

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
CURSO DE BACHARELADO EM BIOLOGIA

MANOELA SOUSA DE JESUS MOREIRA

OCORRÊNCIA DE FLORAÇÕES DE CIANOBACTÉRIAS E CONSEQUÊNCIAS PARA
A SAÚDE PÚBLICA NO NORDESTE DO BRASIL

Cruz das Almas

2020

MANOELA SOUSA DE JESUS MOREIRA

OCORRÊNCIA DE FLORAÇÕES DE CIANOBACTÉRIAS E CONSEQUÊNCIAS PARA
A SAÚDE PÚBLICA NO NORDESTE DO BRASIL

Trabalho de conclusão de curso
apresentado à Universidade Federal
do Recôncavo da Bahia, como parte
das exigências do curso de
Bacharelado em Biologia.

Cruz das Almas

2020

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
CURSO DE BACHARELADO EM BIOLOGIA

MANOELA SOUSA DE JESUS MOREIRA

COMISSÃO EXAMINADORA DA DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE
CURSO

Monografia aprovada em: 19/11/2020

Carla F. Macedo

Profª. Drª. Carla Fernandes Macedo
(Orientadora)

Alessandra Cristina Silva Valentim

Profª. Drª. Alessandra Cristina Silva Valentim
(Membro)

Gabriel do Nascimento Santos

Prof. Dr. Gabriel do Nascimento Santos
(Membro)

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Colegiado de Graduação em Bacharelado em Biologia do Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Biologia.

Aos meus pais, meus maiores exemplos de vida, que sempre acreditaram em mim.
A minha irmã, por todo apoio durante essa jornada.
Ao meu noivo, que suportou minha ausência em diversos momentos.

Dedico.

RESUMO

MOREIRA, Manoela Sousa de Jesus, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, novembro de 2020. **Ocorrência de Florações de Cianobactérias e Consequências para a Saúde Pública no Nordeste do Brasil.** Orientador: Carla Fernandes Macedo.

As florações são resultado das interações entre fatores físicos, químicos e biológicos, sendo caracterizadas pelo crescimento explosivo de microrganismos. As proliferações de cianobactérias indicam a deterioração na qualidade e podem ser considerados problemas de saúde pública, devido à capacidade de produção e liberação de toxinas pelas cianobactérias nos ambientes aquáticos, especialmente nos reservatórios de abastecimento. Assim, o presente trabalho teve como objetivo revisão de literatura para verificar a ocorrência de florações de cianobactérias e cianotoxinas e os efeitos especialmente para saúde pública. A metodologia utilizada foi revisão narrativa de trabalhos selecionados seguindo os critérios de inclusão. Foi verificada a ocorrência de 74 espécies de cianobactérias, sendo *Microcystis aeruginosa* e *Raphidiopsis raciborskii* as predominantes. Espécies potencialmente tóxicas foram encontradas em todos os trabalhos com florações realizados nos estados das regiões Nordeste e Sudeste. As florações de cianobactérias foram encontradas principalmente em reservatórios da região Nordeste, juntamente com cianotoxinas (microcistinas, cilindrospermopiscina e saxitoxina). Tem sido frequente florações com cianotoxinas em sistemas aquáticos, ocasionando alterações no ambiente aquático. Essas modificações alcançam diversos níveis tróficos, podendo alcançar o homem, sendo problema de saúde pública.

Palavras-chave: Cianotoxinas; Eutrofização; Florações tóxicas.

ABSTRACT

MOREIRA, Manoela Sousa de Jesus, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, novembro de 2020. **Occurrence of Cyanobacterial Blooms and Consequences for Public Health in northeastern Brazil.** Orientador: Carla Fernandes Macedo.

The flowerings are the result of interactions between physical, chemical and biological factors, characterized by the explosive growth of microorganisms. The proliferations of cyanobacteria indicate deterioration in quality and can be considered public health problems due to the ability to produce and release toxins by cyanobacteria in aquatic environments, especially in supply reservoirs. Thus, the present study aimed to review the literature to verify the occurrence of cyanobacteria and cyanotoxin blooms and the effects especially for public health. The methodology used was narrative review of selected papers according to the inclusion criteria. The occurrence of 74 cyanobacteria species was verified, with *Microcystis aeruginosa* and *Raphidiopsis raciborskii* being the predominant ones. Potentially toxic species were found in all flowering studies carried out in the states of the Northeast and Southeast regions. Cyanobacterial blooms were found mainly in reservoirs in the Northeast region, along with cyanotoxins (microcystins, spermapool and saxitoxin). There have been frequent flowerings with cyanotoxins in aquatic systems, causing changes in the aquatic environment. These changes reach several trophic levels, and can reach man, being a public health problem.

Keywords: Cyanotoxins; Eutrophication; Toxic blooms.

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| 1 INTRODUÇÃO | 8 |
| 2 OBJETIVOS | 9 |
| 2.1 OBJETIVO GERAL..... | 9 |
| 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 9 |
| 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 9 |
| 3.1 CIANOBACTÉRIAS | 9 |
| 3.2 FLORAÇÕES..... | 10 |
| 3.3 CIANOTOXINAS | 12 |
| 3.3.1 Neurotoxinas | 13 |
| 3.3.2 Hepatotoxinas | 14 |
| 3.3.3 Citotoxinas | 15 |
| 3.3.4 Dermatotoxinas | 15 |
| 3.4 EFEITOS DAS FLORAÇÕES NO AMBIENTE AQUÁTICO..... | 15 |
| 3.5 EFEITOS DAS FLORAÇÕES TÓXICAS PARA SAÚDE PÚBLICA | 16 |
| 4 MATERIAL E MÉTODOS | 18 |
| 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 18 |
| 5.1 FLORAÇÕES E CIANOTOXINAS | 18 |
| 5.2 EFEITOS DAS FLORAÇÕES TÓXICAS COM CONSEQUÊNCIAS PARA SAÚDE PÚBLICA..... | 23 |
| 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS | 24 |
| 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 24 |

1 INTRODUÇÃO

A contaminação e a deterioração dos ecossistemas aquáticos interferem tanto na qualidade quanto na quantidade de água disponível para a sociedade (SIQUEIRA e OLIVEIRA-FILHO, 2008; MOLICA e AZEVEDO, 2009). A eutrofização, processo de enriquecimento dos corpos hídricos com nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, é um dos principais impactos sofridos pelos ambientes aquáticos, que afeta basicamente todos os ecossistemas aquáticos continentais (CALIJURI et al., 2006; TUNDISI e MATSUMURA-TUNDISI, 2008). O aporte de nutrientes nos corpos hídricos, que resulta na eutrofização, pode ocorrer de diversas maneiras, principalmente através dos efluentes domésticos e industriais, além da relação com o uso e ocupação do solo, como ocupações irregulares, desmatamento, impermeabilização do solo, drenagem superficial (TUNDISI e MATSUMURA-TUNDISI, 2008). Em condições naturais, quando não há influência das ações antrópicas, o processo de eutrofização é lento e gradual, podendo levar centenas de anos. Entretanto, as atividades humanas aceleram a eutrofização natural, sendo denominada eutrofização artificial, que ocasiona redução das características naturais de lagos e reservatórios (WETZEL, 1983; TUNDISI e MATSUMURA-TUNDISI, 2008).

Processo cada vez mais comum, a eutrofização de águas superficiais tem causado a deterioração de ambientes aquáticos, além de problemas para o uso da água, principalmente quando a mesma é destinada para consumo humano (OLIVER e RIBEIRO, 2014). O referido processo pode provocar mudanças na qualidade da água com consequências diversas, como diminuição de oxigênio dissolvido (PANOSSO et al., 2007), morte de peixes (CODD e ROBERTS, 1991), perda das características estéticas e cênicas do ambiente e do potencial turístico para lazer (FREITAS et al., 2012). Além disso, pode ocorrer um aumento da produtividade biológica (ARAGÃO et al., 2007) ocasionando recorrentes casos de florações de cianobactérias (FUNASA, 2003; FREITAS et al., 2012). Essas florações são caracterizadas pela proliferação excessiva de cianobactérias e podem produzir odor e sabor desagradáveis na água de abastecimento, além de alterar o equilíbrio do ecossistema aquático (CHORUS e BARTRAM, 1999; CALIJURI et al., 2006; ARAGÃO, 2011; VENDRUSCOLO, 2018).

