem encontradas no solo, geleiras e até mesmo em ambientes extremos, como fontes termais, lagos

hipersalinos e desertos. Possuem uma grande variedade de formas, como seres unicelulares, que podem formar colônias com células agrupadas ou dispostas em filamentos (Atroch, 2018; Calijuri; Alves; dos Santos, 2006; Oliveira; Molica, 2017; Schumacher Fermino, 2021; Wehr; Sheath 2003).

No meio aquático, as cianobactérias integram a comunidade do fitoplâncton, que constituem a base das cadeias alimentares desses ecossistemas. Além delas, há outros diferentes grupos de organismos incluídos como algas microscópicas e protozoários de vida livre, tecnicamente reconhecidos como “animais” (Reynolds, 1997). Segundo Calijuri, Alves e dos Santos (2006, p. 5):

O fitoplâncton (do grego phytos – planta) é constituído por um conjunto de diversificado grupos taxonômicos, que têm diferentes necessidades fisiológicas e respondem, de modo distinto, a parâmetros físicos e químicos, como luz, temperatura e regime de nutrientes. Basicamente, ele é composto por organismos capazes de realizar fotossíntese (Calijuri; Alves; dos Santos, 2006, p.5).

Segundo os mesmos autores há ainda células denominadas acinetos, que podem ser consideradas de resistência ou esporos, por serem altamente resistentes ao dessecação. São produzidos quando as condições do meio estão desfavoráveis, podendo permanecer no sedimento por muitos anos. Tais células diferenciadas e especializadas, como os acinetos, os heterocistos e os vacúolos de gás se somam a outras condições metabólicas e contribuem para o sucesso evolutivo e adaptativo do grupo e para sua ampla distribuição e dominância, em muitos corpos hídricos.

Algumas espécies de cianobactérias possuem ainda como característica importante, a capacidade de produzir toxinas, que são denominadas cianotoxinas.

As causas para essa produção ainda não estão bem esclarecidas, mas alguns pesquisadores acreditam que as cianotoxinas desempenham funções protetoras contra espécies zooplânctônicas, seus predadores primários, como fazem algumas plantas vasculares ao produzirem taninos, fenois, alcaloides ou esteroides. Outros pesquisadores sugerem que a produção de toxinas está relacionada às condições de crescimento ou à competição por recursos (Calijuri; Alves; dos Santos, 2006, p. 25).

Tais características metabólicas, assim como as suas estratégias de sobrevivência conferem às cianobactérias uma versatilidade que possibilita desempenharem um papel ecológico de fundamental importância nos ecossistemas onde estão presentes. Em conjunto com as demais classes da comunidade fitoplânctônica, são amplamente reconhecidas por sua posição de destaque nas redes tróficas, como base das cadeias alimentares dos ecossistemas aquáticos, assim como pela contribuição na assimilação do carbono atmosférico. Para além dessas considerações que permeiam a manutenção do equilíbrio planetário, algumas espécies de cianobactérias ainda têm se destacado por seus compostos, que podem ser usados como recursos farmacológicos e alimentares, na forma de suplementos.

De acordo com Kamp et al. (2016), várias espécies do grupo foram identificadas como uma nova e rica fonte de compostos bioativos. Os compostos isolados pertencem a grupos de policetídeos, amidas, alcaloides, ácidos graxos, indóis e lipopeptídeos. A maioria dos compostos bioativos isolados de cianobactérias tendem a ser lipopeptídeos, ou seja, consistem em um fragmento de aminoácido ligado a uma porção de ácido graxo (Gomez-Maldonado et al., 2019). A gama de atividade biológica de metabólitos secundários isolados de cianobactérias inclui atividades antibacterianas, antifúngicas, antialgais, antiprotozoárias e antivirais. As cianobactérias têm sido utilizadas para sintetizar compostos marcados isotopicamente, como açúcares, lipídios e aminoácidos, que hoje estão comercialmente disponíveis.

