

ARTIGO REF: 6559

DISTRIBUIÇÃO DE CIANOBACTÉRIAS EM DEZ LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS SANITÁRIOS

Baptista Bina^{1(*)}, Nemésio Neves Batista Salvador²

¹Universidade Federal de São Carlos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, Brasil; Ministério da Terra, Ambiente e Desenvolvimento Rural, Moçambique.

²Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia Civil, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, Brasil

(*)*Email*: baptistabina@gmail.com

RESUMO

Organismos fotoautotróficos de origem procarionte, particularmente as cianobactérias, são de grande relevância ecológica pela sua capacidade fotossintética, versatilidade biossintética e ubiquidade em diversos e extremos ambientes. Entretanto, nos ecossistemas aquáticos e nas lagoas de estabilização fotossintéticas de tratamento de esgotos, podem se constituir em importantes e perigosos produtores de toxinas potencialmente tóxicas. Seu lançamento e sua floração nos corpos receptores são motivo de grande preocupação, pelas consequências negativas sobre a biota aquática e os riscos à saúde pública. Este estudo teve por objetivo analisar a ocorrência, composição, densidade e distribuição espaço-temporal de cianobactérias nos efluentes de lagoas fotossintéticas secundárias (LF) de tratamento de esgotos sanitários em dez cidades localizadas na região central do Estado de São Paulo, Brasil. Os resultados obtidos mostram a ocorrência de diversas espécies de cianobactérias e em elevadas densidades, acima de 20.000 cel/mL (células por mililitro), o que indica o risco de contaminação dos corpos d'água receptores (ver de Tabela1). Os limites dos padrões legais brasileiros de qualidade de águas doces para esses organismos variam de 20.000 cel/mL (corpos d'água menos poluídos, Classe 1), a 100.000 cel/mL (corpos d'água poluídos, Classe 3), de acordo com Brasil (2005).

INTRODUÇÃO

As cianobactérias se distribuem em uma gama de habitats ecologicamente diversos de águas estuarinas, marinhas, de solos, assim como de habitats extremos, tais como águas termais, e ambientes Antárticos e Árticos (Sompong et al., 2005; Taton et al., 2006). Elas se distribuem principalmente em ecossistemas aquáticos de água doce, em quase todas as latitudes tropicais, subtropicais, temperadas, polares e subpolares de todo o mundo (Kosten et al., 2012; Vincent & Quesada, 2012; Paerl & Otten, 2013).

Alguns gêneros de cianobactérias, tais como *Dolichospermum* e *Aphanizomenon* são de distribuição cosmopolita (Sheath et al., 1996; Sheath Muller, 1997; Tang et al., 1997); outros são aparentemente mais restritos a águas frias das regiões de clima temperado, como, por exemplo, a maioria das *Oscillatoria* sp., ou a águas tropicais e subtropicais, como *Cylindrospermopsis* e *Spirulina* (Padisak, 1997; Whitton & Potts, 2000; Karadžić et al., 2013).

Cianobactérias são referidas coletivamente como as que constituem um antigo grupo de organismos fitoplancônicos procariontes, fotossintetizantes, altamente adaptáveis e abundantes, têm sido reconhecidos como importantes causadores de problemas ambientais,

com sérias implicações na saúde humana e na economia das atividades ligadas a água (Azevedo & Vasconcelos., 2006; Tsukamoto & Takahashi, 2007; Santos e Bracarense, 2008). Nas águas doces superficiais, sua abundância, biomassa, e composição de espécies, são amplamente conhecidos por variar grandemente no tempo e no espaço (Knoppers et al., 1984; Graham et al., 2006; Prentice, 2008; Sarika et al., 2010).

A proliferação excessiva de cianobactérias, sob a forma de intensas florações, é geralmente correlacionada com vários fatores ambientais combinados, como disponibilidade de nutrientes, especialmente os compostos de nitrogênio e fósforo (Chorus & Bartram, 1999; Whitton & Potts, 2000), grandes variações sazonais de intensidade luminosa, temperatura, condições hidrográficas e hidrológicas (Sangita Ganesh et al., 2014; Lorena et al., 2015). Muitos desses fatores são resultado de atividades antropogênicas, que são muito mais relevantes do que as causas naturais de proliferação das cianobactérias.

Sabe-se que tanto o aumento da acumulação ou da disponibilidade de compostos fosfatados quanto nitrogenados em ambientes continentais temperados, principalmente tropicais, e proporcionam aumento na produtividade primária (Smith, 1983) e desempenham um papel chave na regulação da composição da comunidade de cianobactérias (Andersson et al., 2015). Os fatores ambientais, por sua vez, podem propiciar a seleção de espécies por meio de mecanismos competitivos (Calijuri et al., 2006).

A principal preocupação com a ocorrência de elevadas densidades de cianobactérias nos corpos d'água, especialmente em mananciais, é a o fato de que alguns desses organismos são conhecidos por produzirem e liberarem para as águas mais de um tipo de cianotoxina, sendo que dentro de uma mesma espécie podem existir várias linhagens produtoras de toxinas (Furey et al., 2005; Soltero-Santos et al., 2005). A legislação brasileira sobre qualidade das águas superficiais, Resolução CONAMA nº 357/2005, estabelece que o limite para a densidade de cianobactérias em corpos d'água de Classes 1, 2 e 3 é de 20.000 cels/mL, 50.000 cels/mL e 100.000 cels/mL, respectivamente (Brasil, 2005). Os corpos d'água Classe 1 e 2 são pouco poluídos e utilizados geralmente como mananciais.

