

## EFEITO DA SAZONALIDADE CLIMÁTICA SOBRE FLORAÇÕES DE CIANOBACTÉRIAS EM RESERVATÓRIO DE ABASTECIMENTO PÚBLICO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Francisco Josivan de Oliveira Lima<sup>1</sup>, Fernando Bezerra Lopes<sup>2</sup>, Julyanne Braga Cruz Amaral<sup>3</sup>, Eunice Maia de Andrade<sup>4</sup>, Ana Célia Maia Meireles<sup>5</sup>

- (<sup>1</sup>) Doutorando, Universidade Federal do Ceará (UFC), josivan.lima1@gmail.com;  
(<sup>2</sup>) Professor, Universidade Federal do Ceará (UFC), lopesfb@ufc.br;  
(<sup>3</sup>) Mestranda, Universidade Federal do Ceará (UFC), julyanne\_braga@hotmail.com;  
(<sup>4</sup>) Professora, Universidade Federal do Ceará (UFC), eandrade.ufc@gmail.com.  
(<sup>5</sup>) Professora, Universidade Federal do Cariri (UFCA), ana.meireles@ufca.edu.br

**RESUMO:** A intensificação do processo de eutrofização tem aumentado a frequência nas florações de cianobactérias no mundo inteiro. Em mananciais localizados nas regiões semiáridas essa situação não é diferente, além do processo de eutrofização, as características climáticas dessa região que apresentam ciclos anuais de estações secas e chuvosas favorecem o florescimento excessivo de cianobactérias. Desse modo, objetivou-se analisar o efeito da sazonalidade climática na biomassa de cianobactérias em períodos secos e chuvosos em um reservatório de abastecimento público no semiárido brasileiro. O estudo foi realizado no reservatório Orós que fica localizado na região semiárida do Brasil. Foram realizadas coletas a cada dois meses, de abril de 2008 a fevereiro de 2010. A partir das amostras de água foram realizadas análises de quantificação das concentrações de cianobactérias, de posse dessas informações foi obtida uma análise estatística descritiva dos dados, e por fim foi realizado um comparativo das concentrações de biomassa de cianobactérias com as características hidroclimáticas do reservatório. Com base nas informações foi constatado que o reservatório apresentava concentrações de cianobactérias superiores ao estipulado pela legislação vigente independente do período, foi observado ainda que um menor volume de água e um maior tempo de retenção no reservatório foram favoráveis a uma floração massiva desses organismos, e que os períodos de cheias favoreceram a renovação das águas. Por fim, foi evidenciada a necessidade de políticas de mitigação para melhora da qualidade da água do reservatório Orós.

**PALAVRAS-CHAVE:** Eutrofização, fitoplâncton, qualidade de água, limnologia

### EFFECT OF CLIMATE SEASONALITY ON CYANOBACTERIAL BLOOMS IN A PUBLIC SUPPLY RESERVOIR IN THE BRAZILIAN SEMI-ARID

**ABSTRACT:** Intensification of the eutrophication process leads to an increased in the frequency of cyanobacterial blooms worldwide. In waterbody located in semiarid regions, this situation is no different, in addition to the eutrophication process, the climatic characteristics of this region, which present annual cycles of drought and rainy seasons favor excessive cyanobacterial blooms. Thus, we aimed to analyze the effect of climatic seasonality on cyanobacterial biomass in dry and rainy periods in a public supply reservoir in the brazilian semiarid region. The study was carried out in the Orós reservoir, which is located in the semi-arid region of Brazil. Collections were carried out every two months, from April 2008 to

February 2010. Analyzes of quantification of cyanobacterial concentrations were carried out from the water samples, with this information, a descriptive statistical analysis of the data was obtained, and finally a comparison of the cyanobacterial biomass concentrations with the hydroclimatic characteristics of the reservoir was performed. Based on the information, it was found that the reservoir had concentrations of cyanobacteria higher than that stipulated by current legislation, regardless of the period, it was also observed that a lower volume of water and a longer retention time in the reservoir were favorable to a massive bloom of these organisms. and that the periods of floods favored the renewal of the waters. Finally, the need for mitigation policies to improve the water quality of the Orós reservoir was highlighted.