As cianobactérias também apresentam função essencial em sistemas biológicos de tratamento de esgoto, como lagoas de estabilização, em especial, nas lagoas facultativas. Nesses ambientes, a simbiose entre a comunidade fitoplanctônica e as bactérias heterotróficas assume papel determinante, sendo responsável pela eficiência do sistema na remoção de matéria orgânica. E algumas espécies do grupo reconhecidas por se beneficiarem e proliferarem intensamente em meios aquáticos com elevada carga de nutrientes comumente atuam como atores chave dos processos biológicos nas lagoas facultativas (Granado, 2004; Morales, Kellner, Cordeiro, 2014).

Sobre as cianobactérias e suas florações, em certas circunstâncias, determinadas espécies podem multiplicar-se rapidamente e acumular-se, apresentando um aumento considerável na sua biomassa em horas ou dias; isto é chamado de floração cianobacteriana (Almeida; Pinheiro, 2018). A proliferação de cianobactérias em águas recreativas e fontes de água potável é um problema de saúde pública devido à produção de toxinas (cianotoxinas) com efeitos agudos e crônicos à saúde humana.

Historicamente, houve relatos dessas florações em todo o mundo, contudo, estudos experimentais e prospectivos e relatos de casos sobre o impacto na saúde aumentaram na última década, assim como a busca por estratégias de monitoramento, mitigação e implementação de níveis seguros de exposição para humanos (Muller, 2018). A ocorrência de florações resulta em eventuais riscos à saúde pública, pois, em determinadas condições ambientais, como elevadas temperaturas e estabilidade na coluna de água, as cianobactérias, beneficiam-se do excesso de nutrientes disponível no ambiente em que se encontra e se proliferam de forma exacerbada. As florações podem liberar toxinas, que são nocivas à saúde humana. O aumento dos riscos foi relatado por Moreira e Macedo (2022) para reservatórios de abastecimento na região Nordeste do Brasil e evidenciados por Lima, Alcântara e Vargas (2025), em casos de uso da água em clínicas e hospitais, principalmente, para tratamentos que envolvem hemodiálise.

Em alguns casos, o contato com tais substâncias pode causar problemas neurológicos e hepáticos, por exemplo. Ainda, além de conseguirem se proliferar de forma preocupante, as cianobactérias possuem alta tolerância a condições anormais, sobrevivendo até em ambientes inóspitos (Calijuri; Alves; dos Santos, 2006). As toxinas das cianobacterianas podem ser classificadas em três tipos principais: hepatotoxinas, neurotoxinas e endotoxinas lipopolissacarídicas (LPS). A doença aguda após o consumo de água potável contaminada por cianobactérias é mais comumente gastroenterite. As cianobactérias não dependem de uma

fonte fixa de carbono e, como tal, estão amplamente distribuídas pelos ambientes aquáticos. Estes incluem ambientes de água doce e marinhos e em alguns solos (Almeida; Pinheiro, 2018). O exame microscópico direto do material de florescimento permitirá a identificação das espécies de cianobactérias presentes.

Prevenir a formação de florações na fonte de água é a melhor maneira de garantir água potável livre de cianobactérias, pois mantendo-as no local, existe chance de ocorrer florações indesejadas, sendo importante e necessário o constante monitoramento de espécies com potencial tóxico de modo a prevenir danos à saúde humana e animal e aos ecossistemas (Melo-Santos et al., 2022).

### **3.1 IMPLICAÇÕES AMBIENTAIS E SANITÁRIAS DAS CIANOBACTÉRIAS**

As características das cianobactérias apresentadas aqui demonstram sua inegável importância ecológica. Mas também denotam a versatilidade do grupo em colonizar diferentes ambientes, onde podem se proliferar em demasia, desequilibrando ecossistemas e comprometendo usos múltiplos, a ponto de representarem implicações ambientais e sanitárias significativas. A proliferação em massa de algumas espécies, inclusive, pode configurar significativos problemas de saúde pública.

Os riscos à saúde oriundos das cianobactérias estão entre os problemas relacionados ao abastecimento e ao tratamento de água potável. Assim, como em ambientes aquáticos usados para recreação, quando há produção generalizada de toxinas (cianotoxinas) por cianobactérias formadoras de florações (Komarek et al., 2019). Evidências de danos à saúde humana foram observadas, a partir de relatos de casos de envenenamento em humanos, animais e estudos experimentais de exposição às florações de cianobactérias. Tais estudos com animais identificaram o mecanismo de ação das cianotoxinas. No entanto, o risco para os seres humanos não pode ser derivado diretamente deles, mas a avaliação combinada dos diferentes tipos de evidências é uma forma de conhecer o risco à saúde da exposição a essas toxinas em humanos (Atroch, 2018), além das intoxicações agudas acidentais.