No Brasil, as lagoas de estabilização fotossintéticas facultativas tem sido bastante empregadas no tratamento de esgotos sanitários e industriais, por sua simplicidade de construção, operação e manutenção, baixo custo e boa eficiência na remoção de poluentes. Entretanto, essas lagoas, com altos teores de nutrientes, se constituem num habitat que favorece as condições para o desenvolvimento intenso do fitoplâncton, destacando-se as cianobactérias, sendo elevadas as concentrações de bactérias, algas e cianobactérias no efluente final, que se interagem mutualisticamente (Pearson, 1987; de Oliveira, 1990; Abdel-Raouf et al., 2012).

As altas densidades de cianobactérias, embora contribuam significativamente para a produção primária aquática e para o processo de remoção de CO₂ atmosférico e sua conversão em matéria orgânica e O₂, ocupando um papel relevante no plâncton, juntamente com microalgas eucariotas, se constituem em um inconveniente, na medida em que podem causar problemas de toxicidade, cor, odor, sabor e aspecto alterado nas águas de abastecimento, bem como problemas operacionais nas estações de tratamento de água, gerando limitações para a potabilização ou outros afins (Smith et al., 2008; Rosales et al., 2008, Abdel-Raouf et al., 2012).

METODOLOGIA

Amostragem de Campo

Foram estudadas dez estações de tratamento de esgotos sanitários por lagoas de estabilização fotossintéticas facultativas (LF1 a LF10), de cidades da região central do Estado de São

Paulo, sudeste do Brasil, próximas à cidade de São Carlos. Os critérios de escolha das cidades/ lagoas foram a proximidade da cidade de São Carlos e facilidade de acesso aos pontos de amostragem. Foi estabelecido um ponto de amostragem para cada lagoa, na saída do seu efluente.

Na Figura 1 a seguir é mostrada a localização das dez cidades e respectivas lagoas estudadas, no Estado de São Paulo e no Brasil.

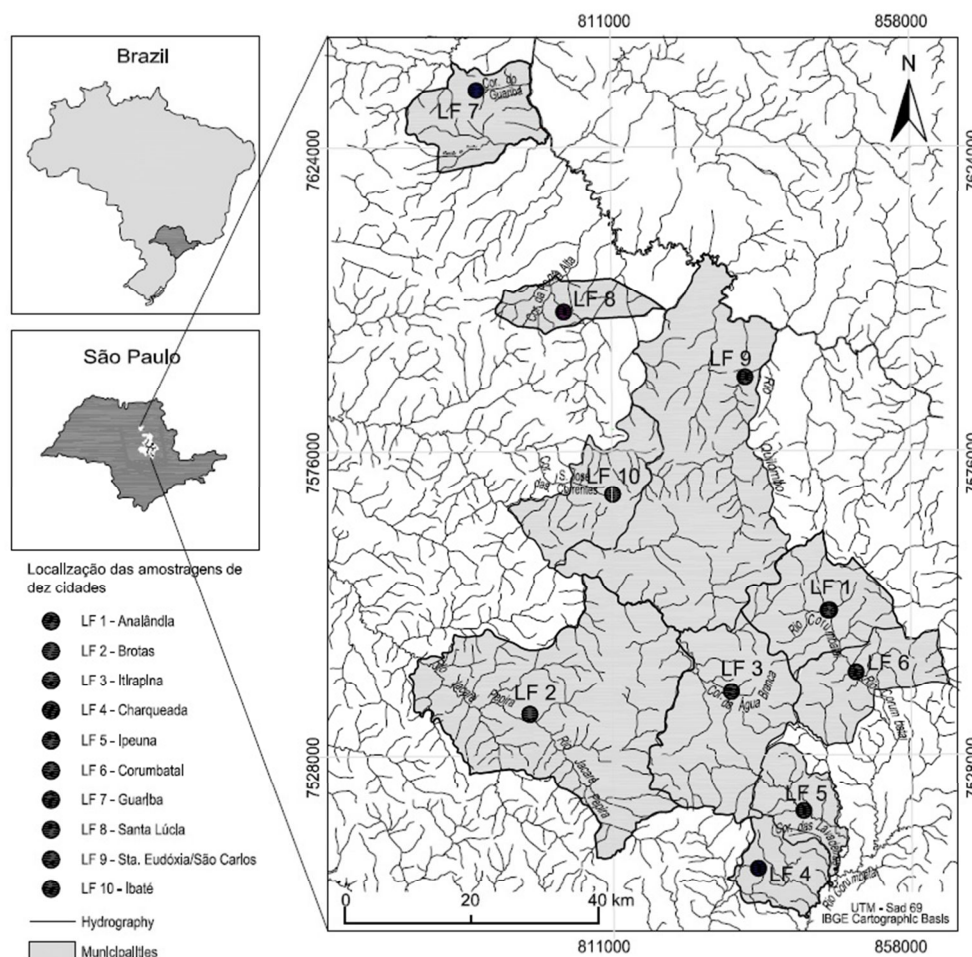


Fig. 1 - Localização das cidades e respectivas lagoas.