**KEYWORDS:** Eutrophication, phytoplankton, water quality, limnology

## INTRODUÇÃO

O processo de eutrofização das águas superficiais tem conduzido a um aumento na intensidade e frequência das florações de cianobactérias, comprometendo a disponibilidade de água potável para consumo no mundo todo (MEDEIROS *et al.*, 2015).

Nos reservatórios de águas superficiais localizados nas regiões semiáridas essa realidade é ainda pior, pois as características climáticas promovem condições para que esses organismos se desenvolvam abundantemente. O clima nessa região é caracterizado por apresentar uma estação chuvosa com irregularidades pluviométricas, alta variabilidade espacial e temporal das chuvas, e uma estação seca com elevada taxa de evapotranspiração anual (ANDRADE *et al.*, 2010), desse modo, tais características são responsáveis por alterar o volume e o tempo de residência dos reservatórios.

A disponibilidade integral de nutrientes aliado ao elevado tempo de residência dos reservatórios, submetido à altas temperatura da superfície das águas, e uma coluna de água estável, tem promovido condições ecológicas para o desenvolvimento de cianobactérias (OLIVEIRA *et al.*, 2015; MEDEIROS *et al.*, 2015).

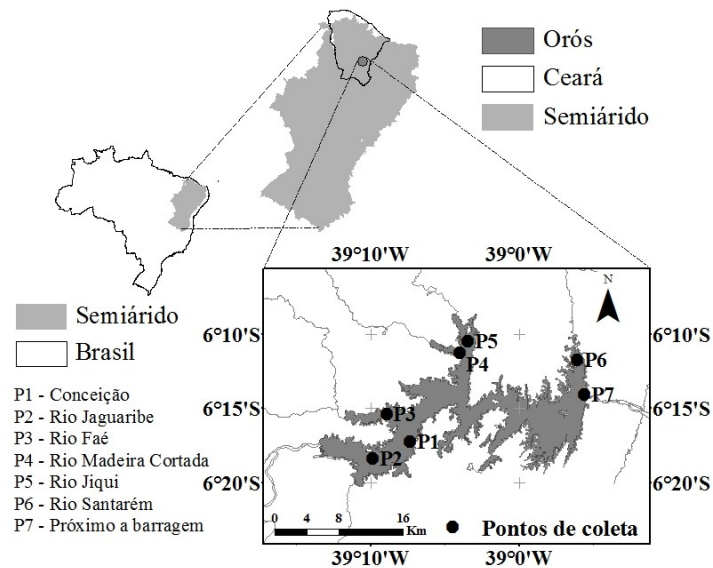
As florações massivas desses organismos representam sérios problemas de saúde pública (AFFE; BARBONI, 2012), em virtude da capacidade de algumas espécies em produzir toxinas denominadas de cianotoxinas, que podem afetar a saúde do homem e causar a mortalidade de animais (SILVA, 2013; CARNEIRO *et al.*, 2013). Além do potencial tóxico, quando as condições ambientais são favoráveis, o desenvolvimento excessivo das cianobactérias ainda afeta os usos da água, como a captação e o tratamento de água, a pesca, as atividades recreacionais e as práticas de esportes aquáticos (TUNDISI, 2003).

Com base nas informações anteriormente citadas, foi levantado a hipótese de que as concentrações de biomassa das cianobactérias são superiores em período seco precedido por uma estação chuvosa com maior número de eventos de precipitação pluviométrica extremos. Desse modo, objetivou-se analisar o efeito da sazonalidade climática na biomassa cianobactérias em períodos secos e chuvosos em um reservatório de abastecimento público no semiárido brasileiro.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Área de estudo

A área do presente estudo corresponde ao reservatório Orós, que fica localizado entre os limites dos municípios de Orós, Quixelô e Iguatu e está inserido na sub-bacia do Alto Jaguaribe na região centro-sul do estado do Ceará, Brasil (Figura 1).