As cianobactérias tóxicas são reportadas, a maioria dos casos de intoxicação envolvendo ficotoxinas (toxinas produzidas por espécies vegetais) nas águas doces ou marinhas. A ingestão de água contaminada por cianotoxinas pode ocasionar distúrbios orgânicos de distintas naturezas (LIBÂNIO, 2016). Todos os casos relatados de efeitos na saúde atribuíveis às cianobactérias estão ligados à presença de proliferação de algas, seja em fontes de água potável ou lagos, rios e águas costeiras utilizadas para recreação. A gravidade dos sintomas expressos em humanos dependerá do tipo de espécies presentes nas florações, da duração e intensidade da exposição, bem como de fatores individuais, tais como idade, história patológica, entre outras (Schumacher Fermino, 2021).

Em contraste com vários outros perigos microbianos e tóxicos para a saúde transmitidos pela água, as cianobactérias podem ser muitas vezes detectadas pelos sentidos humanos, pelo aspecto visual e odor característico. Isto se deve à capacidade das florações de cianobactérias de alterar a cor da água, acumular-se como populações em massa facilmente observáveis e, muitas vezes, produzir compostos odoríferos. Entretanto, há condições em que

produção de compostos odoríferos, não necessariamente significam riscos de toxicidade. Esse é o caso da produção de geosmina, cuja produção comumente não está relacionada com a síntese de toxinas pela comunidade no meio (Macário et al., 2021).

A maior parte da atenção dirigida aos efeitos adversos das cianobactérias na saúde humana concentra-se no envenenamento agudo. Em todos os casos de envenenamento comunitário relatados, a causa foi o abastecimento de água potável clorada (Silva; Peleja; Melo, 2019).

Várias espécies de cianobactérias foram identificadas no envenenamento humano. Entre elas, destacam-se as pertencentes aos gêneros: *Anabaena*, *Microcystis*, *Nostoc*, *Plankothrix*, *Hapalosiphon*, *Anabaenopsis*, *Nodularia*, *Cylindrospermopsis*, *Plankothrix*, *Aphanizomenon* e *Schizothrix* (Calijuri; Alves; dos Santos, 2006). As cianobactérias apresentam toxicidade variável, podendo levar à morte por parada respiratória, logo após a exposição, ou produzir efeitos mais prolongados. Segundo o seu modo de ação, as toxinas produzidas por cianobactérias podem ser divididas nos seguintes grupos: hepatotoxinas, neurotoxinas, endotoxinas e dermatotoxinas (Libânio, 2016). Os efeitos tóxicos, relacionados à cianotoxina e ao gênero de cianobactéria responsáveis pela produção da mesma são apresentados no Quadro 1.

Quadro 1: Cianotoxinas, gênero responsável pela produção e efeitos tóxicos ocasionados.

| Cianotoxina        | Gênero de cianobactéria responsável                                                                                      | Efeitos tóxicos                                                          |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| Microcistina       | <i>Anabaena</i> spp, <i>Microcystis</i> , <i>Nostoc</i> , <i>Plankothrix</i> , <i>Hapalosiphon</i> , <i>Anabaenopsis</i> | Danos ao fígado e desenvolvimento de tumores.                            |
| Nodularina         | <i>Nodularia</i>                                                                                                         | Danos ao fígado.                                                         |
| Cilindropermopsina | <i>Cylindrospermopsis</i> , <i>Plankothrix</i> , <i>Aphanizomenon</i> , <i>Umezakia</i>                                  | Danos aos rins, ao fígado e outros órgãos, e desenvolvimento de tumores. |
| Saxitoxina         | <i>Anabaena</i> , <i>Aphanizomenon</i> , <i>Cylindrospermopsis</i> <i>Lyngbya</i>                                        | Danos ao sistema nervoso, falhas respiratórias e sintomas agudos*.       |
| Anatoxina          | <i>Anabaena</i> , <i>Aphanizomenon</i> , <i>Plankothrix</i>                                                              | Danos ao sistema nervoso, falhas respiratórias e sintomas agudos*.       |

Fonte: Libânio (2016).