Durante o período de maio de 2012 a abril de 2013 foram realizadas amostragens mensais destinadas a identificar e caracterizar a distribuição das cianobactérias qualitativa e quantitativamente. Para as análises qualitativas as amostras foram coletadas e filtradas por meio de uma rede de plâncton cônica de náilon de tamanho de malha de 20µm, arrastada horizontalmente em cada local de coleta, na subsuperfície (aproximadamente 0,5 m de profundidade). Para as análises quantitativas as amostras foram coletadas utilizando-se um recipiente tipo balde de capacidade 5 litros e um coletor tipo copo de capacidade 1 litro, confeccionados de aço inox AISI316. Imediatamente após as amostragens o seston foi acondicionado em frascos plásticos de polietileno de 250 mL contendo solução de formaldeído a 4% para fixar as amostras e preservá-las, sendo estas armazenadas em caixa de

isopor com gelo triturado e transportadas para o Laboratório de Saneamento do Departamento de Engenharia Civil da Universidade federal de São Carlos.

Identificação e Contagem das Cianobactérias

Para a identificação taxonômica clássica tradicional das amostras de rede, até em nível de espécie, estas foram analisadas com auxílio de um microscópio binocular óptico comum com aumento de 400 a 1000x, acoplado a uma câmera fotográfica clara e ocular de medição. A identificação foi baseada principalmente nas seguintes chaves de identificação adotadas por Desikachary (1959); Anagnostidis & Komárek (1988); Komárek & Anagnostidis (1989); Komárek & Anagnostidis (1999); Komárek & Anagnostidis (2000); Komárek & Anagnostidis (2005); Komárek & Cronberg (2001); e Sant'Anna & Azevedo (2000).

O método Utermöhl foi utilizado para estimar a densidade das cianobactérias por contagem numérica, sendo adotado o método de câmaras cilíndricas de acrílico transparente de sedimentação de diferentes volumes conhecidos, conforme descrito por Utermöhl (Utermöhl, 1958), por meio de um microscópio invertido binocular Coleman N/B100, de escala ocular micrometrada acoplada ao microscópio, com uma ampliação de 400 a 1000x (Anderson & Thröndsen, 2003). Os resultados foram registrados em células por mililitro (cel/mL).

Em virtude da possibilidade de resultados extremos e da ocorrência de uma distribuição não normal, os dados foram analisados estatisticamente com a aplicação do teste não paramétrico de Kruskal-Wallis (Viali, 2008). No presente trabalho foi fixado o nível de significância de 5% para todos os testes, a fim de registrar a semelhança ou a diferença entre os grupos de amostras.

RESULTADOS

Em todas as lagoas de estabilização objeto deste trabalho foram identificadas cianobactérias, tendo sido determinadas suas concentrações de células para cada amostra, em sua distribuição espaço-temporal, no período estudado de doze meses.

Observações sobre a periodicidade de ocorrência das cianobactérias indicam que, condições de pouca variação anual de temperatura, característica de regiões tropicais e águas não estratificadas termicamente, são condições ótimas para a ocorrência e desenvolvimento dos principais gêneros de cianobactérias (Calijuri et al., 2006; Reynolds, 2006). Este foi o caso das temperaturas observadas nas dez lagoas, que de maneira geral, estiveram dentro da faixa de 25° a 30°C. Entretanto, estudos mais detalhados são necessários para que se possa verificar alguma estratificação temporária.

Os gêneros de cianobactérias encontrados no presente trabalho pouco divergem dos registrados por Aquino (2010) e Aquino (2011) em lagoas de estabilização fotossintéticas do Estado do Ceará, bem como dos observados por König et al. (1999) em lagoas do Estado da Paraíba, Brasil.

Seis espécies de cianobactérias foram frequentes nas dez lagoas estudadas: *M. tenuissima*, *Aphanocapsa* sp, *Lyngbya* sp, *Pseudanabaena* sp, *Microcystis* sp e *Spirulina* sp, sendo que, em média, houve maior presença de *M. tenuissima*, o sugere que esta espécie foi a melhor adaptada ao ambiente hipereutrófico das lagoas, sendo que a *Lyngbya* sp foi a segunda espécie mais abundante. O gênero *Merismopedia*, ao qual pertence a espécie *M. tenuissima*, possui grande adaptabilidade para diferentes ambientes/ habitats (Brettum, 1989, Blomqvist, 2001, Tian et al., 2012). Os gêneros *Microcystis* e *Planktothrix* são considerados produtoras

de toxinas por Sivonen & Jones (1999). Furtado et al. (2009) relatam a coexistência e até mesmo a alternância entre *Microcystis* sp. e *Merismopedia* sp. com *Planktothrix* sp. e *Cylindrospermopsis* sp. em lagoas de tratamento de esgotos sanitários.

As densidades das cianobactérias encontradas no presente trabalho são apresentadas no quadro seguinte.

Tabela 1 - Densidades de cianobactérias registradas nas lagoas estudadas (cel/mL).

Mês	LF1	LF2	LF3	LF4	LF5	LF6	LF7	LF8	LF9	LF10
05/2012	121.139	17.289	3.956	31.875	62.334	3.093	*	<u>949.119</u>	361.300	12.048
06/2012	98.462	10.510	14.510	4.704	77.823	52.925	46.393	437.034	138.310	75.730
07/2012	442.218	7.745	6.704	8.468	*	12.898	230.322	27.613	451.962	112.867
08/2012	16.038	9.409	*	9.408	130.547	32.930	2.352	11.516	137.605	34.107
09/2012	174	56.667	27.639	36.851	48.220	53.631	2.303	2.205	87.522	29.403
10/2012	28.227	43.516	1.176	11.761	197.586	58.217	106	4.410	109.378	3.528
11/2012	13.819	31.093	4.234	19.942	<u>801.518</u>	18.999	5.881	1.764	48.367	865
12/2012	3.458	28.227	33.208	19.994	186.794	114.082	4.704	17.642	19.759	14.113
01/2013	2.487	152.012	248.747	34.107	*	137.605	10.364	576.293	100.190	20.582
02/2013	2.211	41.458	11.761	52.925	301.084	255.804	37.312	717.426	91.207	100.408
03/2013	6.910	6.910	148.823	108.960	223.234	154.138	113.067	<u>963.030</u>	10.364	134.206
04/2013	6.495	351.068	152.012	107.099	150.542	77.623	171.013	<u>884.433</u>	<u>981.168</u>	18.524
Média	61.803	62.992	59.343	37.175	<u>217.968</u>	80.995	56.711	<u>382.707</u>	<u>211.428</u>	47.365

* Sem amostragem.