**Figura 1.** Localização do reservatório Orós e os pontos de coleta de água

O reservatório Orós possui uma capacidade de armazenamento de aproximadamente 1,94 bilhão de metros cúbicos de água e uma bacia hidráulica de 35.000 ha. O clima da região segundo a classificação climática de Köppen é BSw'h', de semiárido quente com precipitações máximas de outono e temperatura média mensal do mês mais frio sempre superior a 18 °C. A precipitação pluviométrica anual da região, segundo a série climatológica de 1974 a 2010, é 998 mm (FUNCEME, 2016).

### Pluviometria e volume acumulado do reservatório

A série de dados de precipitação pluviométrica diária (Figura 2) é resultado da precipitação média (Equação 1) referente aos postos pluviométricos localizados nos municípios de Orós, Iguatu e Quixelô e foi obtida a partir do banco de dados da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME, 2020) abrangendo o período de 01 de dezembro de 2007 a 28 de fevereiro de 2010 de modo a englobar as estações secas e chuvosas referente a coleta das amostra de água.

$$\bar{P} = \frac{1}{N} \sum P_i \quad (1)$$

Em que:  $\bar{P}$  é a precipitação média;

N é o número de postos pluviométricos;

$P_i$  é a precipitação em cada posto.

Já o volume acumulado do reservatório Orós (Figura 2) foi obtido no Portal Hidrológico do Ceará (COGERH, 2016) referente ao mesmo período de coleta dos dados pluviométricos.

### **Coleta e análise das cianobactérias**

Para uma melhor compreensão da distribuição das cianobactérias no reservatório, os pontos de coleta de água foram localizados na entrada de seis tributários (Figura 1): P1, P2, P3 (representativo do terço superior do reservatório); P4, P5 (do terço médio do reservatório); e P6 e P7 (do terço inferior do reservatório), com o ponto P7 localizado próximo ao vertedouro. As coletas foram realizadas a cada dois meses, de abril de 2008 a fevereiro de 2010, para representar a estação chuvosa (dezembro a maio) e a estação seca (junho a novembro) (FERREIRA *et al.*, 2015).

Foram coletados 500 mL de água usando uma rede de plâncton de 20 µm e colocados em frascos de âmbar cuidadosamente lavados contendo 20 mL de formalina tamponada. Todo o processo de coleta foi realizado conforme recomendado por Apha *et al.* (2005) e Bicudo e Menezes (2006). O material coletado foi analisado no Laboratório Integrado de Águas de Mananciais e Residuárias, do Instituto Federal do Ceará campus Fortaleza. As cianobactérias foram quantificadas através da análise do sedimento em uma câmara Sedgewick-Rafter, usando o método Utermöhl, que permite a contagem dos organismos presentes em um volume conhecido.

### **Estatística descritiva dos dados**

A partir das concentrações de cianobactérias obtidas das amostras de água, foi realizado uma análise descritiva dos dados com a finalidade de comparar as concentrações de cianobactérias no período chuvoso e seco.

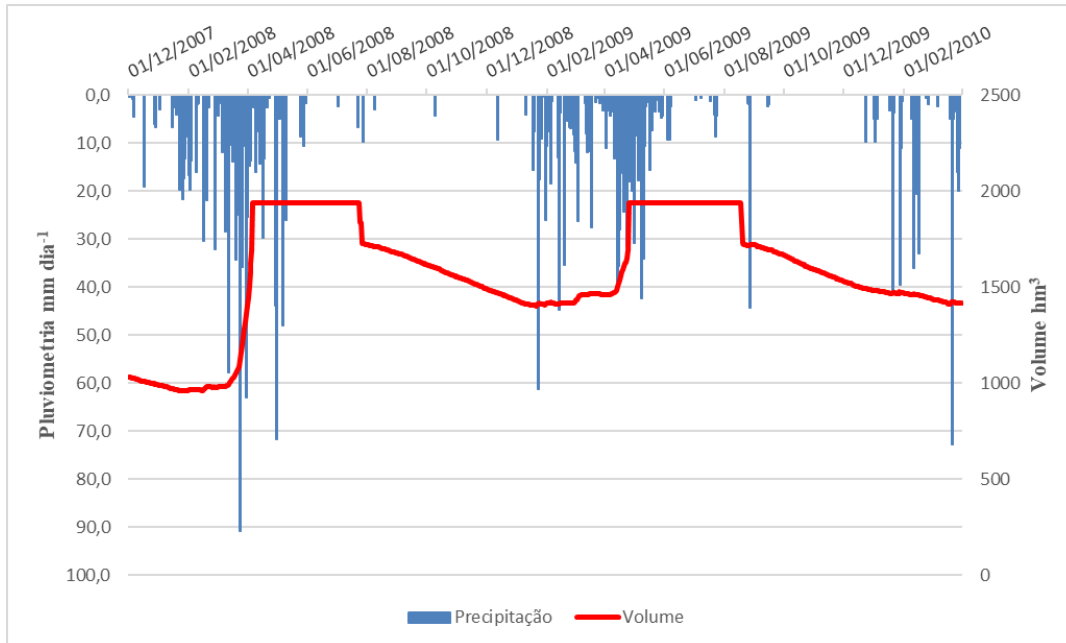
## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