Tem sido preocupante a ocorrência de florações de cianobactérias em virtude de alguns gêneros e espécies serem potenciais produtores de metabólitos tóxicos (GOMES, 2008; VENDRUSCOLO, 2018). A maior frequência de ocorrência de cepas tóxicas de cianobactérias

em reservatórios de abastecimento público no Brasil tem graves consequências para saúde pública (FUNASA, 2003). Reservatórios utilizados para captação de água comumente apresentam florações com alta produção de cianotoxinas, o que torna fundamental a remoção das toxinas no tratamento da água (BARBOSA, 2009; ALMEIDA, 2014). Desta maneira, é recomendável o monitoramento para avaliação qualitativa e quantitativa das cianobactérias nos mananciais de abastecimento, assim como estudos para viabilizar técnicas que diminuam as proliferações e intoxicações através da identificação dos métodos viáveis para remoção, caso necessário, dessas cianobactérias e cianotoxinas (BARBOSA, 2009).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL:

- Verificar ocorrência de florações de cianobactérias e cianotoxinas, especialmente na região nordeste, relacionando os efeitos no ambiente aquático e na saúde pública.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Verificar a ocorrência de florações de cianobactérias;
- Listar as cianobactérias predominantes;
- Listar as toxinas encontradas;
- Apresentar os efeitos das florações tóxicas para o ambiente aquático e para a saúde pública.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 CIANOBACTÉRIAS

Cianobactérias são organismos uni ou pluricelulares procariontes (CALIJURI et al., 2006; LEE, 2008) que possuem clorofila como pigmento fotossintético, além de diferentes pigmentos acessórios (carotenoides, ficocianina, ficoeritrina) (CARMICHAEL, 1992; LEE, 2008; GAMA-JÚNIOR, 2012). Apesar de geralmente serem unicelulares, as cianobactérias podem se apresentar na forma filamentosa, com ramificação, outras formam placas ou colônias irregulares (CALIJURI et al., 2006; SIQUEIRA e OLIVEIRA-FILHO, 2008). Sua reprodução acontece assexuadamente, por fissão binária ou múltipla, qualquer célula de um cenóbio pode se dividir formando novos indivíduos (CALIJURI et al., 2006).

Pertencentes ao domínio Bacteria, as cianobactérias constituem o único grupo de bactérias cujas características morfométricas são utilizadas para distinguir espécies (GAMA-JÚNIOR, 2012), além disso, apresentam outras particularidades que as diferenciam dos demais procaríotos. Foram os primeiros microrganismos procaríotes e fotossintetizantes a surgir no planeta, liberando oxigênio na atmosfera, há aproximadamente 3,5 bilhões de anos (SCHOPF e PACKER, 1987), colonizando quase todos os ecossistemas e, muito encontradas no plâncton de ambientes aquáticos marinhos, estuarinos e de água doce (PANOSSO et al., 2007; MOLICA e AZEVEDO, 2009).

Apesar de morfologicamente simples, as cianobactérias são fisiologicamente complexas (COSTA, 2003), sendo favorecidas por vários mecanismos de adaptação que as tornam capazes de crescer em ambientes extremos (BROCK, 1972; COSTA, 2003). Assim, esses microrganismos adquiriram inúmeras vantagens no processo evolutivo em relação a outros organismos fitoplanctônicos (CALIJURI et al., 2006). Dentre os fatores que fazem as cianobactérias predominarem sobre outros microrganismos fitoplanctônicos, destacam-se os aspectos fisiológicos na assimilação dos macronutrientes (especialmente nitrogênio e fósforo) no meio aquático. Em condições normais, as microalgas apresentam melhor desenvolvimento, visto que assimilam de forma mais eficiente os nutrientes do que as cianobactérias, contudo as atividades antrópicas propiciam maior oferta de nutrientes, o que facilita a assimilação destes e maior crescimento das cianobactérias. (YUNES, 2002; BARBOSA, 2009).

3.2 FLORAÇÕES

As florações resultam das interações entre fatores físicos, químicos e biológicos, sendo caracterizadas pelo crescimento explosivo, autolimitante e de curta duração, de microrganismos de uma ou poucas espécies, que podem conferir cor em corpos d'água naturais (TORGAN, 1989). Segundo Azevedo e Sant'anna (2006) são consideradas florações eventos com concentrações de cianobactérias acima de 20.000 células/ml, 10 mg/m³ de clorofila ou 2 mm³/l de biovolume celular de cianobactéria. Esses eventos indicam a deterioração na qualidade da água (OLIVER e RIBEIRO, 2014) e, eventualmente, apresentam toxicidade em apenas um período do ano, do mês ou ainda da semana, provavelmente, por causa das cianobactérias possuírem a capacidade de apresentar em um mesmo momento cepas produtoras e não produtoras de cianotoxinas (FUNASA, 2003; MOLICA e AZEVEDO, 2009; FERRAZ, 2012).

As florações podem formar uma densa camada de células na superfície dos corpos d'água (FUNASA, 2003), entretanto a distribuição das cianobactérias na coluna d'água pode variar em curtos períodos. Altas temperaturas (15 a 30° C), pH neutro/alcalino (6-9), estabilidade da coluna d'água e altas concentrações de nutrientes, como nitrogênio e fósforo, são as condições que favorecem as florações de cianobactérias em ambientes continentais (SHAPIRO, 1990; PADISÁK, 1997; YUNES, 2000), tornando os ambientes de água doce os mais propícios para seu desenvolvimento (SHAPIRO, 1990; SMITH, 1996; PADISÁK, 1997; WATSON et al., 1997; BRANDÃO, 2008). Estudos demonstraram a relação entre aumento da temperatura e frequência da proliferação de cianobactérias (JEPPESEN et al., 2009; TUNDISI et al., 2015; MOWE et al., 2015), além de outros fatores que contribuem para o intenso crescimento, como: a carga de nutrientes, a estratificação e o tempo de retenção da água (PAERL e HUISMAN, 2008). A maioria dos reservatórios de água para abastecimento no Brasil apresenta essas características, agravando o problema no país (FUNASA, 2003).

Na região Nordeste do Brasil, por exemplo, que apresenta clima quente, existem recorrentes períodos de seca que fazem com que os reservatórios comumente fiquem com níveis baixos de água, impulsionando a fotossíntese e a reprodução das cianobactérias (CHORUS e BARTRAM, 1999; MOLICA et al., 2005; ARAGÃO, 2011), como demonstram os trabalhos realizados por Aragão et al. (2007), Panosso et al. (2007), Andrade et al. (2009), Costa et al. (2009) e Lima (2017). Nesses reservatórios, geralmente, a abundância relativa de cianobactérias está diretamente relacionada à temperatura e inversamente à intensidade da mistura da coluna d'água, radiação luminosa subaquática e concentrações de nitrato (COSTA et al., 2009). Foram desenvolvidos diversos trabalhos (ANDRADE et al., 2009; COSTA et al., 2009; DINIZ, SEVERIANO e MOURA, 2013; LOPES et al., 2013; RAMOS et al., 2016; CRUZ et al., 2016; LIMA, 2017; SANTOS et al., 2019) com ocorrência de cianobactérias em condições climáticas de recorrentes períodos de seca, assim como pH elevado, reservatórios susceptíveis ao desenvolvimento de florações em virtude dos com níveis baixos de água e salinização.

Alguns estudos (PAERL e HUISMAN, 2008; GUVEN e HOWARD, 2011) apontam que o aquecimento global poderá intensificar a formação de florações, devido ao aumento da temperatura da água e, conseqüentemente, estratificação térmica da coluna d'água por períodos maiores, favorecendo a permanência e dominância de cianobactérias. O aumento da frequência e intensidade da ocorrência de florações de cianobactérias podem ser considerados problemas de saúde pública, devido à capacidade de produção e liberação de toxinas desses

microrganismos em ambientes aquáticos utilizados pela comunidade (CARMICHAEL, 1992). Além disso, modificações no regime hidrológico têm beneficiado o aumento e expansão geográfica de florações de cianobactérias tóxicas em maior escala que a eutrofização (PAERL e PAUL, 2012). A ocorrência do aumento do número de cianobactérias potencialmente tóxicas é comum em águas continentais de diversos países (FALCONER, 1994; CODD, 1995; LEE, 2008; COSTA et al., 2009), causando intoxicação e óbitos no mundo (TEIXEIRA et al., 1993; FALCONER, 1994; AZEVEDO et al., 2002; ARAGÃO et al., 2007). Desta maneira, essas toxinas podem causar diversos danos e afetar a saúde humana pela ingestão de água ou consumo de pescado contaminado (OHTANI, MOORE e RUNNEGAR, 1992; TEIXEIRA et al., 1993; JOCHIMSEM et al., 1998; CARMICHAEL et al., 2001; MAGALHÃES, SOARES e AZEVEDO, 2001; AZEVEDO et al., 2002; GARCIA et al., 2004), assim como pelo contato com a água em atividades de recreação (FUNASA, 2003; BARBOSA, 2009). Supõe-se que os fatores ambientais citados acima também possam, além de influenciar na produção de cianotoxinas, regular a abundância das cepas (MOLICA e AZEVEDO, 2009).

3.3 CIANOTOXINAS

De acordo com Ferreira (1974), qualquer substância venenosa expelida por seres vivos e que quando injetada no animal é capaz de provocar formação de antitoxina é considerada toxina. As toxinas produzidas pelas cianobactérias são metabólitos secundários denominados cianotoxinas (CARMICHAEL, 1992), que apresentam mecanismos de ação sobre outros tecidos, células ou organismos. São compostos bioativos geralmente liberados na lise celular, que acontece por senescência ou morte natural, assim como estresse celular (CARMICHAEL, 1992; YUNES, 2000; MAGALHÃES, 2007). Presume-se que as toxinas tenham função protetora contra herbivoria (CARMICHAEL, 1992; LEE, 2008), auxiliem na captação da luz solar ou, ainda, que sejam moléculas de sinalização que contribuem para a comunicação entre as cianobactérias (CHORUS e BARTRAM, 1999; LYCK, 2004).

As cianotoxinas são hidrossolúveis, por isso passam facilmente pelos sistemas convencionais de tratamento da água, podendo ser resistente até mesmo à fervura, sendo assim sua presença na água de consumo humano pode ocasionar sérios riscos à saúde humana (CETESB, 2013; ALMEIDA et al., 2015). As florações encontradas em reservatórios destinados ao abastecimento público oferecem risco à saúde da população, já que a água potável é uma das principais fontes de exposição do homem às cianotoxinas, que na maioria das vezes,

não são removidas pelo tratamento convencional, utilizado nas estações de tratamento (CRUZ et al., 2016).