Conforme pode ser observado no Quadro 1, as densidades ou concentrações e a distribuição das cianobactérias foram muito variadas nas lagoas e ao longo do tempo, destacando-se as lagoas das cidades de Ipeúna - LF5, Santa Lúcia - LF 8 e Santa Eudóxia - LF 9, pelos seus altos valores, com médias acima de 200.000 cel/mL e valores máximos superiores a 800.000 cel/mL (vide grifos, Quadro 1).

Elevadas densidades podem ser produzidas por inúmeros fatores bióticos e abióticos combinados, resultantes do processo de eutrofização e outros: baixa turbulência, baixa transparência da água, valores baixos ou elevados de pH, elevadas temperaturas da água, estratificação térmica, alta incidência luminosa e disponibilidade de nutrientes, embora muitas de suas espécies sejam capazes de fixar o nitrogênio atmosférico e transformá-lo nas formas assimiláveis (amônia e nitrato), além de terem a capacidade de armazenar fósforo sob a forma de polifosfatos (Reynolds, 1984; Reynolds, 1987; Reynolds, 1998; Crayton & Sommerfield, 1979; Sant'Anna et al., 2008). Chorus & Bartram (1999) afirmam que, à medida que ocorre a decomposição dos esgotos ao longo das lagoas de estabilização, o número de espécies nos seus efluentes e lançadas nos corpos d'água receptores vai geralmente diminuindo.

De acordo com (Harsha & Malammanavar, 2004), a alta turbidez e elevados teores de sólidos dissolvidos favorecem o crescimento de cianofíceas. A presença de alta densidade de cianofíceas indica alta carga de poluentes e condição rica em nutrientes (Muhammad et al., 2005; Tas & Gonulol, 2007). Segundo Chorus & Bartram (1999), pode ser considerada floração densidades acima de 10.000 células/mL de cianobactérias.

As Figuras 2 a 4 ilustram da distribuição sazonal de densidades nos efluentes das lagoas mais ricas em cianobactérias: Ipeúna - LF5, Santa Lúcia - LF8 e Santa Eudóxia - LF9, para os doze meses de amostragem. Na lagoa da Ipeúna não foi feita amostragem nos meses de julho de 2012 e janeiro de 2013.

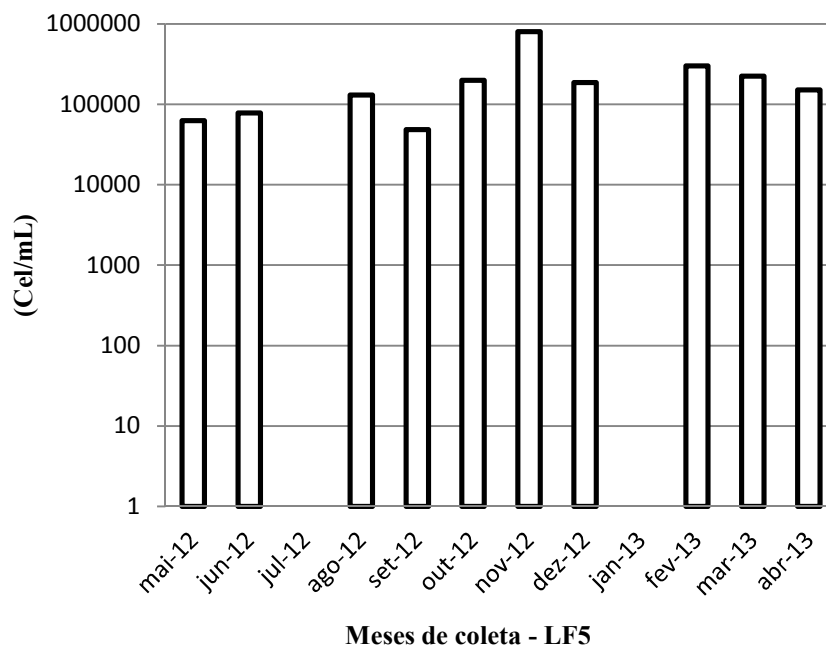


Fig. 2 - Densidades de cianobactérias no efluente da lagoa de Ipeúna.

