

INFLUÊNCIA DO VOLUME HÍDRICO NA ESTRUTURA DAS CIANOBACTÉRIAS EM RESERVATÓRIOS DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Tatiane Medeiros Queiroz ¹
Gustavo Correia de Moura ²
Juliana dos Santos Severiano ³
José Etham de Lucena Barbosa ⁴

RESUMO

Os reservatórios da região semiárida são direcionados fortemente por características climáticas específicas, como longos períodos de estiagem, altas taxas de evaporação, intensidade luminosa e um balanço hídrico negativo. Tais condições aliadas ao aporte de nutrientes, aceleram o processo de eutrofização e, conseqüentemente, influenciam a dinâmica das espécies de cianobactérias. Neste contexto, o presente trabalho buscou avaliar a dinâmica das cianobactérias em reservatórios tropicais semiáridos, durante um período prolongado de seca. O estudo foi realizado nos reservatórios de Camalaú e Boqueirão situados no estado da Paraíba durante os meses de junho e outubro de 2016 e fevereiro de 2017. Foram realizadas análises quali-quantitativas para determinar a estrutura da comunidade de cianobactérias. Logo, no estudo, foram identificadas 12 espécies para o reservatório de Camalaú e 8 em Boqueirão. Respostas distintas foram observadas em função da diminuição do nível de água em ambos os reservatórios. Em Camalaú, houve um aumento na densidade de cianobactérias ao longo do período amostrado. No entanto, não foram observadas mudanças significativas na estrutura da comunidade para o reservatório Boqueirão. Além da redução do volume hídrico dos reservatórios, essa mudança pode estar relacionada também com outros fatores, como a entrada de nutrientes. Dessa forma, o constante monitoramento da comunidade de cianobactérias aliado à outros parâmetros físico-químicos são de extrema importância para compreender como as flutuações no nível da água podem afetar a estrutura da comunidade de cianobactérias e a qualidade de água, especialmente em áreas secas, também usadas como uma ferramenta de gerenciamento útil em períodos de crise hídrica.

Palavras-chave: Mudanças climáticas, Redução do nível da água, Cianobactérias, Reservatórios, Semiárido.

¹ Graduanda do Curso de Ciências Biológicas da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, tatianemedeiros5892@gmail.com;

² Doutorando do Curso de Ecologia e Conservação da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, gustavocorreia2@gmail.com;

³ Professora do Departamento de Biologia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba - IFPB, jsantosseveriano@gmail.com;

⁴ Professor do Departamento de Biologia da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, ethambarbosa@hotmail.com.

INTRODUÇÃO

A região semiárida brasileira é marcada por características climáticas bem específicas, como chuvas irregulares e escassas, altas taxas de evaporação, baixa pluviosidade, alto escoamento superficial, intensidade luminosa e baixa absorção de água no solo, que resultam no déficit hídrico durante a maior parte do ano (BARBOSA *et al.*, 2011; COSTA *et al.*, 2016). Diante disso, os reservatórios têm sido amplamente construídos nessas regiões para o abastecimento de água potável, a fim de atender a população (COSTA *et al.*, 2006) e suas múltiplas finalidades, como a piscicultura, recreação, irrigação e dessedentação de animais (CHELLAPA *et al.*, 2009; FREITAS *et al.*, 2011; BEZERRA *et al.*, 2014). Esses ecossistemas aquáticos são constantemente impactados pelas condições climáticas e por possuírem balanço hídrico negativo, frequentemente passam por períodos de seca severa, que influenciam e direcionam a estrutura das comunidades bióticas nesses sistemas (PAERL e PAUL, 2012).

Vale salientar que, a redução do volume hídrico aliada a entrada de efluentes domésticos e industriais resultam no processo de eutrofização desses sistemas (DANTAS *et al.*, 2013). A eutrofização se dá pelo enriquecimento de nutrientes nitrogenados e fosfatados em ambientes aquáticos, os quais, causam modificações bióticas e abióticas, como redução de oxigênio, diminuição da transparência da água, mortandade de peixes e de outros animais, bem como alteração na cor e odor da água (BRASIL *et al.*, 2016; DALU e WASSEMAN, 2018). Além disso, esse fenômeno tem sido uma preocupação global, pois favorece o aumento de florações de cianobactérias (PAERL e HUISMAN, 2008; MOSS *et al.*, 2011). Essas florações de cianobactérias são conhecidas por causar sérios danos à saúde de seres humanos e de animais, em decorrência da liberação de toxinas (cianotoxinas, hepatotoxinas, neurotoxinas e dermatotoxinas (DALU e WASSERMAN, 2018; CARMICHAEL *et al.*, 2001).