A toxicidade é variável não apenas entre florações diferentes, como também ao longo do tempo em uma mesma floração devido ao aparecimento simultâneo tanto de espécies tóxicas como não tóxicas (YOO et al., 1995; GOMES, 2008). A ocorrência irregular da toxicidade das cianobactérias não foi totalmente esclarecida, há evidências que a produção e acumulação de toxinas estejam associadas ao crescimento dos cenóbios, com maior produção no período de crescimento exponencial e diminuição na fase estacionária (WATANABE e OISHI, 1985). A concentração das toxinas, em alguns casos, tem sido associada a fatores, como: produção primária de clorofila-a, temperatura superficial da água, radiação solar, pH e percentual de saturação de oxigênio (SIQUEIRA e OLIVEIRA-FILHO, 2008). A oferta de nutrientes também tem papel importante na produção de cianotoxinas, sendo o nitrogênio e o fósforo utilizados no decorrer até o final do crescimento, culminando com o esgotamento dos mesmos e o término do crescimento dos organismos produtores dessas toxinas (TRINDADE, 2011). Além disso, estudos comparando a resposta de linhagens tóxicas e não tóxicas em diferentes condições ambientais mostraram que o aumento da concentração de nutrientes no ambiente favorece a predominância das cepas produtoras de toxinas, porém essa maior necessidade de nutrientes pode estar relacionada à maior quantidade de energia necessária para o processo de biossíntese das toxinas (VÉZIE et al., 2002). Em relação à competição por luz, foi comprovado que as cepas não tóxicas competem melhor pela luz e, essa competição pode levar à sucessão entre cepas tóxicas e não tóxicas durante as florações (KARDINAAL et al., 2007).

Os efeitos das toxinas variam de acordo com a composição química, podendo causar irritação da pele, gastroenterites, parada respiratória ou ainda a formação de tumores devido à ingestão contínua de água contaminada (PANOSSO et al., 2007). As cianotoxinas podem ser classificadas, segundo os efeitos tóxicos em quatro classes: neurotoxinas, hepatotoxinas, citotoxinas e dermatotoxinas (FALCONER, 1999; CALIJURI et al., 2006).

3.3.1 Neurotoxinas

As neurotoxinas constituem uma classe de substâncias alcaloides, que apesar de apresentarem mecanismos de ação distintos, agem na propagação do impulso nervoso, podendo causar paralisação muscular e até morte do animal por parada respiratória, sendo as principais as anatoxinas e saxitoxinas (BITTENCOURT-OLIVEIRA e MOLICA, 2003; LEE, 2008;

FERRÃO-FILHO, 2009). Esses alcaloides são produzidos principalmente pelos gêneros: *Aphanizomenon*, *Oscillatoria*, *Dolichospermum*, *Trichodesmium*, *Lyngbya* e *Raphidiopsis* (CARMICHAEL, 2001). As neurotoxinas foram encontradas em cepas de *Raphidiopsis brookii*, *Dolichospermum circinale* e oriundas de florações de ecossistemas aquáticos brasileiros (SANT'ANNA et al., 2008).

As anatoxinas são alcaloides de baixo peso molecular que atuam como bloqueadores neuromusculares, provocando a despolarização da membrana e impedindo a transmissão neuromuscular (CARMICHAEL 1992). Essa toxina é produzida por espécies dos gêneros *Anabaena*, *Oscillatoria*, *Raphidiopsis* e *Aphanizomenon*, além de já ter sido detectada em pequenas concentrações em uma cepa de *Microcystis* (VAN APELDOORN et al., 2007).

A saxitoxina é uma das mais potentes neurotoxinas naturais conhecidas (WIESE et al., 2010). Os bivalves se alimentam do fitoplâncton e, apesar de serem resistentes a essa toxina, são capazes de acumulá-las em grandes concentrações e, por isso, são comuns os casos de intoxicação humana por ingestão de ostras e mexilhões contaminados por saxitotoxinas (REIS, 2018). Essas toxinas que também são conhecidas como “toxinas paralisantes de mariscos” (PSP – *Paralytic Shellfish Poisoning*) foram isoladas inicialmente em dinoflagelados marinhos (VIANA-VERONEZI et al., 2009), sendo também produzidas por alguns gêneros de cianobactérias, como *Aphanizomenon*, *Lyngbya* e *Raphidiopsis* (CHORUS e BARTRAM, 1999).

3.3.2 Hepatotoxinas

As hepatotoxinas são peptídeos cíclicos comumente relacionados com intoxicação animal e humana em todo o mundo (BITTENCOURT-OLIVEIRA e MOLICA, 2003), sendo as principais microcistinas e nodularinas (FERRÃO-FILHO, 2009). São produzidas por espécies dos gêneros *Microcystis*, *Dolichospermum*, *Nodularia*, *Oscillatoria*, *Nostoc*, *Raphidiopsis*, *Aphanizomenon*, *Anabaenopsis*, *Synechococcus*, *Snowella* (CALIJURI et al., 2006). Apesar de apresentarem ação mais lenta, podem produzir disfunções hepáticas agudas e crônicas, além de causarem hemorragia e morte num intervalo de horas a poucos dias (MOLICA e AZEVEDO, 2009). As hepatotoxinas podem alterar as funções de outros órgãos, como rins, pulmão, timo e coração e, em longo prazo promover tumores (FUNASA, 2003; MOLICA e AZEVEDO, 2009; FERRÃO-FILHO, 2009), sendo as cianotoxinas mais comumente encontradas em florações em todo mundo (CHORUS e BARTRAM, 1999).

3.3.3 Citotoxinas

As citotoxinas são representadas pela cilindrospermopsina, que é uma substância alcaloide cíclica (VAN APELDOORN et al., 2007). Essa toxina foi descoberta na Austrália em 1979 em extratos de *Cylindrospermopsis raciborskii*, hoje denominada *Raphidiopsis raciborskii* (HAWKINS et al., 1985; OHTANI, MOORE e RUNNEGAR, 1992; BORTOLI e PINTO, 2015). Outras espécies de cianobactérias já foram reportadas como produtoras dessa toxina, tais como *Raphidiopsis curvata*, *Aphanizomenon ovalisporum*, *Anabaena lapponica* e *Microseira wollei* (PEARSON et al., 2010). O mecanismo de ação dessa toxina é inibição da síntese proteica, podendo também afetar os rins (CHORUS e BARTRAM, 1999; CALIJURI et al., 2006).

3.3.4 Dermatotoxinas

As dermatotoxinas são lipopolissacarídeos (LPS), sendo as aplysiatoxinas e lyngbiatoxinas as mais conhecidas, encontradas em cianobactérias bentônicas marinhas e responsáveis por dermatite de contato em banhistas em águas costeiras (CODD et al., 1999). A maioria das cianobactérias produz LPS, que causam irritação nos olhos, na pele, febre, tontura, fadiga e gastroenterite aguda (BARBOSA, 2009; FERRÃO-FILHO, 2009). Essas toxinas, comumente encontradas na membrana celular de bactérias gram negativas (CHORUS e BARTMAM, 1999), apresentam propriedades dermatotóxicas e inflamatórias, que pode agravar os efeitos das hepatotoxinas (WIEGAND e PFLUGMACHER, 2005).

3.4 EFEITOS DAS FLORAÇÕES NO AMBIENTE AQUÁTICO

As florações de cianobactérias podem causar diversas alterações ambientais, pois formam uma cobertura na coluna d'água, diminuindo ou impossibilitando a entrada de luz e comprometendo a flora bentônica (MATTHIENSEN, 2002). Esse biofilme superficial altera a transparência do meio, comprometendo a realização da fotossíntese e, podem ocasionar a depleção do oxigênio dissolvido da água, tendo em vista o processo de respiração das cianobactérias, especialmente durante a noite (CETESB, 2013) e, conseqüentemente, provocar a morte de outros organismos aquáticos. Podem ocorrer alterações na água, como turbidez elevada, presença de cor, sabor e odor, estabelecendo perda das qualidades cênicas (FUNASA, 2003; ARAGÃO, 2007; PANOSSO et al., 2007). Além disso, essas florações de cianobactérias podem ser tóxicas e causarem danos aos ecossistemas, reduzindo a capacidade desses sistemas

de sustentarem espécies devido à degradação do habitat, a maior sensibilidade a doenças e alterações em longo prazo na estrutura da comunidade (CARMICHAEL, 1992).

Organismos zooplantônicos, assim como peixes e moluscos, também são afetados pelas toxinas, podendo ocorrer mortandade devido à desoxigenação da água (PANOSSO et al., 2007). Alguns trabalhos (WATANABE, KAYA e TAKAMURA, 1992; MAGALHÃES, SOARES e AZEVEDO, 2001; NOGUEIRA et al., 2004; FERRÃO-FILHO, 2009) demonstraram que cianotoxinas podem ser acumuladas em organismos aquáticos, sendo uma via de contaminação para os níveis tróficos superiores. A concentração de toxinas bioacumuladas que pode afetar a saúde humana depende tanto da quantidade consumida de alimento contaminado como da toxicidade das florações (MORAIS, 2012).