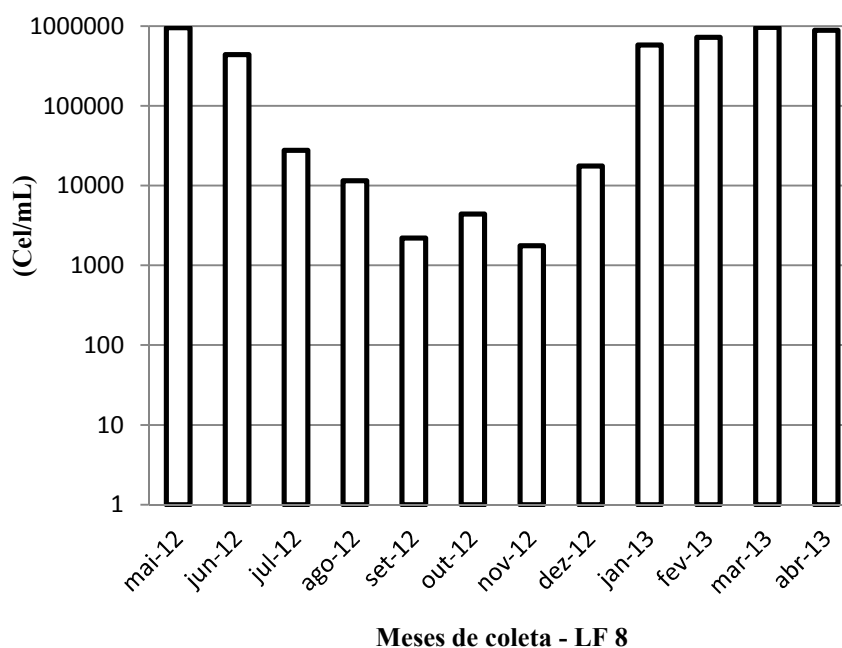


Fig. 3 - Densidades de cianobactérias no efluente da lagoa de Santa Lúcia.

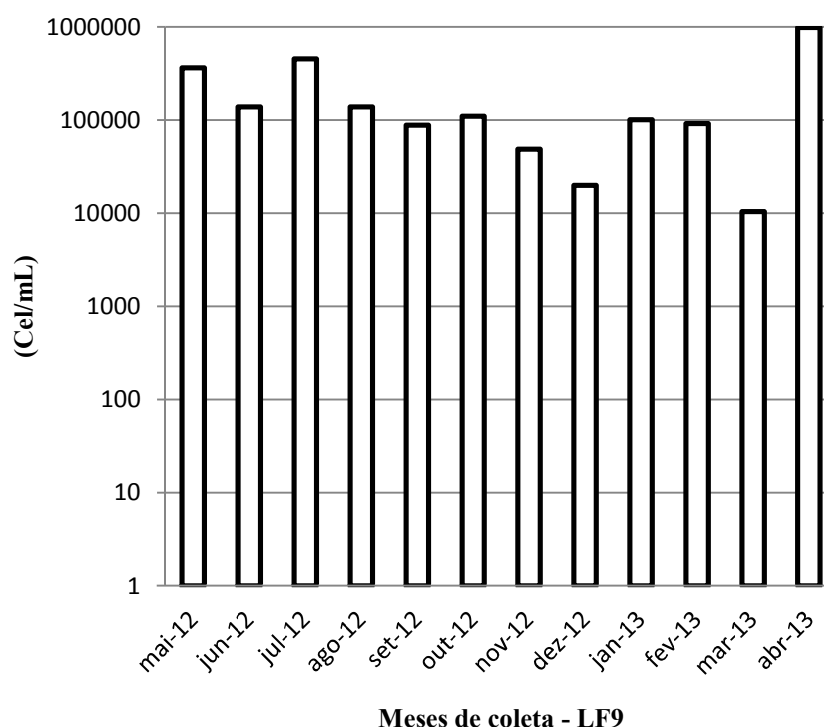


Fig. 4 - Densidades de cianobactérias no efluente da lagoa de Santa Eudóxia.

Elevadas densidades, superiores a 20.000 células/mL nos efluentes tratados, merecem atenção e pesquisa sistemática e detalhada, pois, dependendo da vazão e das condições de diluição e ambientais (potencial para florações) dos corpos d'água receptores, podem resultar nos mesmos valores acima dos limites legais previstos na Resolução 357/2005 do CONAMA, cuja menor densidade é 20.000 cel/mL para corpos d'água pertencentes a Classe 1, pouco poluídos, e 100.000 cel/mL para corpos d'água poluídos, de Classe 3 (BRASIL, 2005).

Variações sazonais das concentrações de cianobactérias, com máximas nos meses mais ensolarados, também foram verificadas nos estudos de Oswald (1988) e Zulkifli (1992). Observa-se nos dias atuais grande proliferação de florações de cianobactérias que ocorrem em ecossistemas de água doce em todas as latitudes e levam a preocupações crescentes para cientistas e gestores de recursos hídricos (Wilhelm et al., 2011). Damas (1964) acredita que na região intertropical os máximos de plâncton podem aparecer em qualquer estação do ano. Segundo Paerl & Otten (2013), para elucidar as verdadeiras causas das flutuações nas populações de algas e mixofíceas, seriam necessários estudos apropriados e específicos a cada caso.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

As cianobactérias dominaram de um modo geral o crescimento da flora nas dez lagoas estudadas, com maior destaque para as lagoas das cidades de Santa Eudóxia, Santa Lúcia, Ipeúna e Analândia. Os três principais gêneros encontrados foram *Merismopedia*, *Pseudanabaena* e *Limnithrix*, sendo que a presença de *Merismopedia* é considerada comum em lagoas fotossintéticas ao redor do mundo.

Os resultados mostram a ocorrência de diversas espécies de cianobactérias e em elevadas concentrações, acima de 50000 células/mL, o que indica o risco de contaminação dos corpos

d'água receptores além dos limites dos padrões legais brasileiros de qualidade das águas para esses organismos.