No início da estação chuvosa (dezembro de 2007), o reservatório de Orós apresentava 53% da sua capacidade total de armazenamento. Devido às fortes chuvas ocorridas no período foi observado uma altura pluviométrica acumulada de 1176,8 mm, com registro superior à média histórica, conseqüentemente, houve um aumento no aporte de água, o reservatório atingiu rapidamente sua capacidade máxima em abril de 2008.

O reservatório permaneceu completamente na sua capacidade máxima de armazenamento de água até julho de 2008, podendo ser observado na Figura 2, e toda a água excedente proveniente de chuva adicional resultou em vertimento. Ainda em julho de 2008, o reservatório teve uma diminuição progressiva do volume causado pela seca, atingindo uma capacidade de acumulação de aproximadamente 72% em meados de janeiro de 2009, 19% a mais que o mesmo período do ano anterior.

Após o início da estação chuvosa em dezembro de 2008 o reservatório Orós atingiu mais uma vez o volume máximo em abril de 2009, permanecendo assim até agosto de 2009. Ainda em agosto de 2009, houve uma diminuição no volume de água que se estendeu até o final de fevereiro de 2010, mesmo após início da estação chuvosa, mostrando que não houve aporte significativo das águas das chuvas naquele período.

O reservatório Orós apresentou um tempo de retenção de água de aproximadamente 275 dias, que ocorreu entre julho de 2008 e abril de 2009, período entre uma cheia hidrológica e outra.



**Figura 2.** Dados da precipitação média diária e volume do reservatório Orós

A partir da análise estatística descritiva dos dados de biomassa de cianobactérias realizadas para os períodos secos e chuvosos (Tabela 1), pode-se constatar que em todos os pontos de coleta as concentrações de biomassa média foram superiores no período seco em relação ao período chuvoso, tal fato pode estar relacionado com estabilidade existente na coluna d'água no período seco, aliada as condições climáticas inerentes a esse período, como as elevadas temperaturas, e uma maior disponibilidade de nutrientes em virtude dos longos períodos de residência das águas. O oposto é observado no período chuvoso onde há uma instabilidade da coluna d'água em virtude do aporte de água da chuva, mas principalmente devido ao vertimento da água do reservatório. Em um estudo realizado por Medeiros *et al.* (2015) os autores também observaram o mesmo comportamento da biomassa de cianobactérias, com aumento no período seco e redução da biomassa no período chuvoso, os autores atribuíram tal fenômeno ao processo de transbordamento e uma consequente melhora na transparência da água, resultando assim numa maior disponibilidade de luz.

É possível observar ainda que nos pontos próximos as entradas dos principais afluentes (P1 a P5) as diferenças tendem ser maiores, possivelmente as águas oriundas das enxurradas ocorridas nos eventos de precipitação pluviométrica promovem o arraste das cianobactérias, e dificultando assim desenvolvimento desses organismos. Segundo Oliveira *et al.* (2014), a redução da biomassa fitoplanctônica durante o período chuvoso pode ser explicado pela desestabilidade da coluna de água devido a turbulência, podendo ser considerado mais importante que outros fatores (como radiação e temperatura), de modo que altas densidades fitoplanctônica (principalmente espécies filamentosas) coincidem com períodos de baixas alturas pluviométricas e elevadas temperaturas.