As cianobactérias sofrem alterações em sua morfologia e tamanho devido às mudanças climáticas (XIÃO *et al.*, 2017). Dessa forma, em regiões tropicais, essas cianobactérias conseguem permanecer no ecossistema competindo com outras espécies fitoplanctônicas. Sua persistência se dá pela adaptação a baixa luminosidade (SHEFFER *et al.*, 1997), elevadas temperaturas, estabilidade na coluna de água, baixas concentrações de CO₂ e altos níveis de pH (CARACO e MILLER, 1998; LEÃO *et al.*, 2009). Além disso, as cianobactérias filamentosas possuem adaptações que às beneficiam em condições adversas no meio ambiente, possibilitando a sua persistência em função da presença de células especializadas na fixação de nitrogênio (heterócitos), na estocagem de nutrientes (acineto) e uma estrutura que possibilita à

estes organismos vantagens competitivas, auxiliando na flutuabilidade na coluna de água (aerótopos), sendo assim, essenciais sob condições de limitação de nutrientes (SUIKKANEN *et al.*, 2010).

Os impactos de eventos hidrológicos extremos na qualidade da água de reservatórios semiáridos ainda não são totalmente compreendidos (JEPPESEN *et al.*, 2015). Assim, o estudo ecológico da comunidade fitoplanctônica em reservatórios contribui para o conhecimento dessa importante comunidade aquática e para a saúde e segurança dos indivíduos que utilizam esses corpos d'água (HARKE *et al.*, 2016).

Portanto, o monitoramento da comunidade de cianobactérias em reservatórios semiáridos é de suma importância para compreender os impactos das potenciais alterações ambientais às quais estão submetidos, e prever as consequências ecossistêmicas e sociais dessas alterações. Vale salientar que, o conhecimento particular desse grupo de organismos pode ser utilizado como bioindicador da qualidade de água, de modo a detectar e solucionar potenciais problemas decorrentes da ocorrência dessas espécies. Diante do exposto, o objetivo desse estudo foi avaliar a dinâmica das cianobactérias em reservatórios tropicais semiáridos durante um período prolongado de seca.

METODOLOGIA

Área de Estudo

O estudo foi realizado em dois reservatórios da região semiárida do Estado da Paraíba - Brasil. O reservatório Eptácio Pessoa, popularmente conhecido como Boqueirão, banha três municípios brasileiros: Boqueirão, Cabaceiras e Barra de São Miguel (AESA, 2019). Possui capacidade máxima de 411.686.287 m³, as águas desse reservatório são destinadas ao abastecimento, irrigação, recreação e turismo. O reservatório Camalaú, localizado no Município de Camalaú, (AESA, 2019), possui capacidade para armazenar 48.107.240 m³ de água, também é utilizado para o abastecimento público e para outras atividades desenvolvidas no local (Figura 1).