Dentre outros gêneros registrados destacam-se *Planktothrix* e *Microcystis*, pois se relacionam à produção de cianotoxinas potencialmente tóxicas, evidenciando efluentes com maior risco aos corpos receptores e à saúde pública. Entretanto, no presente trabalho não foram detectadas concentrações significativas ou perigosas de cianotoxinas.

Portanto, é de grande importância mais e detalhados estudos envolvendo não só as lagoas de estabilização e suas condições operacionais, mas os corpos receptores e o monitoramento contínuo e sistemático dos mesmos em relação à presença de cianobactérias e, se necessário, de cianotoxinas.

Além disso, os órgãos ambientais e de vigilância sanitária, bem como os responsáveis pelo tratamento dos esgotos e abastecimento de água, devem redobrar sua atenção e monitorar a qualidade das águas, principalmente dos mananciais, quanto a ocorrência de cianobactérias e, eventualmente, de cianotoxinas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o suporte financeiro concedido pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)/MEC, Brasil, através de seu Programa Nacional de Pós-Doutorado (PNPD)/ 2011.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]-Abdel-Raouf, N., Al-Homaidan, A.A., Ibraheem, I.B.M. (2012). Microalgae and wastewater treatment. *Saudi Journal of Biological Sciences* 19: 257-275
- [2]-Anagnostidis, K. & Komárek, J. (1988). Modern approach to the classification system of cyanophytes. 3. Oscillatoriales. *Archiv für Hydrobiologie, Supplement* 80: 327-472
- [3]-Andersson A, Meier HEM, Ripszam M, Rowe O, Wikner J, Haglund P, Eilola K, Legrand C, Figueroa D, Paczkowska J, Lindehoff E, Tysklind M, Elmgren R (2015) Projected future climate change and Baltic Sea ecosystem management. *Ambio* 44 Suppl 3: 345-356.
- [4]-Anderson, P & J. Throndsen (2003). Estimating cell numbers. In Hallegraeff, G.M. Anderson D.M. & A.D. Cembella (eds) *Manual on Harmful Marine Microalgae*. Monogr. on Oceanogr. Method. no. 11. p.99-130. UNESCO Publishing, Paris.
- [5]-Aquino, E.P.; Lacerda, S.R.; Freitas, A.I.G. (2010). Cianobactérias das lagoas de tratamento de esgoto no semi-árido nordestino (Ceará, Brasil). *INSULA* 39: 34-46.
- [6]-Aquino, E. P.; Oliveira, E. C. C.; Fernandes, U. L. & Lacerda, S. R. (2011). Fitoplâncton de uma lagoa de estabilização no nordeste do Brasil. *Braz. J. Aquat. Sci. Technol.* 15(1):71-77.
- [7]-Azevedo, S. M. F. O. & Vasconcelos, V. (2006). Toxinas de cianobactérias: causas e consequências para a saúde pública. In: ' *Ecotoxicologia aquática* '. Princípios e Aplicações. P. A. Zagatto & E. Bertolotti (Eds.): 433-452. Ed. Rima.

- [8]-Blomqvist, P. (2001). Phytoplankton responses to biomanipulated grazing pressure and nutrient additions-enclosure studies in unlimed and limed Lake Njupfatet, central Sweden. *Environmental Pollution*, 111(2), 333-348.
- [9]-Brasil. Resolução CONAMA n ° 357 de 17 de março de 2005. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA. Diário Oficial da União. Brasília, 2005.
- [10]-Brettum, P. (1989). Algen als Indikatoren für die Gewässerqualität in norwegischen Binnenseen. Norsk institute for vannforskning NIVA. Oslo. Norway.
- [11]-Calijuri, M. C.; Alves, M. S. A.; Dos Santos, A. C. A. (2006). Cianobactérias e Cianotoxinas em Águas Continentais. São Carlos: Rima, 118 p.
- [12]-Chorus, I., & Bartram, J. (Eds.). (1999). Toxic cyanobacteria in water: a guide to their public health consequences, monitoring and management. New York: Spon Press, p. 1-40. 1999.
- [13]-Crayton, W. M., & Sommerfield, M. R. (1979). Composition and abundance of phytoplankton in tributaries of the lower Colorado river, Grand Canyon region. *Hydrobiologia*, 66, 81-93.
- [14]-Desikachary, T.V. (1959). Cyanophyta. Indian Council of Agricultural Research, New Delhi, pp. 686.
- [15]-Furey, A.; Crowley, J.; Hamilton, B.; Lehane, M.; James, K. J. (2005). Strategies to avoid the mis-identification of anatoxin-a using mass spectrometry in the forensic investigation of acute neurotoxic poisoning. *Journal of Chromatography A*, n. 1082, p. 91-97.
- [16]-Furtado, A. L. F. F.; Calijuri, M. C.; Lorenzi, A. S.; Honda, R. Y.; Genuário, D. B.; Fiore, M. F. (2009). Morphological and molecular characterization of cyanobacteria from a Brazilian facultative wastewater stabilization pond and evaluation of microcystin production. *Hydrobiologia*, Vol. 327, p. 195-209
- [17]-Graham, J.L, Jones, J.R., Jones, S.B., Clevenger, T.E. (2006) Spatial and temporal dynamics of microcystin in a Missouri reservoir. *Lake and Reservoir Management* 22: 59-68.
- [18]-Harsha, T.S., Malammanavar, S.G. (2004). Assessment of phytoplankton density in relation to environmental variables in Gopalaswamy pond at Chitradurga, Karnataka. *J. Environ. Biol.* 25, 113-116.
- [19]-Karadžić, V., Subakov-Simić, G., Natić, D., Ržaničanin, A., Ćirić, M. and Z. Gačić (2013). Changes in the phytoplankton community and dominance of *Cylindrospermopsis raciborskii* (Wolosz.) Subba Raju in a temperate lowland river (Ponjavica, Serbia). *Hydrobiologia* 711, 43-60.
- [20]-Komárek, J., Anagnostidis, K. (1989). Modern approach to the classification system of Cyanophytes 4 - Nostocales. *Algological Studies* 56: 247-345.
- [21]-Komárek, J. & Anagnostidis, K. (1999). Cyanoprokaryota. 1. Chroococcales. In: Süßwasserflora von Mitteleuropa. Begründet von A. Pascher. Band 19/1. (Ettl, H., Gärtner, G., Heynig, H. & Mollenhauer, D. Eds), pp. 1-548. Heidelberg & Berlin: Spektrum, Akademischer Verlag.