As menores concentrações de cianobactérias ocorreram nos pontos P6 e P7 que estão localizados mais próximos a barragem, podendo tal fato estar relacionado as maiores

profundidades observadas no reservatório Orós. Segundo Lima *et al.* (2015) a diminuição do tempo de residência, a exportação de organismos e nutrientes a jusante durante os períodos de alta descarga podem reduzir a produção primária.

**Tabela 1.** Análise estatística descritiva das concentrações de cianobactéria (cel mL<sup>-1</sup>)

Período	Estatística	Pontos de Coleta						
		1	2	3	4	5	6	7
Chuvoso	Média	275981,0	201531,6	171387,0	199520,7	256426,5	130121,0	109776,5
	Máxima	656271	370229	365421	390221	837493	215809	179053
	Mínima	102024	95426	99776	119952	17687	63657	62947
	Desvio Padrão	225814,8	112258,6	101959,7	108191,4	300882,3	53701,1	38250,5
Seco	Média	352861,8	458859,8	455646,7	311995,2	410657,5	189338,2	173708,3
	Máxima	689719	884229	1005394	566773	743133	357301	227991
	Mínima	139734	143141	60351	105444	72024	110140	120187
	Desvio Padrão	261980,2	283020,8	336191,2	203875,1	297820,4	87039,2	45771,5

A partir da análise da distribuição temporal da biomassa das cianobactérias (Figuras 3 e 4) foi possível realizar uma comparação com os dados de precipitação pluviométrica e volume de água armazenado no reservatório (Figura 2).