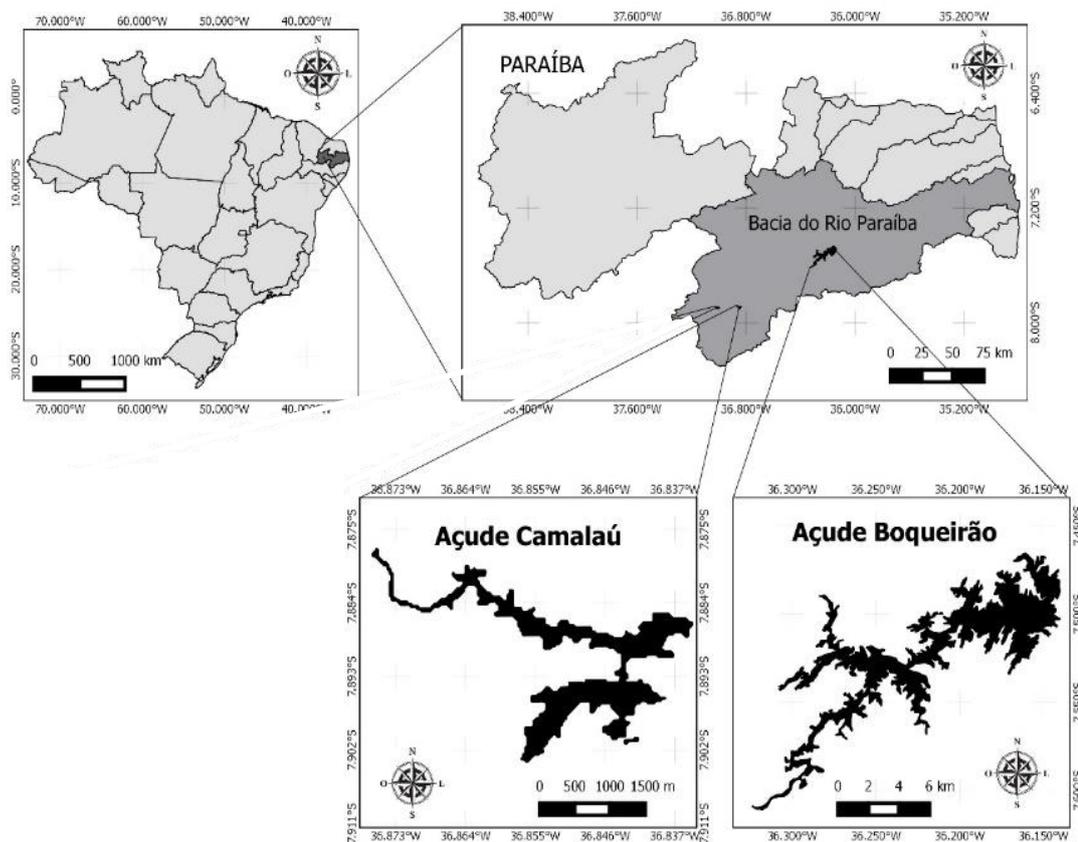


Figura 1: Localização geográfica dos reservatórios Camalaú e Epitácio Pessoa (Boqueirão), Paraíba-Brasil.

Amostragem e processamento das amostras

Foram realizadas coletas entre os meses de junho e outubro de 2016 e fevereiro de 2017, totalizando três amostragens. Para uma representação confiável dos gradientes espaciais e temporais, as estações amostrais foram definidas em três compartimentos (P1, P2 e P3) (Figura 1). Amostras de água foram coletadas com garrafa de Van Dorn em duas profundidades da coluna de água definidas de acordo com a intensidade de penetração da luz (100% e Z máx.)

Para o estudo qualitativo da comunidade de cianobactérias, as amostras foram fixadas com Formol à 4%, enquanto, para o estudo quantitativo, às amostras foram fixadas com solução de Lugol concentrado à 1% e transportadas até o laboratório. A análise quantitativa foi realizada em microscópio invertido (Zeiss Avioyert 40C), com aumento de 400X, em câmaras de sedimentação de Uthermöhl (1958) e identificadas com o auxílio de literatura especializada (KOMÁREK e ANAGNOSTIDIS, 1989; 2005; KOMÁREK *et al.*, 2002). A densidade (cél mL⁻¹) foi obtida utilizando a fórmula descrita por Ross (1979).

Análise dos dados

Para verificar variação na estrutura do grupo de cianobactérias nos reservatórios em função dos meses amostrados, os dados foram transformados em $\log(x+1)$ e convertidos em uma matriz triangular de similaridade usando a distância de Bray-Curtis. A distância entre as amostras foi representada usando o escalonamento multidimensional não-paramétrico (nMDS). Uma análise de variância multivariada permutacional (PerMANOVA) (9,999 permutações) foi realizada para verificar diferenças significativas entre os meses amostrados ($p < 0,05$). Todas as análises estatísticas foram realizadas no ambiente estatístico R Core Team (2019).

DESENVOLVIMENTO

Vários estudos mostram a dominância de cianobactérias em reservatórios do Nordeste brasileiro, que ocorrem principalmente sob condições estratificadas como consequência de elevadas temperaturas e altos níveis de nutrientes (BOUVY *et al.*, 2000; BITTENCOURT-OLIVEIRA *et al.*, 2011). De acordo com a literatura, os fatores hidrológicos aliados aos climáticos direcionam as mudanças ambientais, afetando as variáveis limnológicas nesses ecossistemas (SOARES *et al.*, 2012) às quais podem acelerar o processo de eutrofização (MOSS *et al.*, 2011; JEPPESEN *et al.*, 2015). Para entender essas mudanças, vários estudos foram realizados afim de prever os impactos da eutrofização e das florações de cianobactérias nos ecossistemas aquáticos, aliada ao baixo volume de água e a entrada de materiais orgânicos (BRASIL *et al.*, 2016; MEDEIROS *et al.*, 2015).

Diante disso, as bacias hidrográficas semiáridas no Brasil são áreas mais sensíveis a entrada do fluxo de água, devido as poucas chuvas e ao baixo escoamento superficial em comparação com as regiões tropicais úmidas (ROLAND *et al.*, 2012). Portanto, no semiárido, a seca é recorrente por meses ou anos, sendo um problema para o sistema de abastecimento de água, o que leva a um racionamento de água para suprir a demanda hídrica da região (BRAGA *et al.*, 2015; BRASIL *et al.*, 2016).