Os estudos mostram até o momento que os efeitos tóxicos podem ser agudos ou crônicos com danos ao fígado, rins e outros órgãos dos sistemas respiratórios, podendo levar ao desenvolvimento de tumores, quando mais graves e, em alguns casos irritações na pele. Os incidentes de saúde humana associados à exposição a cianobactérias tóxicas relatados acarretaram danos à saúde, que foram classificados de leves a fatais (Macário et al., 2021).

Os casos investigados de doenças e mortes humanas após exposição a toxinas de cianobactérias nem sempre são conclusivos. Há lacunas de dados, principalmente, sobre as concentrações de células e toxinas às quais os indivíduos foram expostos e sobre as doses efetivamente recebidas. A caracterização dos perigos para os seres humanos depende, portanto, fortemente de estudos em animais, a partir dos quais devem ser extrapoladas estimativas quantitativas dos perigos para os seres humanos (Komarek et al., 2019).

A via de exposição dos seres humanos às cianotoxinas pode ser oral, dérmica, inalatória e parenteral, sendo a via oral, de longe, a mais importante. E os meios de exposição estão relacionado ao consumo e/ou contato com a água, contendo cianotoxinas, mas também ao consumo de alimentos e suplementos dietéticos e contato com aerossóis e poeira, além da entrada via hemodiálise (Macário et al., 2021). A toxicidade direta devido à natação e ingestão de cianobactérias tem sido amplamente relatada. Alguns casos parecem ser principalmente de respostas alérgicas (Chorus; Welker, 2021). A neurotoxicidade também é possível, por cianobactérias ingeridas ou inaladas.

Os mecanismos de toxicidade das diversas toxinas de cianobactérias incluem bloqueio dos canais iônicos nervosos, bloqueio neuromuscular, atividade antiacetilcolinesterásica, atividade antifosfatase e inibição da síntese proteica. O fígado é particularmente danificado por estas duas últimas atividades bem como o trato gastrointestinal e, no caso de inibição da síntese proteica, os rins (Silva; Peleja; Melo, 2019).

De acordo com Komarek et al. (2019), a atividade antifosfatase das microcistinas e da nodularina tem um potencial significativo para estimular o crescimento tumoral. Experimentalmente, esta capacidade está claramente demonstrada e o seu mecanismo está sob investigação detalhada. Avaliar o impacto na saúde pública requer investigação epidemiológica de populações humanas em áreas conhecidas por estarem expostas a cianobactérias no abastecimento de água.

Os estudos realizados e analisados aqui, deixam claro os graves riscos à saúde pública decorrentes da ingestão de cianotoxinas. E apesar de insuficientes, mostram a necessidade de uma estratégia de gestão de riscos para mitigar os problemas apresentados pela presença de cianotoxinas em mananciais e corpos d'água usados para recreação. Populações em massa de cianobactérias e toxinas em recursos hídricos não são fenômenos recentes e a falta de reconhecimento dos perigos para a saúde apresentados tem sido, e ainda é, um fator importante na contabilização do desenvolvimento tardio e irregular dos riscos.

Assim, a comunicação eficaz entre cientistas, engenheiros de tratamento de água, decisores e partes interessadas, a formulação de planos de contingência e a educação contínua do público sobre os riscos para a saúde das cianobactérias e das cianotoxinas são reconhecidas como ações essenciais para a gestão de riscos destas intoxicações e suas consequências perigosas.

O tratamento de água convencional, existente na maioria dos municípios brasileiros, que possuem manancial superficial não é eficiente na remoção de toxinas. Entretanto, é importante deixar claro que há diversas tecnologias disponíveis para remoção das cianobactérias e cianotoxinas atualmente, mas o seu alto custo e a realidade brasileira não possibilitam que elas sejam utilizadas para o tratamento de água para o abastecimento público, em larga escala no Brasil. Deste modo, a prevenção e o controle por meio da redução das entradas de nitrogênio e fósforo, sejam oriundas de fontes orgânicas, como os esgotos domésticos e industriais ou inorgânicas, decorrentes da drenagem de áreas agrícolas pela fertilização excessiva ainda é o caminho mais compatível com a realidade brasileira.