3.5 EFEITOS DAS FLORAÇÕES TÓXICAS PARA SAÚDE PÚBLICA

Casos de florações tóxicas e intoxicações por cianotoxinas que levaram à morte animais como ovelhas, bovinos, peixes e cães foram registrados em diversos países, como Austrália, África do Sul, China, Inglaterra, Brasil, Itália e Estados Unidos (FALCONER et al., 1994; CHORUS e BARTRAM, 1999). Desde o início do século XX, estudos epidemiológicos e toxicológicos demonstraram que as florações de cianobactérias podem provocar intoxicações humanas e, dependendo do modo de ação da toxina, poderiam causar efeitos agudos ou crônicos, conforme o grau e o tempo de exposição (FALCONER et al., 1994).

As vias de intoxicação humana são diversas, podendo-se citar: inalação de partículas em aerossol e hemodiálise, se a água não for tratada adequadamente (CHORUS e BARTRAM, 1999; CALIJURI et al., 2006). A exposição prolongada às cianotoxinas é um grande risco à saúde, uma vez que as referidas toxinas podem promover tumores e, deste modo, a exposição continuada pode levar a um maior número de casos de câncer hepático e, em alguns casos, provocar mortes na população exposta (LEAL e SOARES, 2004).

Em 1979, na Austrália, 140 crianças e 10 adultos foram hospitalizados apresentando hepatoenterite severa após ingestão de água de um reservatório tratado com sulfato de cobre. Monitoramentos posteriores na represa identificaram a cianobactéria *Cylindrospermopsis raciborskii* (HAWKINS et al., 1985; OHTANI, MOORE e RUNNEGAR, 1992). Em um outro evento em 1983, o reservatório que abastecia uma pequena cidade da Austrália, após uma densa floração de *Microcystis aeruginosa*, foi tratado com algicida, o que ocasionou lise celular e liberação de toxinas na água, ocasionando sérios danos hepáticos à população (CETESB, 2013).

No Brasil, em 1988, foi registrada uma relação entre ocorrência de florações de cianobactérias e intoxicação de 200 pessoas que apresentaram gastroenterite severa após consumirem água do reservatório de Itaparica, Bahia, levando à morte 88 pessoas (TEIXEIRA et al., 1993). No entanto, a comprovação científica de intoxicação humana por cianotoxinas de fato aconteceu em 1996 por causa da contaminação em uma clínica de hemodiálise no município de Caruaru, Pernambuco (AZEVEDO et al., 2002), onde foram identificadas as toxinas microcistina e cilindrospermopsina nos filtros de carvão ativado da clínica, no soro sanguíneo e no tecido hepático de pacientes (JOCHIMSEN, 1998; CARMICHAEL et al., 2001; AZEVEDO et al., 2002). As referidas cianotoxinas causaram óbitos confirmados por insuficiência hepática devido à utilização da água contaminada do reservatório para hemodiálise (AZEVEDO et al., 2002).

Outro episódio de intoxicação de pacientes de hemodiálise aconteceu no Rio de Janeiro em 2001, após uma proliferação de *Microcystis* e *Anabaena* em reservatórios de abastecimento público da cidade (SOARES et al., 2006). No Lago Paranoá - DF, o excesso de cargas orgânicas provocaram uma floração, com consequente mortandade de peixes (PHILOMENO, 2007) e, em novembro de 2016, uma outra floração motivou o poder público na interdição do lago para pesca e recreação, a fim de evitar possíveis casos de intoxicação humana (ADASA/CAESB/NOVACAP/IBRAM, 2016).

As florações de cianobactérias tóxicas responsáveis pela morte de dezenas de pessoas no nordeste do Brasil motivaram o Ministério da Saúde a criar legislação específica (Portaria 2.914 de 12/12/2011) (BRASIL (2011), que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. A portaria determina o monitoramento de cianobactérias na água do manancial, no ponto de captação, com frequência mensal quando o número de cianobactérias não ultrapassar 10.000 células /mL (ou 1mm³/l de biovolume) e, semanal, quando for superior a este valor. Além disso, com cianobactérias acima de 20.000 células/ml no ponto de captação é preciso realizar análise semanal de cianotoxinas (microcistinas e saxitoxinas). O Ministério do Meio Ambiente (CONAMA 357/2005) também determinou o monitoramento das cianobactérias e de toxinas em águas naturais e, com relação aos parâmetros físico-químicos e biológicos, a referida resolução estabelece padrões de qualidade para águas doces e limites de concentração nesses ambientes aquáticos.

4 MATERIAL E MÉTODOS

No presente trabalho foi utilizado o método da revisão narrativa visando atualização do conhecimento sobre cianobactérias e cianotoxinas na saúde pública. A revisão foi realizada através de uma análise extensa da literatura. A busca dos artigos selecionados para essa revisão foi realizada nas seguintes bases de dados: Scientific Electronic Library Online (SciELO) e Google Acadêmico. Utilizou-se o Portal de Periódicos Capes (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) como fonte de referências.

Os descritores selecionados foram: “florações”, “cianobactérias” e “cianotoxinas”. Foram incluídas as publicações que apresentavam as expressões utilizadas como descritores no título, nas palavras-chave, ou ter explícito no resumo que o texto se relaciona à ocorrência de floração de cianobactérias e/ou produção de cianotoxinas. Os artigos excluídos não apresentavam o critério de inclusão estabelecido.

Como período de busca, utilizou-se os últimos onze anos de produção, 2009 a 2020, sendo consultados artigos em português e em inglês. Os dados foram analisados e plotados para elaboração de uma listagem das ocorrências de florações e toxinas assim como as cianobactérias encontradas ou predominantes nos trabalhos consultados. A partir desses trabalhos foram verificados e listados os efeitos das florações tóxicas para o ambiente aquático e saúde pública.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

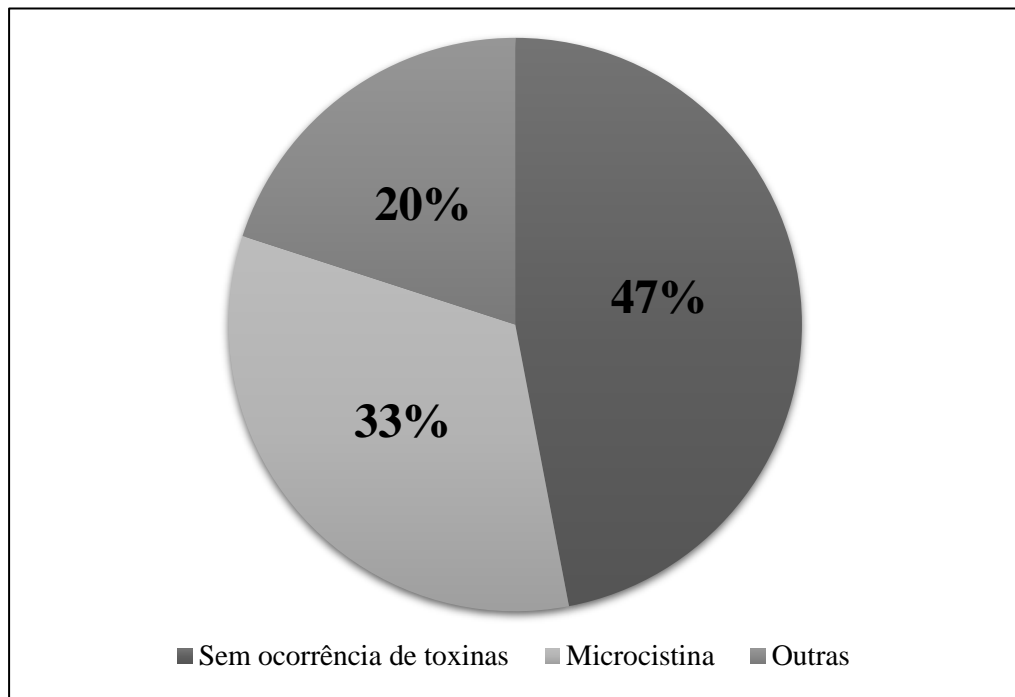
Uma porcentagem de 60% dos trabalhos analisados no presente estudo foi realizada na região nordeste, sendo os outros 40% nas regiões sudeste, centro-oeste e norte. Foram encontradas 74 espécies de cianobactérias em 15 trabalhos analisados no presente estudo, sendo as mais predominantes *Microcystis aeruginosa* e *Raphidiopsis raciborskii* em 86,6% dos trabalhos. As cianobactérias potencialmente tóxicas estão distribuídas em todas as regiões do Brasil, sejam elas tropicais ou subtropicais, como demonstra o levantamento realizado por Sant’Anna e Azevedo (2000), sendo encontradas cepas tóxicas na maioria dos estados, especialmente nos estados das regiões Nordeste e Sudeste (FREITAS et al., 2012). Nesse estudo foi possível observar que dos trabalhos realizados na região Nordeste, 100% apresentaram pelo menos uma espécie de cianobactéria potencialmente tóxica, o mesmo aconteceu nos trabalhos da região Sudeste.

5.1 FLORAÇÕES E CIANOTOXINAS

Foram encontradas florações de cianobactérias nos estados do Rio Grande do Norte, Pernambuco, Pará e São Paulo, sendo 66,6% em reservatórios e 33,3% em rios (COSTA et al., 2009; SÁ et al., 2010; MACHADO et al., 2016; LIMA, 2017; LEITE, BIAGIONI e SMITH, 2018). No presente trabalho em 50% das florações foram encontradas mais de uma espécie de cianobactéria potencialmente tóxica. A proliferação intensa das cianobactérias na superfície da água geralmente se dá com predomínio de poucas ou de apenas uma espécie de cianobactéria potencialmente tóxica (BARBOSA, 2009). Entretanto há variação de toxicidade das florações, pois em um mesmo corpo d'água pode haver uma alternância de cepas tóxicas e não tóxicas (FUNASA, 2003; MOLICA e AZEVEDO, 2009).