Os reservatórios da região semiárida apresentam um grande potencial para o desenvolvimento de florações também por apresentarem temperatura e luminosidade favorável ao crescimento das cianobactérias durante todo o ano. Assim, em consequência do aumento das concentrações de nutrientes, a água tende a apresentar elevada turbidez em períodos de seca (BARBOSA *et al.*, 2011; OLIVEIRA *et al.*, 2019).

De acordo com o relatório do painel intergovernamental que trata dos impactos das mudanças climáticas globais (IPCC, 2013), nas próximas décadas a temperatura será elevada,

o que pode resultar em secas severas, principalmente na região semiárida. Em períodos de estiagem prologada, é provável o acúmulo de nutrientes e aumento da temperatura da água, o que pode fazer com que a comunidade fitoplanctônica seja afetada de diferentes formas à estes efeitos. Assim, o favorecimento e domínio de espécies de cianobactérias potencialmente produtoras de cianotoxinas pode ocorrer (COSTA *et al.*, 2016).

A presença de “*blooms*” de cianobactérias em reservatórios afetam a qualidade da água por alterarem às características químicas e físicas, como também a biodiversidade aquática, e por produzirem uma gama de compostos metabólicos tóxicos (cianotoxinas) que exercem múltiplos efeitos adversos em organismos aquáticos, seres humanos e outros animais (HAVENS *et al.*, 2019). No Brasil, há o registro de contaminação e morte de seres humanos por toxinas ocorrido em 1996, onde pacientes de uma clínica de hemodiálise em Caruaru - Pernambuco, foram expostos ao tratamento com água contaminada por cianotoxinas (CARMICHAEL *et al.*, 2001).

Estudos mostram que, essa dominância de cianobactérias em reservatórios, ocorre devido às condições de estratificação como resposta a altas temperaturas e condições eutróficas elevadas (BITTENCOURT-OLIVEIRA *et al.*, 2011). Além disso, às variações sazonais em corpos hídricos que alteram o nível da água, estão envolvidos nas mudanças físicas, químicas e biológicas destes ecossistemas, durante períodos de baixa pluviosidade e baixo volume de água (NASELLI-FLORES e BARONE, 2005).

Dessa forma, estudos e monitoramentos da estrutura da comunidade de cianobactérias podem fornecer informações sobre às variações nas características físicas e químicas no ambiente, principalmente por serem potencialmente tóxicas em reservatórios do semiárido do Brasil, uma vez que são destinados ao abastecimento público.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi observado uma diminuição no nível de água em ambos os reservatórios durante o período de estudo. Em Camalaú, o maior volume foi registrado em Junho de 2016 (13,7%), por outro lado, o volume mínimo foi observado no mês de Fevereiro de 2017 (6,5%). Da mesma forma, no reservatório Boqueirão o maior volume foi observado no mês de Junho de 2016 (8,6%) e o menor volume no mês de Fevereiro de 2017 (Figura 2).

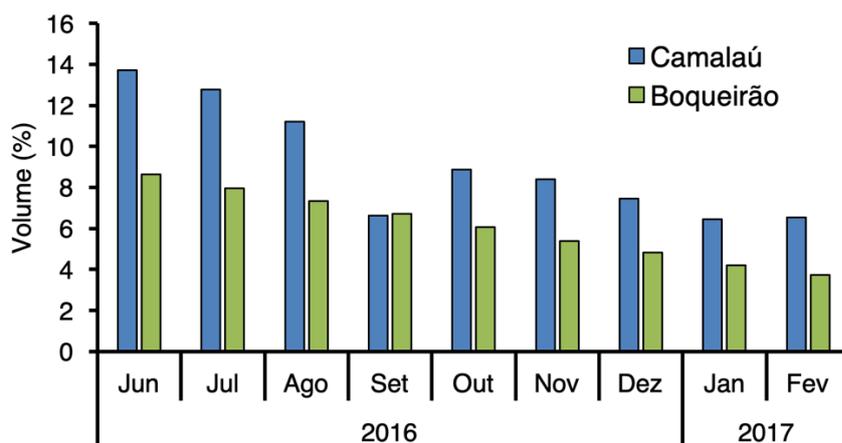


Figura 2. Variação no volume hídrico dos reservatórios de Camalaú e Boqueirão, Paraíba-Brasil, em junho de 2016 a fevereiro 2017.

Durante o período de estudo, foram indentificadas um total de 12 espécies no reservatório de Camalaú, sendo observadas 7 espécies em cada um dos meses amostrados. Para o mês de junho de 2016, as espécies registradas com maior densidade foram as espécies *Aphanocapsa koordersii* (254.291 ind/mL), seguida de *Cylindrospermopsis raciborskii* (45.349 ind/mL). No mês de Outubro, foi observado o menor volume total do estudo com valores de 21.594 ind/L). Em fevereiro, a espécie *Chroococcus dispersus* (572.934 ind/mL) apresentou a maior densidade, seguida de *Cylindrospermopsis raciborskii* (75.151 ind/mL). As espécies *Geitlerinema sp.* e *Limnothrix sp.* estiveram presentes apenas em fevereiro de 2017 (Figura 3A).