Embora proliferações de cianobactérias possam ser encontradas em ambientes com baixa concentração de nutrientes é, sobretudo sob condições eutróficas (elevadas

concentrações, em especial de nitrogênio e fósforo), que as florações são mais comuns e frequentes. Isso evidencia que são condições ambientais estressantes e os impactos da ação humana, que mais desencadeiam o processo, resultando em ecossistemas desequilibrados com sérios prejuízos aos usos múltiplos.

#### 4. CONCLUSÕES

Conclui-se, portanto, que as cianobactérias desempenham um papel crucial no ecossistema, contribuindo para a produção de oxigênio e a fixação de nitrogênio. Contudo, elas não fornecem apenas benefícios ao ambiente em que se encontram, pois suas florações podem representar sérios riscos à saúde pública devido à liberação de toxinas que contaminam fontes de água potável.

Pelo levantamento bibliográfico, entende-se que a prevenção da formação de florações é a estratégia mais eficaz para garantir a segurança da população, porque assim mantém-se a salubridade da água. Isso inclui o devido e contínuo monitoramento da qualidade da água e dos nutrientes que estão no local, pois frequentemente, as florações dependem do excesso de nutrientes. Assim, reduzir a entrada de fósforo e nitrogênio em corpos d'água pode ajudar a prevenir essas florações. Por fim, não há necessidades de dispêndio de elevados montantes de recursos financeiros. Ressalta-se a importância de qualificar as atividades que promovem esse aumento de nutrientes nos corpos hídricos e controlá-las como um meio de prevenir a formação da floração.

Porém, não é possível evitar em todos os casos que as florações ocorram, mas, quando ocorrem, a utilização de tecnologias avançadas de tratamento, como, por exemplo, a filtração por membrana, a flotação, entre outras técnicas são essenciais para remover cianobactérias e suas toxinas para tornar a água potável. Essas tecnologias têm o potencial de garantir que a água permaneça segura para consumo humano e animal.

A combinação de prevenção, monitoramento e tecnologias de tratamento avançadas é fundamental para proteger a saúde pública contra os riscos associados às cianobactérias. A gestão adequada desses fatores pode garantir que a água potável permaneça segura e livre de contaminações.

#### REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

ALMEIDA, J. M.; PINHEIRO, J. H. P. A. Efeitos de cianobactérias tóxicas em ambientes aquáticos. **Fórum Ambiental do Alto Paulista**; v.14, n. 2, 2018.

ATROCH, Rosa de Fátima Silva et al. **Cianobactérias e poluição da água: uma sequência didática para o ensino de ciências ambientais**. 2018.

BRAGA, Roberto; CARVALHO, Pompeu F. C. **Recursos hídricos e planejamento urbano e regional**. Rio Claro: Laboratório de Planejamento Municipal-IGCE-UNESP. 2003. p. 113-127 - ISBN 85-89154-04-01.

BRASIL. **Lei nº 9433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e

altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: <[www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.htm)>. Acesso em: 16 jul. 2023.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Portaria nº 1.469/2000, de 29 de dezembro de 2000: aprova o controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade**. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2001.

BRASIL. Conselho Nacional 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. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 18 mar. 2005. Seção 1, p. 58-63.

BRASIL. Ministério da Saúde. **PORTARIA Nº 2.914, DE 12 DE DEZEMBRO DE 2011**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. **Portaria MS nº 518/2004** / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Coordenação Geral de Vigilância em Saúde Ambiental – Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2005.

CALIJURI, M.C.; ALVES, M.A.S.; DOS SANTOS, A.C. **Cianobactérias E Cianotoxinas Em Águas Continentais**. São Carlos: Rima, 2006

CHORUS, I., & WELKER, M., Eds. **Toxic Cyanobacteria in Water; A Guide to Their Public Health Consequences, Monitoring and Management**. World Health Organization, CRC Press. 2021, 859 pp.