Em relação às toxinas, no presente estudo três foram encontradas nos trabalhos analisados, sendo microcistina a predominante (Figura 1 e Tabela 1). Em 47% dos trabalhos analisados não houve registro da ocorrência de toxinas, 33% registraram apenas a ocorrência de microcistina e 20% desses registraram a presença de saxitoxina, cilindrospermopsina e/ou a combinação das três cianotoxinas citadas acima.

Figura 1: Percentual de cianotoxinas nos trabalhos analisados.



Fonte: Autora, 2020.

Observou-se no presente estudo que em 53% dos trabalhos ocorreram cianotoxinas e, destes, em 37,5% foram relatadas florações tóxicas com microcistinas oriundas principalmente de *Microcystis aeruginosa*. Freitas et al (2012) também verificaram a dominância de

Microcystis em períodos de florações e a espécie *Microcystis aeruginosa* como a principal produtora de microcistina no Brasil entre os anos de 1978 a 2008. Além da microcistina, a cilindrospermopsina e a saxitoxina também foram encontradas em reservatórios de São Paulo, Ceará, Rio Grande do Norte e Pernambuco (LEITE, BIAGIONI e SMITH, 2018; LOPES et al., 2015; REGO, RANGEL-JÚNIOR e COSTA, 2020; DINIZ, SEVERIANO e MOURA, 2013; LIMA, 2017).

Tabela 1: Gêneros de cianobactérias e cianotoxinas predominantes nos trabalhos analisados.

| Ano | Local | Cianotoxina | Cianobactérias predominantes | Referências |
|-----------|---|--|---|-----------------------------------|
| 2002-2004 | Reservatórios Armando Ribeiro Gonçalves, Sabugi, Itans, Passagem das traíras, Boqueirão de Parelhas e Gargalheiras – RN | hepatotoxinas | <i>Microcystis</i> ; <i>Raphidiopsis</i> ; <i>Planktothrix</i> ; <i>Anabaena</i> . | Costa et al., 2009 |
| 2003-2009 | Lago Jaó – GO | | <i>Dolichospermum</i> , <i>Microcystis</i> , <i>Aphanocapsa</i> | Nogueira et al., 2011 |
| 2006-2007 | Reservatório de Tapacurá – PE | | <i>Pseudanabaena</i> ; <i>Raphidiopsis</i> ; <i>Microcystis</i> . | Andrade et al., 2009 |
| 2007 | Rio Tapajós – PA | microcistinas | <i>Anabaena</i> ; <i>Microcystis</i> . | Sá et al., 2010 |
| 2007-2009 | Reservatórios de Ituparanga e Ipanaminha – SP | saxitoxina, cilindrospermopsina | <i>Dolichospermum</i> ; <i>Aphanizomenon</i> ; <i>Microcystis</i> . | Leite, Biagioni e Smith, 2018 |
| 2009-2010 | Lago Paranoá – DF | | <i>Aphanocapsa</i> | Batista e Fonseca, 2018 |
| 2010 | Reservatório de Ipojuca – PE | microcistina e cilindrospermopsina | <i>Planktothrix</i> , <i>Raphidiopsis</i> | Diniz, Severiano e Moura, 2013 |
| 2010-2011 | Reservatório Sítios Novos – CE | saxitoxinas | <i>Planktothrix</i> ; <i>Raphidiopsis</i> . | Lopes, Capelo-Neto e Sousa, 2013 |
| 2011 | Reservatório de Mundaú – PE | | <i>Synechocystis</i> , <i>Raphidiopsis</i> , <i>Geitlerinema</i> | Santos et al., 2019 |
| 2011-2012 | Rio Ipojuca – PE | microcistinas | <i>Synechocystis</i> , <i>Synechococcus</i> , <i>Planktothrix</i> | Ramos et al., 2016 |
| 2014 | Reservatório de Guarapiranga – SP | | <i>Raphidiopsis</i> ; <i>Dolichospermum</i> ; <i>Planktothrix</i> . | Machado et al., 2016 |
| 2014 | Reservatório Jucazinho e de Carpina – PE | microcistinas, cilindrospermopsina e saxitoxinas | <i>Planktothrix</i> ; <i>Raphidiopsis</i> ; <i>Aphanocapsa</i> ; <i>Microcystis</i> . | Lima, 2017 |
| 2014-2015 | Reservatórios (20) – PB | | <i>Aphanocapsa</i> , <i>Planktothrix</i> | Cruz et al., 2016 |
| 2015 | Reservatório de Nova Avanhandava – SP | | <i>Microcystis</i> ; <i>Raphidiopsis</i> ; <i>Anabaena</i> ; <i>Pseudoanabaena</i> . | Utsumi et al., 2015 |
| 2015 | Reservatórios Armando Ribeiro Gonçalves, Itans, Passagem das traíras, Boqueirão e Gargalheiras – RN | microcistina | <i>Planktothrix</i> , <i>Microcystis</i> , <i>Anabaena</i> | Rego, Rangel-Júnior e Costa, 2020 |

Fonte: Autora, 2020.

De acordo com Sant’anna (2008) e Bicudo e Menezes (2010) os gêneros *Microcystis* e *Anabaena* são os que apresentam maior número de espécies tóxicas. Outros gêneros

potencialmente tóxicos que se destacaram no presente estudo foram *Planktothrix*, *Aphanocapsa*, *Raphidiopsis*, *Aphanizomenon* e *Pseudanabaena*.

Os gêneros mais predominantes de cianobactérias encontrados em estudos realizados nos últimos anos na região Nordeste foram *Microcystis*, *Raphidiopsis*, *Planktothrix*, *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Aphanocapsa*, *Geitlerinema* e *Oscillatoria*. Colvara (2012), Freitas (2012) e Menescal (2018) fizeram um levantamento com publicações de ocorrência destes mesmos gêneros nos estados da região Nordeste. Esse fato indica que os diversos reservatórios localizados na região Nordeste, devido a períodos recorrentes de seca, provavelmente estão ainda mais suscetíveis a ocorrência de cianobactérias e possíveis casos de intoxicação por cianotoxinas. Na Tabela 2 estão listados trabalhos com ocorrência de florações tóxicas na região Nordeste, sendo incluídos os do presente estudo assim como os citados acima, abrangendo trabalhos publicados entre os anos de 2000 a 2020. Foram listadas 49 publicações, sendo os gêneros potencialmente tóxicos *Raphidiopsis* e/ou *Microcystis* encontrados em 89,7% dos trabalhos.

Tabela 2: Listagem de gêneros de cianobactérias potencialmente tóxicas comumente encontradas em florações na região Nordeste nos últimos 20 anos.

| Gêneros de cianobactérias predominantes | Estado | Referências |
|---|--------|---|
| <i>Anabaena</i> | CE | Yunes et al., 2003 |
| | PB | Monteiro et al., 2013 |
| | PE | Molica et al., 2005 |
| | RN | Panosso et al., 2007 |
| <i>Aphanizomenon</i> | BA | Embasa, 2015 |
| | RN | Panosso et al., 2007; Costa et al., 2009 |
| <i>Aphanocapsa</i> | BA | Embasa, 2015 |
| | PB | Cruz et al., 2016 |
| <i>Microcystis</i> | BA | Carraro, 2009; Lima et al., 2013; Embasa, 2015; Affe et al., 2016 |
| | PB | Monteiro et al., 2013 |
| | PE | Moura et al., 2007; Andrade et al., 2009; Costa et al., 2009; Silva et al., 2011; Aragão, 2011; Dantas, 2011; Piccin-Santos et al., 2012; Bittencourt-Oliveira et al., 2012; Vieira, 2013; Bittencourt-Oliveira et al., 2014; Lima, 2017 |
| | RN | Costa et al., 2006; Vieira, 2013; Cardoso, 2016; Rego, Rangel-Júnior e Costa, 2020 |
| <i>Planktothrix</i> | BA | Embasa, 2015 |
| | CE | Freire, 2007; Lopes, Capelo-Neto e Sousa, 2013; Santos, 2014; Lopes et al., 2015 |
| | PB | Torquato, 2012; Monteiro et al., 2013; Cruz et al., 2016; Lins et al., 2016 |
| | PE | Aragão, 2007; Moura, 2007; Aragão, 2011; Dantas, 2011; Bittencourt-Oliveira et al., 2011; Bittencourt-Oliveira et al., 2012; Vieira, 2013; Diniz et al., 2013; Bittencourt-Oliveira et al., 2014; Oliveira et al., 2015; Ramos et al., 2016 |
| | RN | Chellappa et al., 2009; Vieira, 2013 |
| <i>Raphidiopsis</i> | BA | Carraro, 2009; Embasa, 2015 |
| | CE | Yunes et al., 2003; Barroso et al., 2004; Freire, 2007; Ferreira et al., 2008; Von Sperling et al., 2008; Costa, 2012; Lopes, Capelo-Neto e Sousa, 2013; Lucas et al., 2013; Santos, 2014; Lopes et al., 2015 |
| | PB | Mendes et al., 2003; França et al., 2009; Torquato, 2012; Cardoso et al., 2016; Lins et al., 2016 |
| | PE | Bouvy et al., 2000; Huszar et al., 2000; Molica et al., 2005; Travassos-Júnior et al., 2005; Aragão et al., 2007; Moura et al., 2007; Dias, 2009; Aragão, 2011; Bittencourt-Oliveira et al., 2011; Dantas et al., 2011; Lira et al., 2011; Bittencourt-Oliveira et al., 2012; Piccin-Santos, et al., 2012; Vieira, 2013; Diniz et al., 2013; Bittencourt-Oliveira et al., 2014; Oliveira et al., 2015; Cardoso et al., 2016 |
| | RN | Costa et al., 2006; Panosso et al., 2007; Chellappa et al., 2008; Cardoso et al., 2016; Vieira, 2013 |