- [22]-Komárek, J. & Anagnostidis, K. (2000). Cyanoprokaryota. 1. Teil, Chroococcales. In: Ettl H, Gartner G, Heynig H, Mollenhauer D ed. Süsswasserflora von Mitteleuropa 19(1). Jena, Gustav Fisher. P. 548.
- [23]-Komárek, J. & Anagnostidis, K. (2005): Cyanoprokaryota 2. Teil/ 2nd Part: Oscillatoriales. - In: BÜDEL B., KRIENITZ L., GÄRTNER G. & SCHAGERL M. (eds): Süsswasserflora von Mitteleuropa 19/2, Elsevier/Spektrum, Heidelberg, 759 pp.
- [24]-Komárek, J. & Cronberg, G. (2001). Some Chroococcalean and Oscillatorialean Cyanoprokaryotes from Southern African lakes, ponds and pools. Nova Hedwigia 73: 129-160.
- [25]-König, A.; Sousa, M. S. M.; Costa, N. A. F.; Freitas, V. L. B.; Ceballos, B. S. O. (1999). Variação nictemeral da qualidade do efluente final de uma lagoa facultativa secundária e a influência das algas. In: 20º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 1999, Rio de Janeiro, Anais... Rio de Janeiro: ABES, 1999, p. 587-595.
- [26]-Knoppers, BA, SS Opitz, MP de Souza & CF Miguez. 1984. The spatial distribution of particulate organic matter and some physical and chemical water properties in Conceição Lagoon; Santa Catarina, Brazil (July 19, 1982). Arquivos de Biologia e Tecnologia, 27 (1): 59-77.
- [27]-Kosten, S., Huszar, V.L.M., Be'cares, E., Costa, L.S., Van Donk E.& Hansson, L.-A. (2012). Warmer climates boost cyanobacterial dominance in shallow lakes. Global Change Biology 18, 118-126
- [28]-Lorena, L. (2015). Distribution pattern of picoplankton carbon biomass linked to mesoscale dynamics in the southern gulf of Mexico during winter conditions. Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers, Volume 106, December 2015, Pages 55-67.
- [29]-Muhammad, A., Salam, A., Sumayya, I., Tasveer, Z.B., Qureshi, K. A., 2005. Studies on monthly variations in biological and physicochemical parameters of brackish water fish pond, Muzaffargarh, Pakistan. J. Res. (Sci.) 16, 27-38.
- [30]-Oswald, W.J. (1988). Micro-algae and waste-water treatment, in Micro-algal biotechnology, M.A. Borowitzka and L.J. Borowitzka, Editors. Cambridge University press: Cambridge. p. 305-328.
- [31]-Padisák, J. (1997). *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenayya et Subba Raju, an expanding highly adaptive cyanobacterium: worldwide distribution and review of its ecology. Arch. Hydrobiol. Suppl. 107:563-593.
- [32]-Pearl, H.W., Otten, T.G. (2013). Harmful cyanobacterial blooms: causes, consequences, and controls. Microb. Ecol. 65, 995e1010.
- [33]-Pearson, H.W. (1987). Algae associated with sewage treatment. In: Microbial Technology in the Developing World. (Ed. E.J. da Silva, Y.R. Dommergues, E.J. Nyns and C. Ratledge). News York: Oxford University Press, p 260-288.
- [34]-Prentice, M. J. (2008). Temporal and spatial variations of cyanobacteria in Karori Reservoir, Wellington (Thesis, Master of Science (MSc)). The University of Waikato. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10289/2363>