GOMEZ-MALDONADO, D.; ERRAMUSPE, I. B. V.; FILPPONEN, I.; JOHANSSON, L. S., LOMBARDO, S.; ZHU, J.; THIELEMANS, W.; PERESIN, M. S. Cellulose-cyclodextrin copolymer for the removal of cyanotoxins on water sources. **Polymers**, v. 11, n. 12, 1 dez. 2019.

GRANADO, D.C. Variações nictemerais e sazonais na estrutura da comunidade fitoplancônica num sistema de lagoas de estabilização (Novo Horizonte, SP). São Carlo, SP, 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil – Hidráulica e Saneamento). Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo – USP. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-15072006-195556/pt-br.php>. Acesso em: 28 de abril de 2025.

LIBÂNIO, Marcelo. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**/Marcelo Libânio. - 4ª ed - Campinas, SP: Editora Átomo, 2016.

KAMP, L.; CHURCH, L. J.; CARPINO, J.; MARA, E. F.; RUBIO, F. The effects of water sample treatment, preparation, and storage prior to cyanotoxin analysis for cylindrospermopsin, microcystin and saxitoxin. **Chemico-Biological Interactions**, v. 246, p. 45–51, 25 fev. 2016.

KOMAREK, J., KASTOVSKY, J., MARES, J. & JOHANSEN, J.R. **Taxonomic classification of cyanoprokaryotes (cyanobacterial genera) 2014, using a polyphasic approach**. Preslia. 2019, 86: 295-335.

MACÁRIO, I. P. E., VENTURA, S. P. M., GONÇALVES, F. J. M., TORRES-ACOSTA, M. A., & PEREIRA, J. L. The “bright Side” of Cyanobacteria: Revising the Nuisance Potential and Prospecting Innovative Biotechnology-Based Solutions to Integrate Water Management Programs. **ACS Sustainable Chemistry and Engineering**. 2021, 9(21), 7182–7197).

MELO-SANTOS, G. L. et al. **Aspectos da Ecotoxicologia de Cianobactérias**. In.: POMPÊO, M.; CARLOS, V. M.; DORVA, J. C. L. Aspectos da ecotoxicidade em ambientes aquáticos. 1. ed. São Paulo: Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, 2022. Cap. 11. p. 164-189.

MORALES, F. I.; KELLNER, E. CORDEIRO, J. S. Avaliação da qualidade do efluente de lagoa de estabilização em relação à Resolução CONAMA 430/2011: estudo de caso da ETE Santa Eudóxia - São Carlos (SP). **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 02, n. 08, p. 39-54, 2014.

MOTA, Suetônio. **Gestão ambiental de recursos hídricos**. Rio de Janeiro: ABES, 2008.

MÜLLER, Luciana et al. Cianobactérias, cianotoxinas e o tratamento químico da água: uma análise bibliométrica da produção científica mundial. **Revista Brasileira de Planejamento e Desenvolvimento**, v. 7, n. 04, p. 570-586, 2018.

OLIVEIRA, C. S. P.; FONSECA, A. S.; DÍAZ, C. A.; SANTOS, W. P.. Reflexões sobre o desafio ambiental: níveis de eutrofização e floração de cianobactérias na Bacia Apodi-Mossoró. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.11, n.05, p.519-530, 2020.

OLIVEIRA, E.J.A.; MOLICA, R.J.R. **A poluição das águas e as cianobactérias**. Recife: IFPE, 2017. Disponível em: [https://numeb.furg.br/images/stories/meterial\\_textual/ebooks/cartilha-a-poluio-das-aguas-ifpe.pdf](https://numeb.furg.br/images/stories/meterial_textual/ebooks/cartilha-a-poluio-das-aguas-ifpe.pdf). Acesso em: 03 de out. de 2024.

SCHUMACHER FERMINO, Fabiana. **Algas e Cianobactérias: Propostas Lúdicas de Ensino: Atividades didáticas de acordo com a BNCC para a Educação Básica**. Santana do Livramento: UERGS, 2021. 119 p.

SILVA, S.C.F., PELEJA, J.R.P. & MELO, S. Flutuação temporal de cianotoxinas (Microcistina- LR) no rio Tapajós (Santarém, Amazônia-Brasil). **Scientia Plena**. 2019, 15(8): 1-13.