Continuação

| Gêneros de cianobactérias predominantes | Estado | Referências |
|--|---------------|---|
| <i>Geitlerinema</i> | BA | Carraro, 2009 |
| | CE | Lopes, Capelo-Neto e Sousa, 2013 |
| | PB | Monteiro et al., 2013 |
| | PE | Aragão et al., 2007; Moura et al., 2007; Silva et al., 2011; Bittencourt-Oliveira et al., 2011; Bittencourt-Oliveira et al., 2012; Bittencourt-Oliveira et al., 2014; Oliveira et al., 2015 |
| <i>Pseudanabaena</i> | CE | Freire, 2007; Santos, 2014 |
| | PE | Molica et al., 2005; Moura et al., 2007; Bittencourt-Oliveira et al., 2011 |
| | RN | Chellappa et al., 2009; Cardoso et al., 2016 |
| <i>Merismopedia</i> | BA | Embasa, 2015 |
| | CE | Lopes, Capelo-Neto e Sousa, 2013; Santos, 2014 |
| | PB | Cardoso et al., 2016 |
| | PE | Moura et al., 2007; Dantas et al., 2011; Aragão, 2011; Bittencourt-Oliveira et al., 2011; Bittencourt-Oliveira et al., 2012; Bittencourt-Oliveira et al., 2014 |
| <i>Oscillatoria</i> | CE | Santos et al., 2014 |
| | PB | Cardoso et al., 2016 |
| | PE | Bittencourt-Oliveira et al., 2012 |
| | RN | Chellappa et al., 2009 |

Fonte: Colvara (2012), Freitas et al (2012), Menescal (2018) e Autora (2020).

5.2 EFEITOS DAS FLORAÇÕES TÓXICAS COM CONSEQUÊNCIAS PARA SAÚDE PÚBLICA

No presente estudo, dos quinze trabalhos analisados 66,6% foram realizados em reservatórios de abastecimento, sendo que em 70% destes foram encontradas cianotoxinas. Alguns ambientes eutróficos, com reduzida qualidade da água, como o rio Ipojuca – PE (RAMOS et al., 2016) e os reservatórios Armando Ribeiro Gonçalves, Sabugi, Itans, Passagem das traíras, Boqueirão de Parelhas e Gargalheiras – RN (COSTA et al., 2009) as florações de cianobactérias foram recorrentes. A ocorrência de proliferações de cianobactérias em reservatórios tem se tornado um problema mundial, em razão da maioria apresentar condições de eutrofia ou hipereutrofia (FONSECA et al., 2010). No Brasil, os reservatórios constituem ecossistemas mais propícios para a expansão das florações de cianobactérias, sendo eventos frequentes em sistemas de abastecimento (OLIVER e RIBEIRO, 2014). Essa recorrência de florações produtoras de toxina pode expor a população a risco de intoxicação aguda e/ou crônica, caso a água não

passar por processos de tratamento adequado para remoção dessas toxinas (MENESCAL, 2018), como já ocorrido no evento de Caruaru.

Sá et al (2010) encontraram efeitos de uma floração no ambiente aquático, não havendo toxicidade aguda com danos imediatos à saúde humana mas, podendo ocorrer sequelas ao ser humano em exposição prolongada à toxina. Desta maneira, diversas toxinas não são prejudiciais aos herbívoros imediatos, mas podem bioacumular ao longo da teia trófica e causar prejuízos somente para os organismos de maior nível trófico (CASTRO e MOSER, 2012).

Em regiões costeiras a proliferação de cianobactérias pode ocasionar produção de mucilagem, espuma e mau odor, assim como intoxicações na comunidade devido ao consumo de animais marinhos que bioacumularam as toxinas (CASTRO e MOSER, 2012). Desta maneira, os problemas causados pelas cianobactérias são diversos, com prejuízos econômicos e de saúde pública, podendo contaminar a comunidade assim como afetar o turismo e a pesca na região.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente revisão demonstrou que as cianobactérias potencialmente tóxicas estão distribuídas em todas as regiões do Brasil, especialmente em reservatórios da região Nordeste. As florações estão sendo mais frequentes e com cianotoxinas, causando alterações e influenciando nos diversos níveis tróficos. Microcistina foi a cianotoxina mais encontrada, principalmente nos trabalhos realizados em reservatórios destinados ao abastecimento público, ocasionando um problema de saúde pública.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADASA/CAESB/NOVACAP/IBRAM (2016) **Proliferação de cianobactérias e mortandade de peixes no Lago Paranoá**. Nota Técnica, dezembro de 2016.

ALMEIDA, C. R. **Composição do fitoplâncton e cianotoxinas em um reservatório utilizado para o abastecimento público: o efeito do tratamento de água convencional**. Dissertação (Mestrado) - Pós-graduação em Biologia de Ambientes Aquáticos Continentais da Universidade Federal do Rio Grande, 2014.

ALMEIDA, L. C.; JORGE, T. B. F.; PINTO, R. et al. Cianobactérias e cianotoxinas fatores de risco para o abastecimento de água. **Revista Científica Univiçosa**. Viçosa, v.7, n.1, p.508-513, Jan/dez. 2015.

ANDRANDE, C. M.; GOMES, C. T. S.; ARAGÃO, N. K. C. V. et al. Estrutura da comunidade fitoplanctônica com ênfase em Cyanobacteria no reservatório de Tapacurá-PE. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, 68(1):109-17, 2009.

ARAGÃO, N. K. C. V.; GOMES, C. T. S.; GIULLIARI A. S. T. et al. Estudo da comunidade fitoplanctônica no reservatório do Carpina PE, com ênfase em Cyanobacteria. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, 66(3): 240-248, 2007.

ARAGÃO, N. K. C. V. **Taxonomia, distribuição e quantificação de populações de cianobactérias em reservatórios do estado de Pernambuco (Nordeste do Brasil)**. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Programa de Pós-Graduação em Botânica da Universidade Federal Rural de Pernambuco, 159 f., Recife, 2011.

AZEVEDO, M. T. D. P.; SANT'ANNA, C. L. Morfologia e reprodução. In: SANT'ANNA, C.L. et al. **Manual ilustrado para identificação e contagem de cianobactérias planctônicas de águas continentais brasileiras**. Rio de Janeiro: Interciência, cap. 2, 2006.

AZEVEDO, S. M. F. O.; CARMICHAEL, W. W.; JOCHIMSEN, E. M. et al. Human intoxication by microcystins during renal dialysis treatment in Caruaru Brazil. **Toxicology**, 181: 441-446; 2002.

BARBOSA, T. S. **Cianobactérias Tóxicas e Processo de Remoção**. Monografia (Microbiologia ambiental e industrial) - Programa de Pós-Graduação em Microbiologia da Universidade Federal de Minas Gerais, 68 f., Belo Horizonte, 2009.

BICUDO, C. E. M.; MENEZES, M. **Algas do Brasil**: Forzza et al (org.). Catálogo de Plantas e Fungos do Brasil. Vol. 1. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. p 49-61, 2010.

BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C.; MOLICA, R. Cianobactéria invasora – Aspectos moleculares e toxicológicos de *Cylindrospermopsis raciborskii*. **Revista Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**, v.30, p.82-90, janeiro 2003.

BORTOLI, S.; PINTO, E. **Cianotoxinas: características gerais, histórico, legislação e métodos de análises**. In: Ecologia de reservatórios e interfaces, Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, p. 321-339, 2015.

BRANDÃO, E. T. P. **Cianobactérias e saúde pública no Brasil**. Dissertação (Mestrado em Biologia Humana e Ambiente) - Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, 76f, Lisboa, 2008.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria no. 2.914 de 12 de dezembro de 2011**. Diário Oficial da União n. 239, Seção 1, Brasília, pp. 39-46, 14 de dezembro de 2011.

BRASIL, CONAMA. Resolução n 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**. Brasília, 2005.

BROCK, T.D. **Lower pH Limit for existence of blue-green algae: Implication Science.** Madson, v.179, pp 480-483, 1972.

CALIJURI M.C.; ALVES MSA; SANTOS A.A. **Cianobactérias e Cianotoxinas em Águas Continentais**, São Carlos, Ed. Rima, p.109, 2006.

CARMICHAEL, W.W. Cyanobacteria secondary metabolites: the cyanotoxins. **Applied Bacteriology**, 72: 445–454, 1992.

CARMICHAEL, W.W. Health effects of toxin-producing Cyanobacteria: the cyanoHabs. **Journal Human and Ecological Risk Assessment**, 75: 1393-1407, 2001.

CASTRO, N.O.; MOSER, G.A.O. Florações de algas nocivas e seus efeitos ambientais. **Oecologia Australis**, 16(2): 235-264, 2012.