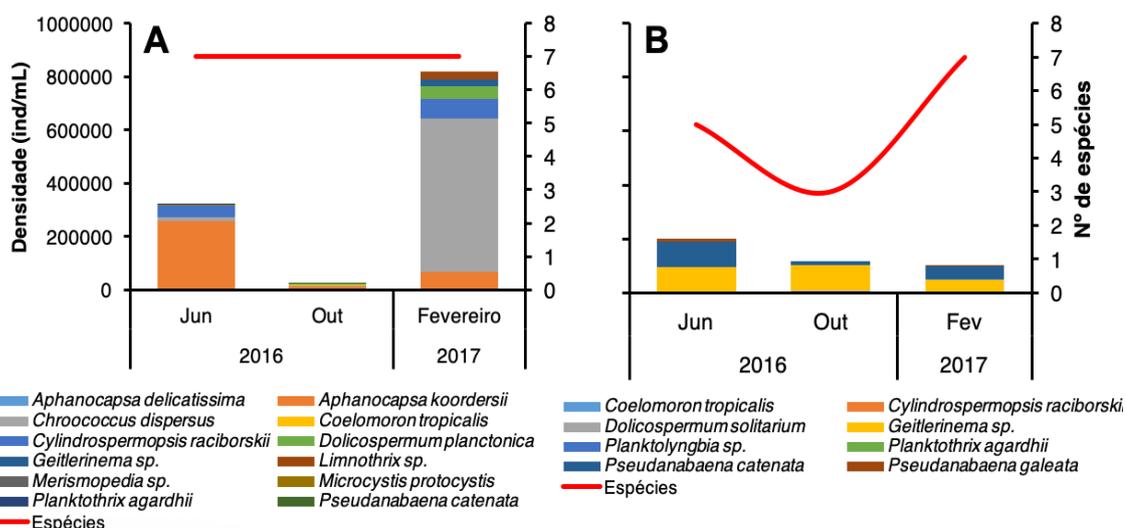


Figura 3. Comunidade de cianobactérias nos reservatórios de Camalaú (A) e Boqueirão (B), Paraíba-Brasil.

O reservatório de Boqueirão apresentou um total de 8 espécies distribuídas em Junho/16 (5), Outubro/16 (3) e Fevereiro/17 (7). *Geitlerinema* sp. foi a espécie com maior densidade observada em todos os meses de estudo. Em junho/16 mostrou uma densidade de 96.670 ind/mL, seguida de outubro/16 com 91.491 ind/mL e fevereiro/17 com 48.164 ind/mL. *Pseudanabaena catenata* ocorreu com maiores densidade em junho/16 (92.001 ind/mL) e fevereiro/17 (46.378 ind/mL) (Figura 3B).

Diferenças significativas foram observadas na estrutura da comunidade de cianobactérias (Pseudo- $F_{2,17} = 6.57$, $p < 0.001$) em relação aos meses amostrados no reservatório Camalaú (Figura 4A). No entanto, no reservatório Boqueirão não foram observadas alterações na estrutura da comunidade (Pseudo- $F_{2,21} = 1.42$, $p = 0.183$) entre os meses amostrados (Figura 4B).