- [35]-Reynolds, C. (1984). The ecology of freshwater phytoplankton. Freshwater Biol. Ass., Cambridge Univ. Press. Cambridge.
- [36]-Reynolds, C. S. (1987) Community organization in the freshwater plankton. Symp. Br. Ecol. Soc., 27, 297-325.
- [37]-Reynolds, C. S. (1998). What factors influence the species composition of phytoplankton in lakes of different trophic status? *Hydrobiologia*, 369-370, 11-26
- [38]-Reynolds, C. S. Ecology of phytoplankton. Cambridge: Cambridge University Press. 535p, 2006.
- [39]-Rosales-Loaiza, N., Guevara, M., Lodeiros, C., Morales, E. (2008). Crecimiento y producción de metabolitos de la cianobacteria marina *Synechococcus* sp. (Chroococcales) en función de la irradiancia. *Rev. Biol. Trop.* 56 (2): 421-9.
- [40]-Sangita Ganesh, Darren J Parris, Edward F DeLong, & Frank J Stewart. (2014). Metagenomic analysis of size-fractionated picoplankton in a marine oxygen minimum zone. *The ISME Journal*, 8: 187-211.
- [41]-Sant'Anna, C. L.; Azevedo, M. T. P.; Werner, V. R.; Dogo, C. R.; Rios, F. R.; Carvalho, L. R. (2008). Review of toxic species of cyanobacteria in Brazil. *Algogenical Studies*, Vol. 126, p. 251-265.
- [42]-Sant'Anna, C.L. & Azevedo, M.T.P. (2000). Contribution to the knowledge of potentially toxic Cyanobacteria from Brazil. *Nova Hedwigia*, v.71, p.359-385
- [43]-Santos, A.P.M.E. dos; Bracarense, A.P.F.R.L. (2008). Hepatotoxicidade associada à microcistina. *Semina: Ciências Agrárias, Londrina*, v. 29, n. 2, p. 417-430.
- [44]-Sarika S. Maske, Lalita Narendra Sangolkar, Tapan Chakrabarti (2010). Temporal variation in density and diversity of cyanobacteria and cyanotoxins in lakes at Nagpur (Maharashtra State), India. *Environmental Monitoring and Assessment* Volume 169, Issue 1-4, pp 299-308.
- [45]-Sheath, R.G., Morgan, L.V., Hambrook, J.A. & Cole, K.M. (1996). Tundra stream, macroalgae of North. America: composition, distribution and physiological adaptations. *Hydrobiologia* 336: 67-82.
- [46]-Sheath, R.G. & Muller, K.M. (1997). Distribution of stream macroalgae in four high Arctic drainage basins.
- [47]-Sivonen, K., Jones, G. (1999). Cyanobacterial toxins. In: Chorus I, Bartram J, eds, *Toxic Cyanobacteria in Water: A Guide to Their Public Health Consequences, Monitoring and Management*, London, Spon Press, pp. 41-111.
- [48]-Smith, V.H. (1983). Low nitrogen to phosphorous ratios favours dominance by blue-green algae in lake phytoplankton. *Science* 221, 669-670.
- [49]-Smith, L., Boyer, G., Zimba, P.V. (2008). A review of cyanobacterial odorous and bioactive metabolites: Impacts and management alternatives in aquaculture. *Aquaculture*. 280: 5-20.

- [50]-Soltero-Santos, R.B.; sousa-silva, C. R.; Verani, N.F.; Nonaka, K.; Rocha, O. (2005). Toxicity of a cyanobacteria bloom in Barra Bonita Reservoir (Middle Tiete River, São Paulo, Brazil). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 64, p. 163-170.
- [51]-Sompong, U., Hawkins, P.R., Besley, C. & Peerapornpisal, Y. (2005). The distribution of cyanobacteria across physical and chemical gradients in northern Thailand. *FEMS Microbiol Ecol* 52: 365-376.
- [52]-Tsukamoto, R.; Takahashi, N. (2007). Cianobactérias, Civilização, Problemas para Saúde, Aquicultura, Natureza. Disponível em http://arruda.rits.org.br/oeco/reading/oeco/reading/pdf/cianobacterias_2007_02.pdf. Acesso em 07/05/2016.
- [53]-Tang, E.P.Y., Vincent, W. F., Proul, D., Lessard, P. & Noüe, J. de la. (1997). Polar cyanobacteria versus green algae for tertiary waste-water treatment in cool climates. *Journal of Applied Phycology* 9: 371-381.
- [54]-Tas, B., Gonulol, A. (2007). An ecological and taxonomic study on phytoplankton of a shallow lake, Turkey. *J. Environ. Biol.* 28, 439- 445.
- [55]-Taton, A., Grubisic, S., Balthasart, P., Hodgson, D.A., Laybourn-Parry, J. & Wilmotte, A. (2006). Biogeographical distribution and ecological ranges of benthic cyanobacteria in East Antarctic lakes. *FEMS Microbiol Ecol*, 57: 272-289.
- [56]-Tian C., H. Pei W. Hu & J. Xie. (2012). Variation of cyanobacteria with different environmental conditions in Nansi Lake, China. *J. Environ. Sci.* 24: 1394-1402.
- [57]-Utermöhl, H. 1958. Zur Vervollkomnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Verhandlungen Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie*, 9:1-38.
- [58]-Viali, L. Testes de hipóteses não paramétricos. Porto Alegre, Departamento de Estatística, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008. 43p.
- [59]-Vincent, W.F., Quesada, A. (2012). Cyanobacteria in high latitude lakes, rivers and seas. In: Whitton, B.A. (ed.) *Ecology of Cyanobacteria II* Springer, Dordrecht
- [60]-Whitton, B.A. & Potts, M. (2000). *The Ecology of Cyanobacteria: Their Diversity in Time and Space*. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, The Netherlands, 669 pp.
- [61]-Wilhelm, S.W., Farnsley, S.E., Leclair, G.R., Layton, A.C., Satchwell, M.F., Debruyne, J.M., Boyer, G.L., Zhu, G., Paerl, H.W. (2011). The relationships between nutrients, cyanobacterial toxins and the microbial community in Taihu (Lake Tai), China. *Harmful Algae* 10:207- 215
- [62]-Zulkifli, H. (1992) *Traitement des eaux usées par lagunage à haut rendement: structure et dynamique des peuplements phytoplanktoniques*. Montpellier, France: Université Montpellier I. (Thèse de Doctorat).