CETESB. **Manual de cianobactérias planctônicas: legislação, orientações para o monitoramento e aspectos ambientais.** CETESB; Maria do Carmo Carvalho [et al.]. São Paulo: CETESB, 2013.

CHORUS, I.; BARTRAM, J. **Toxic cyanobacteria in water, a guide to public health consequences, monitoring and management.** London: WHO, 416 p., 1999.

CODD, G. A. Cyanobacterial toxins: occurrence, properties and biological significance. **Water Science and Technology**, 32 (4): 149-156, 1995.

CODD, G. A.; BELL, S.; KAYA, K. et al. Cyanobacterial toxins, exposure routes and human health. **European Journal of Phycology**, 34: 405-415, 1999.

CODD, G. A.; ROBERTS, C. (Eds) Public health aspects of cyanobacteria (blue-green algae). Proceedings of a seminar. Public Health Laboratory Service. Association of Medical Microbiologists. **PHLS Microbiology Digest**, v.8, p.78-100, 1991.

COLVARA, W. A. **Estudo das florações de cianobactérias produtoras de cianotoxinas paralisantes e desenvolvimento de metodologia de purificação das toxinas.** Tese (Doutorado) - Pós-Graduação em Oceanografia Química, Física e Geológica da Universidade Federal do Rio Grande, 176 f. Rio Grande, 2012.

COSTA I. A. S. **Dinâmica de Populações de Cianobactérias em Reservatório Eutrofizado no semi-árido Nordeste Brasileiro.** Tese (Doutorado) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 232 f., 2003.

COSTA, I. A. S.; CUNHA, S. R. S.; PANOSSO, R. et al. Dinâmica de cianobactérias em reservatórios eutróficos do semi-árido do Rio Grande do Norte. **Oecologia Brasiliensis.**, 13(2): 382-401, 2009.

CRUZ, P. S. **Ocorrência de cianobactérias em reservatórios tropicais brasileiros.** Anais do IV Congresso Baiano de Engenharia Sanitária e Ambiental, Cruz das Almas – Ba, 13 a 16 de julho de 2016.

DINIZ, A. S.; SEVERIANO, J. S.; MOURA, A. N. **Cianobactérias e cianotoxinas em um reservatório de abastecimento público na região agreste de Pernambuco.** Anais da XIII Jornada de ensino, pesquisa e extensão – JEPEX 2013 – UFRPE: Recife – PE, 09 a 13 de dezembro de 2013.

FALCONER, I.R. **Health implications of Cyanobacterial (blue-green algae) toxins.** In: Toxic Cyanobacteria current status of research and management. Eds. STEFFENSEN, D.A. & NICHOLSON, B.C. Proceedings fo an International Workshop. Adelaide. Australia. 1994.

FALCONER, I.R. An overview of problem caused by toxic blue-green algae (Cyanobacteria) in drinking and recreational water. **Environmental Toxicology**, 14:5-12, 1999.

FERRÃO-FILHO, A. S. Bioacumulação de cianotoxinas e seus efeitos em organismos aquáticos. **Oecologia Brasiliensis**, 13(2): 272-312, 2009.

FERRAZ, H. D. A. **Associação da ocorrência de cianobactérias às variações de parâmetros de qualidade da água em quatro bacias hidrográficas de Minas Gerais.** Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais, 95f., Belo Horizonte, 2012.

FERREIRA A. B. H. **Pequeno Dicionário da Língua Portuguesa**, ed. Civilização Brasileira S.A., Rio de Janeiro, p.1301, 1974.

FREITAS, T. C.; SANT'ANNA, E. M. E.; GUEDES, C. D. et al. Análise qualitativa e toxicológica de uma floração de cianobactérias na Lagoa do Gambá em Ouro Preto, MG, e uma síntese da ocorrência de florações de cianobactérias no Brasil. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. v 17, n.3, 17-28, 2012.

FONSECA, F. S. et al. Influência de fatores climatológicos na ocorrência de microcistina. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v.69, n.4, p.461-6, 2010.

FUNASA. **Cianobactérias tóxicas na água para consumo humano na saúde pública e processos de remoção em água para consumo humano.** Brasília: Ministério da Saúde: Fundação Nacional de Saúde, 2003.

GAMA-JÚNIOR, W. A. **Cianobactérias unicelulares e coloniais de ambientes terrestres de áreas de Mata Atlântica no estado de São Paulo, Brasil.** Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente) – Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente, 172 f., São Paulo, 2012.

GARCÍA, C.; BRAVO, M. C.; LAGOS, M. et al. Paralytic shellfish poisoning: post-mortem analysis of tissue and body fluid samples from human victims in the Patagonia fjords. **Toxicon**, v. 43, p. 149 – 158, 2004.

GOMES, L. N. L. **Estudo da associação entre parâmetros bióticos e abióticos e a ocorrência de florações de cianobactérias no reservatório de Vargem das Flores – MG.** Tese (Doutorado) – Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais, 403 f., Belo Horizonte, 2008.

GUVEN, B.; HOWARD, A. Sensitivity analysis of a cyanobacterial growth and movement model under two different flow regimes. **Environmental Modeling and Assessment**, v. 16, n. 6, p. 577-589, 2011.

HAWKINS, P. R.; RUNNEGAR, M. T.; JACKSON, A. R. et al. Severe hepatotoxicity caused by the tropical cyanobacterium (blue-green alga) *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenaya and Subba Raju isolated from a domestic water supply reservoir. **Applied and Environmental Microbiology**, 50:1292-1295, 1985.

JEPPESEN, E.; KRONVANG, B.; MEERHOFF, M. et al. Climate change effects on runoff, catchment phosphorus loading and lake ecological state, and potential adaptations. **Journal of Environmental Quality**, v. 38, p. 1930-1941, 2009.

JOCHIMSEN, E. M.; CARMICHAEL, W. W.; AN, J. S. et al. Liver failure and death following exposure to microcystins toxins at a hemodialysis Center in Brazil. **The New England Journal of Medicine**, v. 338, n. 13, p. 873-888, 1998.

KARDINAAL, W. E. A.; TONK, L.; JANSE, I. et al. Competition for light between toxic and nontoxic strains of the harmful Cyanobacterium *Microcystis*. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 73, n. 9, p. 2939-2946, 2007.

LEAL, A. C.; SOARES, M. C. P. Hepatotoxicidade da cianotoxina microcistina. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 37, Uberaba, 2004.

LEE, R. L. **Phycology**. 4 ed. New York, Cambridge University Press, 2008.

LEITE, A. R. C.; BIAGIONI, R. C.; SMITH, W. S. Diversidade de cianobactérias em mananciais da bacia do rio Sorocaba, com ênfase nas represas de Itupararanga e Ipaneminha, SP, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 16, n.1, p. 11-20, 2018.

LIMA, V. H. M. Cianobactérias em reservatórios do estado de Pernambuco: ocorrência e toxicidade. **HOLOS**, Ano 33, Vol. 4, 2017.

LOPES, I. K. C.; CAPELO-NETO, J.; SOUSA, A. Z. A. P. **Determinação de toxicidade de cianobactérias da comunidade fitoplanctônica do açude Sítios Novos, Caucaia-CE**. Anais do Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Bento Gonçalves – RS, 17 a 22 de novembro de 2013.

LOPES, A. M. M. B.; GOMES, L. N. L.; MARTINS, F. C. et al. Dinâmica de protozoários patogênicos e cianobactérias em um reservatório de abastecimento público de água no sudeste do Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, vol. 22, n.1, 2017.

LYCK, S. Simultaneous changes in cell quotas of microcystin, chlorophyll a, protein and carbohydrate during different growth phases of a batch culture experiment with *Microcystis aeruginosa*. **Journal of Plankton Research**, v.26, n.7, p.727-736, 2004.

MACHADO S. L., SANTOS, L. G.; DOVAL, J. C. L. et al. Fatores ambientais relacionados à ocorrência de cianobactérias potencialmente tóxicas no reservatório de Guarapiranga, SP, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, vol. 11, n. 4, Taubaté, 2016.

MAGALHÃES, V.F., SOARES, R. M.; AZEVEDO, S. M. F. O. Microcystin contamination in fish from the Jacarepaguá lagoon (Rio de Janeiro, Brazil): ecological implication and human health risk. **Toxicon**, 39: 1077-1085, 2001.

MAGALHÃES, A. B. S. **Ocorrência de cianobactérias em mananciais de abastecimento de água para consumo humano no município de Viçosa – MG**. Dissertação (Mestrado em Botânica estrutural; Ecologia e Sistemática) – Programa de Pós-Graduação em Botânica da Universidade Federal de Viçosa, 145f, Viçosa, 2007.

MATTHIENSEN, A. **Introdução às florações tóxicas por cianobactérias em corpos d'água e previsão normativa (Portaria n.º 1469/MS/2000)**. Companhia Catarinense de Águas e Saneamento. Florianópolis, 2002.

MENESCAL, M. T. A. P. **Cianobactérias e cianotoxinas em uma floração no reservatório Joanes I**. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente, Águas e Saneamento) – Universidade Federal da Bahia, 124f, Salvador, 2018.

MOLICA, R.; AZEVEDO, S. Ecofisiologia de cianobactérias produtoras de cianotoxinas. **Oecologia Brasiliensis**, 13(2): 229-246, 2009.