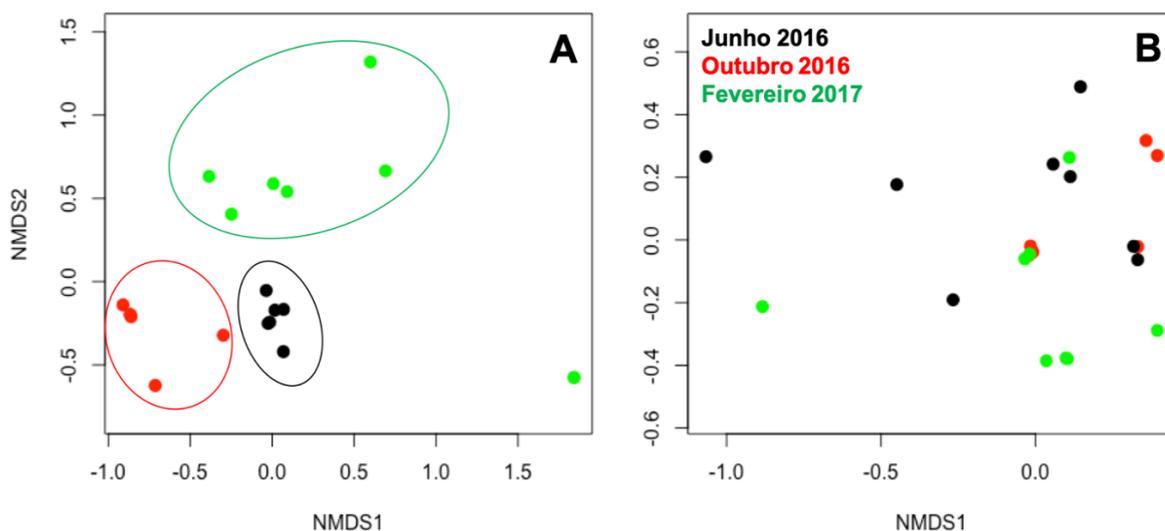


Figura 4. Biplot do escalonamento multidimensional não-paramétrico da estrutura da comunidade de cianobactérias nos reservatórios de Camalaú e Epitácio Pessoa (Boqueirão), Paraíba-Brasil.

De forma geral, pode-se observar que a comunidade de cianobactérias apresentou respostas distintas em relação às variações do volume hídrico, em ambos os reservatórios. A diminuição do nível de água em Camalaú promoveu um aumento na densidade de cianobactérias. No entanto, não foram observadas mudanças na estrutura da comunidade para o reservatório Boqueirão.

Resultados similares foram observados por Oliveira (*et al.*, 2019) em dois reservatórios do semiárido brasileiro, submetidos a um período de extrema seca em que um deles não houve ocorrência de cianobactérias, enquanto no outro houve o registro desse grupo ao qual foi

atribuído a entrada de nutrientes no corpo aquático. Assim, a redução no volume de água em sistemas aquáticos continentais pode aumentar ou diminuir às florações de cianobactérias (COSTA *et al.*, 2016).

Eventos extremos que provocam mudanças nos corpos aquáticos demonstram enorme fragilidade nos ambientes devido ao processo de oscilação do nível da água, diretamente ligada à qualidade em aspectos físicos, químicos e biológicos, principalmente na região semiárida (BRASIL *et al.*, 2016). Assim, as respostas estruturais na comunidade fitoplanctônica e em especial as cianobactérias, parece estar relacionada não só à redução do volume hídrico dos mananciais, mas também às alterações físico-químicas da água. Estudos recentes mostraram a influência da redução do volume hídrico no aumento do fósforo total e clorofila-a de um reservatório semiárido (LACERDA *et al.*, 2018; OLIVEIRA *et al.*, 2019). Além disso, na mesma região também foram observadas altas concentrações de fósforo total durante de um período de seca, o que pode ser explicado pelo baixo volume de água no reservatório e altas concentrações de clorofila-a (LEITE *et al.*, 2019).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto, fica evidente que as mudanças na precipitação e evaporação causadas pelas mudanças climáticas agravam os sintomas da eutrofização (MOSS *et al.*, 2011), e há previsões de que regiões climáticas mais secas serão mais sensíveis a essas mudanças. Assim, é muito importante compreender como as flutuações no nível da água, bem como um evento de extrema seca, podem afetar a estrutura da comunidade de cianobactérias e a qualidade de um corpo d'água, especialmente em áreas secas, também usadas como uma ferramenta de gerenciamento útil em períodos de crise hídrica (eventos prolongados de seca).

REFERÊNCIAS

AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas. Meteorologia: chuvas. 2019. Paraíba, PB. Disponível em: <<https://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/meteorologia-chuvas/climatologia/>>. Acesso em: 20 outubro de 2019.

BARBOSA, L. G.; BARBOSA, P. M. M.; BARBOSA, F. A. R. Vertical distribution of phytoplankton functional groups in a tropical shallow lake: driving forces on a diel scale. **Acta Limnologica Brasiliensia**, vol. 23, pp. 63-73, 2011.

BEZERRA, A. F. M.; BECKER, V.; MATTOS, A. Balanço de massa de fósforo total e o estado trófico em reservatórios do semiárido. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 19, n. 2, p. 67-76, 2014.

BOUVY, M.; FALCÃO, D.; MARINHO, M.; PAGANO, M.; MOURA, A. Occurrence of *Cylindrospermopsis* (Cyanobacteria) in 39 Brazilian tropical reservoirs during the 1998 drought. **Aquatic microbial ecology**, v. 23, n. 1, p. 13-27, 2000.

BRAGA, G. G.; BECKER, V.; OLIVEIRA, J. N. P.; JUNIOR, J. R. M.; BEZERRA, A. F. M. Influence of extended drought on water quality in tropical reservoirs in a semiarid region. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 27, n. 1, p. 15-23, 2015.