STAL, L. (2007). **Cyanobacteria**. In S. J (Ed.), **Algae and Cyanobacteria in Extreme Environments. Cellular Origin, Life in Extreme Habitats and Astrobiology**, (Vol. 2011, pp. 659-680). Springer.

SILVA, E. M.; CARVALHO, G. L. L.; SILVA, P. R. O.; SILVEIRA, J. A. R.; CANOVA, C. R. A cidade e as águas: análise fluvial e ambiental do Rio Espinharas na cidade de Patos-PB. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 10, n. 80, p. 42-56, 2022. Disponível em: [https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/gerenciamento\\_de\\_cidades/article/view/3344](https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/gerenciamento_de_cidades/article/view/3344). Acesso em: 22 ago. 2025.

TUCCI, C.E.M. Águas urbanas. **Estudos avançados**. 22 (63), 2008.

TUNDISI, J.G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. 3a. ed. São Carlos, SP: RiMa, 2009.

## DECLARAÇÕES

### CONTRIBUIÇÃO DE CADA AUTOR

Ao descrever a participação de cada autor no manuscrito, utilize os seguintes critérios:

- **Concepção e Design do Estudo:** Informe quem teve a ideia central do estudo e ajudou a definir os objetivos e a metodologia: **Ilda Barbosa Garbim, Wilson José Constante Júnior e Danielli Cristina Granado Romero.**
- **Curadoria de Dados:** Especifique quem organizou e verificou os dados para garantir sua qualidade: **Ilda Barbosa Garbim, Wilson José Constante Júnior, Danielli Cristina Granado Romero e Fernando Sérgio Okimoto.**
- **Análise Formal:** Indique quem realizou as análises dos dados, aplicando métodos específicos: **Ilda Barbosa Garbim e Wilson José Constante Júnior.**
- **Aquisição de Financiamento:** Identifique quem conseguiu os recursos financeiros necessários para o estudo: **Ilda Barbosa Garbim, Wilson José Constante Júnior, Danielli Cristina Granado Romero e Fernando Sérgio Okimoto.**
- **Investigação:** Mencione quem conduziu a coleta de dados ou experimentos práticos: **Ilda Barbosa Garbim e Wilson José Constante Júnior.**
- **Metodologia:** Aponte quem desenvolveu e ajustou as metodologias aplicadas no estudo: **Ilda Barbosa Garbim, Wilson José Constante Júnior, Danielli Cristina Granado Romero e Fernando Sérgio Okimoto.**
- **Redação - Rascunho Inicial:** Indique quem escreveu a primeira versão do manuscrito: **Ilda Barbosa Garbim e Wilson José Constante Júnior.**
- **Redação - Revisão Crítica:** Informe quem revisou o texto, melhorando a clareza e a coerência: **Danielli Cristina Granado Romero e Fernando Sérgio Okimoto.**
- **Revisão e Edição Final:** Especifique quem revisou e ajustou o manuscrito para garantir que atende às normas da revista: **Ilda Barbosa Garbim, Wilson José Constante Júnior, Danielli Cristina Granado Romero e Fernando Sérgio Okimoto.**
- **Supervisão:** Indique quem coordenou o trabalho e garantiu a qualidade geral do estudo: **Danielli Cristina Granado Romero e Fernando Sérgio Okimoto**

15

### CONFLITOS DE INTERESSE

Nós, Fernando Sérgio Okimoto, Ilda Barbosa Garbim, Danielli Cristina Granado Romero e Wilson José Constante Júnior, declaramos que o manuscrito intitulado "CIANOBACTÉRIAS EM MANANCIAIS URBANOS: IMPLICAÇÕES SANITÁRIAS E RISCOS À SAÚDE PÚBLICA" não possui conflitos de interesse:

1. **Vínculos Financeiros:** Não possui vínculos financeiros.
2. **Relações Profissionais:** Não possui relações profissionais que possam impactar na análise, interpretação ou apresentação dos resultados.
3. **Conflitos Pessoais:** Não possui conflitos de interesse pessoais relacionados ao conteúdo do manuscrito.