MOLICA, R.; OLIVEIRA, E. J. A.; CARVALHO, P. V. V. C. et al. Occurrence of saxitoxins and anatoxin-a(s)-like anticholinesterase in a Brazilian drinking water supply. **Harmful Algae**, 4: 743-753, 2005.

MORAIS, A. A. **Avaliação de técnicas convencionais de tratamento de água para consumo humano na remoção de cianobactérias e cianotoxinas e processos oxidativos para remoção de micocistinas**. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Viçosa, 178 f., Viçosa, 2012.

MOWE, M. A. Rising temperatures may increase growth rates and microcystin production in tropical *Microcystis* species. **Harmful Algae**, v. 50, p. 88-98, 2015.

NOGUEIRA, I. C. G., PEREIRA, P.; DIAS, E. et al. Accumulation of paralytic shellfish toxins (PST) from the cyanobacterium *Aphanizomenon issatschenkoi* by cladoceran *Daphnia magna*. **Toxicon**, 44: 773-780, 2004.

OHTANI, I.; MOORE, R. E.; RUNNEGAR, M. T. C. Cylindrospermopsin: a potent hepatotoxin from the bluegreen alga *Cylindrospermopsis raciborskii*. **Journal of the American Chemical Society**, 114:7941-7942, 1992.

OLIVER, S. L.; RIBEIRO, H. Variabilidade climática e qualidade da água do Reservatório Guarapiranga. **Estudos Avançados**, v.28, n.82, São Paulo, 2014.

PADISÁK, J. ***Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenayya et Subba Raja, an expanding highly adaptative cyanobacterium: worldwide distribution and review of its ecology**. *Arch für Hydrobiology*, 107: 563-593, 1997.

PAERL, H.W.; HUISMAN, J. Blooms like it hot. **Science**, 320: 57-58, 2008.

PAERL, H.W.; PAUL, V.J. Climate change: Links to global expansion of harmful cyanobacteria. **Water Research**, 46:1349-1363, 2012.

PANOSSO, R. et al. Cianobactérias e cianotoxinas em reservatórios do estado do Rio Grande do Norte e o potencial controle das florações pela tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*). **Oecologia Brasiliensis**, 11 (3): 433-449, 2007.

PEARSON, L.; MIHALI, T.; MOFFITT, M. et al. On the chemistry, toxicology and genetics of the cyanobacterial toxins, microcystin, nodularin, saxitoxin and cylindrospermopsin. **Marine Drugs**, v.8, n.5, p. 1650-1680, 2010.

PHILOMENO, M. **A comunidade fitoplanctônica e a restauração do Lago Paranoá, Brasília DF**. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Universidade de Brasília, 669 f., Brasília, 2007.

RAMOS, C. P. S.; MENEZES, T. G. C.; AGRELLI, A. et al. Cianobactérias e microcistina em águas de rio destinadas ao abastecimento de centro industrial de Caruaru, PE, Brasil. **Vigilância Sanitária em Debate**; 4(1):27-35, 2016.

REGO, A. H. G.; RANGEL-JUNIOR, A.; COSTA, I. A. S. Phytoplankton scenario and microcystin in water during extreme drought in semiarid tropical water supplies, Northeastern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**; v. 80, n. 1; p.1-11, 2020.

REIS, G. C. **Efeitos da cianobactéria neurotóxica *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska, 1912) sobre parâmetros reprodutivos e comportamento alimentar de *Daphnia* spp. (Crustacea, Cladocera)**. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade e Saúde) -Instituto Oswaldo Cruz, Fundação Oswaldo Cruz, 65 f., Rio de Janeiro, 2018.

SÁ, L. L. C.; VIEIRA, J. M. S.; MENDES, R. A. et al. Ocorrência de uma floração de cianobactérias tóxicas na margem direita do rio Tapajós, no Município de Santarém (Pará, Brasil). **Revista Pan-Amazônica Saude**; 1(1):159-166; 2010.

SANT'ANNA, C. L.; AZEVEDO, M. T. P. Contributions to the knowledge of toxic Cyanobacteria from Brazil. **Nova Hedwigia**, 71 (3-4): 359-385, 2000.

SANT'ANNA, C. L.; AZEVEDO, M. T. P.; WERNER, V. R. et al. Review of toxic species of cyanobacteria in Brazil. **Algological Studies**, 126: 251-265, 2008.

SANTOS, L. L.; CABRAL, J. J. S. P.; PAIVA, A. L. R. et al. **Eliminação de cianobactérias através do uso da tecnologia de filtração em margens em um reservatório de abastecimento público do estado de Pernambuco – PE**. Anais do XXIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Foz do Iguaçu – PR, 24 a 28 de novembro de 2019.

SCHOPF, J.W.; PACKER, B.M. Early Archean (3.3-billion to 3.5-billion-year-old) microfossils from Warrawoona Group, Australia. **SCIENSE**, p. 70-73, 1987.

SHAPIRO, J. Current beliefs regarding dominance by blue-greens: the case for the importance of CO₂ and pH. **Verh international Verein Limnology**, 24: 38-54, 1990.

SIQUEIRA, D. B.; OLIVEIRA-FILHO, E.C. Cianobactérias de água doce e saúde pública: uma revisão. **Universitas Ciências da Saúde**, vol. 03, n.1, p. 109-127. 2008.

SMITH, P.T. **Light and nutrients effects on the relative biomass of blue-green algae in lake phytoplankton**. Canadian Journal Fish and Aquatic sciences, 43: 148-153, 1996.

SOARES, R. M.; YUAN, M.; SERVAITES, J. C. et al. Sub-lethal exposure from microcystins to renal insufficiency patients in Rio de Janeiro Brazil. **Environmental Toxicology**, 21: 95-103, 2006.

TEIXEIRA, M. G. L. C. et al. Gastroenteritis Epidemic in the Area of the Itaparica, Bahia, Brazil. **Bulletin of PAHO**; 27(3):244-53; 1993.

TORGAN, L.C. Florações de algas: composição, causas e conseqüências. Florianópolis, Ínsula (19): 15-39, 1989.

TRINDADE, P.B.C.B. **Classificação do estado trófico de reservatórios – Estudo de caso: Reservatório de Rio Bonito (ES)**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santos, 64f., Vitória, 2011.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos,. 631p. 2008.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; TUNDISI, J. E. M. et al. A bloom of Cyanobacteria (*Cylindrospermopsis raciborskii*) in UHE Carlos Botelho (Lobo/Broa) reservoir: a consequence of global change? **Brazilian Journal of Biology**, v. 75, n. 2, p. 507-508, 2015.

VAN APELDOORN, M. E.; EGMOND, H. P.; SPEIJERS, G. J. A. et al. Toxins of cyanobacteria. **Molecular Nutrition & Food Research**, v. 51, n. 1, p. 7-60, 2007.

VENDRUSCOLO, J. S. **Avaliação da degradação biológica de microcistina-1r em laboratório: influência da concentração inicial da toxina, temperatura, luz e camada suporte**. Monografia (Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 79 f. São Carlos, 2018.

VEZIE, C.; RELAPA, J.; VAITOMAA, J. et al. Effect of nitrogen and phosphorus on growth of toxic and nontoxic microcystis strains and on intracellular microcystin concentrations. **Microbial Ecology**, France, v. 43, p. 443-454, abr. 2002.

VIANA-VERONEZI, M.; GIANI, A.; MELO, C. S. et al. Avaliação da remoção de saxitoxinas por meio de técnicas de tratamento das águas de abastecimento. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v.14, n.2, p.193-204, 2009.

WATSON, S.B; McCAULEY, E. e DOWNING, J.A. Patterns in phytoplankton-methodik. **Verh international Verein Limnology**, 9: 7-38, 1997.

WATANABE, M. M.; KAYA, K.; TAKAMURA, N. Fate of the toxic cyclic hepatopeptides, the microcystins, from blooms of *Microcystis* (Cyanobacteria) in a hypereutrophic lake. **Journal of Phycology**, 28: 761–767, 1992.

WATANABE, M. F.; OISHI, S. Effects of environmental factors on toxicology of a cyanobacterium (*Microcystis aeruginosa*) under culture conditions. In: **Applied and Environmental Microbiology**, 49(5): 1342-1344, 1985.

WETZEL, R.G. **Limnologia**. Lisboa: Fundação Calouste Goulbekian, p. 919, 1993.

WIEGAND, C.; PFLUGMACHER, S. Ecotoxicological effects of selected cyanobacterial secondary metabolites: a short review. **Toxicology and Applied Pharmacology**, 203: 201-218, 2005.

WIESE, M.; D'AGOSTINO, P. M.; MIHALI, T. K. et al. Neurotoxic alkaloids: saxitoxin and its analogs, **Marine Drugs**, 8:2185–2211, 2010.

YOO, R. S.; CARMICHAEL, W. W.; HOEHN, R. C. et al. **Cyanobacterial (Blue-Green Algal) Toxins: A Resource Guide**. American Water Works Association Research Foundation, USA, p. 229, 1995.

YUNES J.S. **Programa AGUAAN- Agilização do Gerenciamento e Utilização de Águas com Algas Nocivas**, Anais do XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária Ambiental, Porto Alegre, p. 273, 2000.

YUNES J.S. **Florações De Algas., (Cianobactérias) Nocivas: Homem Vítima ou Culpado?** CianoNews, abril/2002. Disponível em <http://www.cianobacterias.furg.br/>. Acesso em: 12/08/2020.