BRASIL, J.; ATTAYDE, J. L.; VASCONCELOS, F. R.; DANTAS, D. D. F.; HUSZAR, V. L. M. Drought-induced water-level reduction favors cyanobacteria blooms in tropical shallow lakes. **Hydrobiologia**, V.770, n.1; p. 145-164,2016.

BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C.; MOURA, A. N.; HEREMAN, T. C.; DANTAS, E. W.; MARIA. Increase in straight and coiled *Cylindrospermopsis raciborskii* (Cyanobacteria) populations under conditions of thermal de-stratification in a shallow tropical reservoir. **Journal of Water Resource and Protection**, v. 3, n. 04, p. 245, 2011.

CARACO, N. F.; MILLER, R. Effects of CO₂ on competition between a cyanobacterium and eukaryotic phytoplankton. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 55, n. 1, p. 54-62, 1998.

CARMICHAEL, W. W.; AZEVEDO, S. M.; MOLICA, R. J.; JOCHIMSEN, E. M.; LAU, S.; RINEHART, K. L.; SHAW, G. R.; EAGLESHAM, G. K. Human fatalities from cyanobacteria: chemical and biological evidence for cyanotoxins. **Environmental health perspectives**, v. 109, n. 7, p. 663-668, 2001.

CHELLAPPA, N. T.; CÂMARA, F. R. A.; ROCHA, O. Phytoplankton community: indicator of water quality in the Armando Ribeiro Gonçalves reservoir and Pataxó channel, Rio Grande do Norte, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 69, n. 2, p. 241-251, 2009.

COSTA, M. R. A.; ATTAYDE, J. L.; BECKER, V. Effects of water level reduction on the dynamics of phytoplankton functional groups in tropical semi-arid shallow lakes. **Hydrobiologia**, v. 778, n. 1, p. 75-89, 2016.

DALU, T; WASSERMAN, R. J. Cyanobacteria dynamics in a small tropical reservoir: understanding spatio-temporal variability and influence of environmental variables. **Science of the total environment**, v. 643, p. 835-841, 2018.

DANTAS, Ê. W.; MOURA, A. N.; BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C. Cyanobacterial blooms in stratified and destratified eutrophic reservoirs in semi-arid region of Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 83, n. 4, p. 1327-1338, 2011.

DANTAS, Ê. W.; BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C.; MOURA, A. N. Dynamics of phytoplankton associations in three reservoirs in northeastern Brazil assessed using Reynolds' theory. **Limnologia**, v. 42, n. 1, p. 72-80, 2012.

DANTAS-SILVA, L. T.; DANTAS, Ê. W. Zooplankton (Rotifera, Cladocera And Copepoda) and the Eutrophication in Reservoirs from Northeastern Brazil. **Oecologia Australis**, v. 17, n. 2, p. 243-248, 2013.

FREITAS, F. R. S.; RIGHETTO, A. M.; ATTAYDE, J. L. Cargas de fósforo total e material em suspensão em um reservatório do semi-árido brasileiro. **Oecologia Australis**, v. 15, n. 3, p. 655-665, 2011.

HAVENS, K. E.; JI.G.; BEAVER, J. R.; FULTON III, R. S.; TEACHER, C. E. Dynamics of cyanobacteria blooms are linked to the hydrology of shallow Florida lakes and provide insight into possible impacts of climate change. **Hydrobiologia**, v. 829, n. 1, p. 43-59, 2019.

HARKE, M. J.; STEFFEN, M. M.; GOBLER, C. J.; OTTEN, T. G, WILHELM, S. W.; WOOD, S. A.; PAERL, H. W. A review of the global ecology,genomics, and biogeography of the toxic cyanobacterium, *Microcystis* spp. **Harmful Algae**, v.54:4-20,2016

IPCC. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [s.l.] Cambridge University Press, New York, 2013.

JEPPESEN, E.; BRUCET, S.; NASELLI-FLORES, L.; PAPASTERGIADOU, E.; STEFANIDIS, K.; NÖGES, T.; NÖGES, P.; ATTAYDE, J. L.; ZOHARY, T.; COPPENS, J.; BUCAK, T.; MENEZES, R. F.; FREITAS, F. R. S.; KERNAN, M.; SØNDERGAARD, M.; BEKLIÖĞL, M. Ecological impacts of global warming and water abstraction on lakes and reservoirs due to changes in water level and related changes in salinity. **Hydrobiologia**, v. 750, n. 1, p. 201-227, 2015.

KOMÁREK, J.; ANAGNOSTIDIS, K. Abordagem moderna do sistema de classificação de cianófitos, 4: Nostocales. vol. 56, pp. 247-345. **Algological Studies**, 1989.

KOMÁREK, J.; AZEVEDO, M. T. P.; LEGNEROVÁ, J. K.; SANT'ANNA, C. L. & SENNA P. A. C. Dois comuns *Microcystis* espécies (Chroococcales, Cyanobacteria) da América tropical, incluindo *M. panniformis* sp. v. 23, pp. 159-177. **Cryptogamie Algologie**, 2002.

KOMÁREK, J.; ANAGNOSTIDIS, K.; Cyanoprokaryota 2: Oscillatoriales. In: Süßwasserflora Von Mitteleuropa. Elsevier, **Spektrum Akademischer Verlag**, 2005.

LEAO, P. N.; VASCONCELOS, M. T. S. D.; VASCONCELOS, V. M. Allelopathy in freshwater cyanobacteria. **Critical reviews in microbiology**, v. 35, n. 4, p. 271-282, 2009.

LEITE, J. N. C.; BECKER, V. Impacts of drying and reflooding on water quality of a tropical semi-arid reservoir during an extended drought event. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 31, 2019.

LACERDA, L. D.; SANTOS J. A; MARINS, R. V.; SILVA, F. A. D. Limnology of the largest multi-use artificial reservoir in NE Brazil: The Castanhão Reservoir, Ceará state. An. **Academia Brasileira Ciências**, v. 90:2073-2096, 2018.

MEDEIROS, L. C.; MATTOS, A.; LÜRLING, M.; BECKER, V. Is the future blue-green or brown? The effects of extreme events on phytoplankton dynamics in a semi-arid man-made lake. **Aquatic Ecology**, 2015, 49(3), 293-307, 2015.

MOSS, B.; KOSTEN, S.; MEERHOFF, M.; BATTARBEE, R. W.; JEPPESEN, E.; MAZZEO, N.; HAVENS, K.; LACEROT, G.; LIU, Z.; MEESTER, L.; PAERL, H.; SCHEFFER. Allied attack: climate change and eutrophication. **Inland waters**, v. 1, n. 2, p. 101-105, 2011.

NASELLI-FLORES, L.; BARONE, R. Water-level fluctuations in Mediterranean reservoirs: setting a dewatering threshold as a management tool to improve water quality. **Hydrobiologia**, v. 548, n. 1, p. 85-99, 2005.

OLIVEIRA, C. Y. B.; OLIVEIRA, C. D. L.; ALMEIDA, J. G. A.; DANTAS, D. M. Phytoplankton responses to an extreme drought season: A case study at two reservoirs from a semiarid region, Northeastern Brazil. **Journal of Limnology**, v. 78(2): 176-184, 2019.

Paerl, HANS. W.; Huisman J. Blooms like it hot. **Science**, v. 320:57-58, 2008

PAERL, H. W.; PAUL, V. J. Climate change: links to global expansion of harmful cyanobacteria. **Water research**, v. 46, n. 5, p. 1349-1363, 2012.

ROLAND, F. HUSZAR, V. L. M.; FARJALLA, V. F.; ENRICH-PAST, A.; AMADO, A. M. Climate change in Brazil: perspective on the biogeochemistry of inland waters. **Brazilian Journal of Biology**, v. 72, n. 3, p. 709-722, 2012.

ROSS, J. Práticas de Ecologia. pp.181. Barcelona: **Ediciones Omega**, 1979.
SCHEFFER, M. Ecology of shallow lakes—Kluwer Academic Publishers. **Dordrecht, Boston, London**, 2004.

SCHEFFER, M.; RINALDI, S.; GRAGNANI, A.; MUR, L. R.; NES, E. H. V. On the dominance of filamentous cyanobacteria in shallow, turbid lakes. **Ecology**, v. 78, n. 1, p. 272-282, 1997.

SOARES, M. C. S.; HUSZAR, V. L. M.; MIRANDA, M. N.; MELLO, M. M.; ROLAND.; LURLING, M. Cyanobacterial dominance in Brazil: distribution and environmental preferences. **Hydrobiologia**, v. 717, n. 1, p. 1-12, 2013.

SUIKKANEN, S.; KAARTOKALLIO, H.; HÄLLFORS, S.; HUTTUNEN, H.; LAAMANEN, M. Life cycle strategies of bloom-forming, filamentous cyanobacteria in the Baltic Sea. **Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography**, v. 57, n. 3-4, p. 199-209, 2010.

XIAO, Z.; LIANG, SHUNLIN LIANG.; TIAN, X.; JIA, K.; YAO, Y.; JIANG, B. Reconstruction of long-term temporally continuous NDVI and surface reflectance from AVHRR data. **IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing**, v. 10, n. 12, p. 5551-5568, 2017.