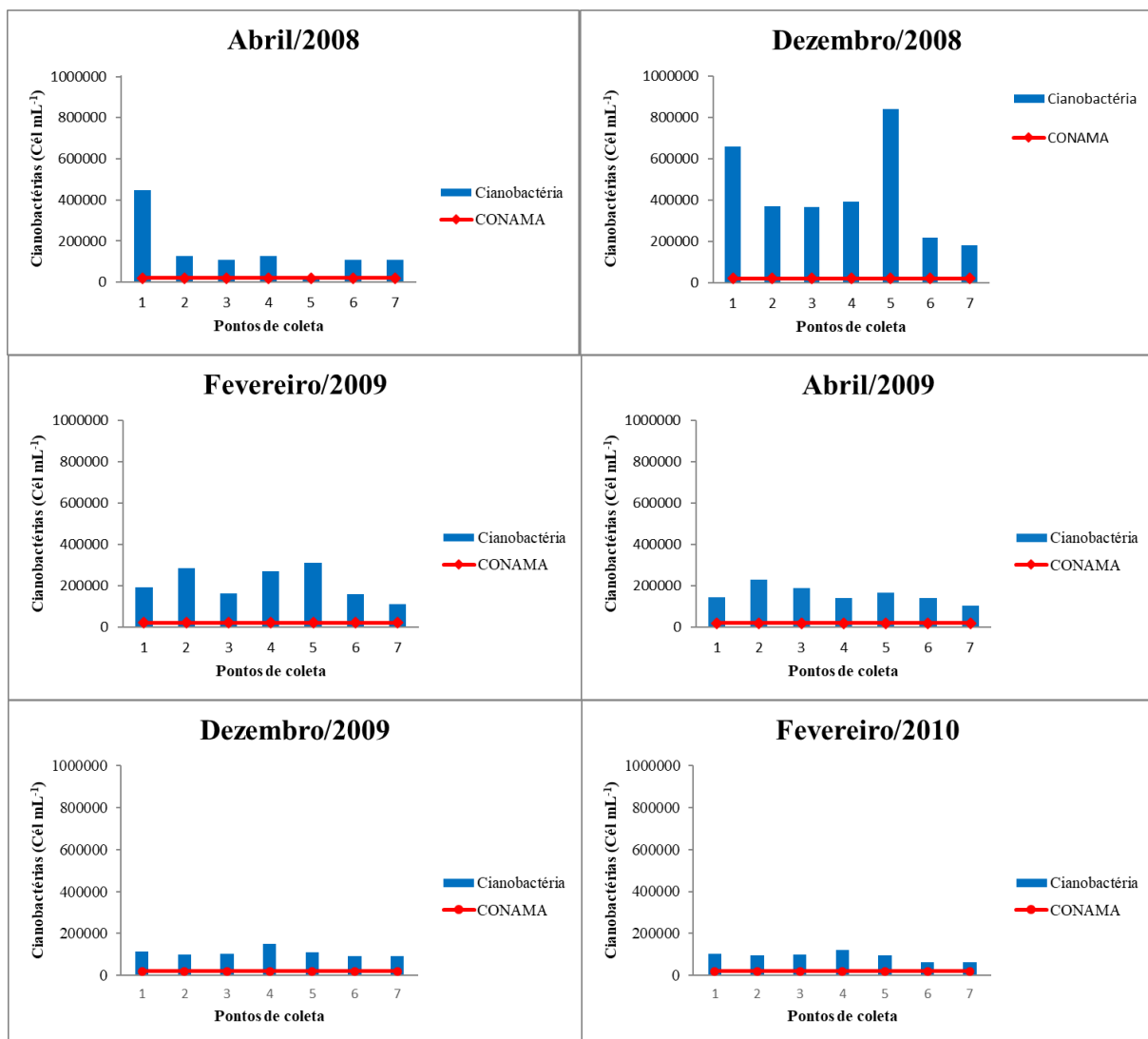
Alguns pontos principais foram observados, o primeiro como já foi constatado na Tabela 1, as concentrações de cianobactérias são sempre superiores no período seco em relação ao chuvoso, contudo, o que se verifica ainda é que mesmo no período chuvoso as concentrações de biomassa ainda são elevadas em todas as análises, estando sempre superiores aos padrões da resolução nº 357 de 17 de março de 2005 do CONAMA para águas de classe 1 que é de 20000 cel.mL<sup>-1</sup> e para águas de classe 2 que é de 50000 cel.mL<sup>-1</sup>, com exceção do ponto P5 em abril de 2008. A existência de fontes de nutrientes oriundos da piscicultura, águas residuárias, e atividades agrícolas (LOPES *et al.*, 2014) têm contribuído para que as *Cyanophyceae* se tornem dominante no reservatório Orós, independentemente do regime de chuvas (ANDRADE *et al.*, 2020). Rocha, Andrade e Lopes (2015) observaram nesse mesmo reservatório a presença de cianobactérias entre 50% e 60% das amostras coletas.

A portaria nº 518 de 25 de março de 2004 do Ministério da Saúde considerado um valor máximo permitido de 20000 cel.mL<sup>-1</sup> para águas utilizados para o abastecimento público, como é o caso das águas do reservatório Orós. Ainda de acordo com essa portaria, sempre que os valores no ponto de captação excederem 20000 cel.mL<sup>-1</sup> será exigida a análise semanal de cianotoxinas na água na saída do tratamento e nas entradas das clínicas de hemodiálise e indústrias de injetáveis, sendo dispensada quando não houver comprovação de toxicidade.

Em dezembro de 2008 foi possível observar que a ausência de precipitação nesse mês promoveu condições para que as concentrações de cianobactérias fossem elevadas, alcançando um valor superior 800000 cel.mL<sup>-1</sup>, sendo esse um processo resultante pelo longo período de retenção da água, sendo que o tempo aproximado foi de 160 dias, e com isso houve uma acumulo de nutrientes. Segundo Barbosa e Cirilo (2015), o fósforo possui afinidade com o material suspenso na massa líquida, de modo que quanto maior for o tempo de residência da água maior será a acumulação desse elemento.

Outro ponto que pode ser destacado, é o fato de fevereiro e abril de 2009 apresentarem valores que em sua maioria foram superiores a 200000 cel.mL<sup>-1</sup>, mesmo quando o período

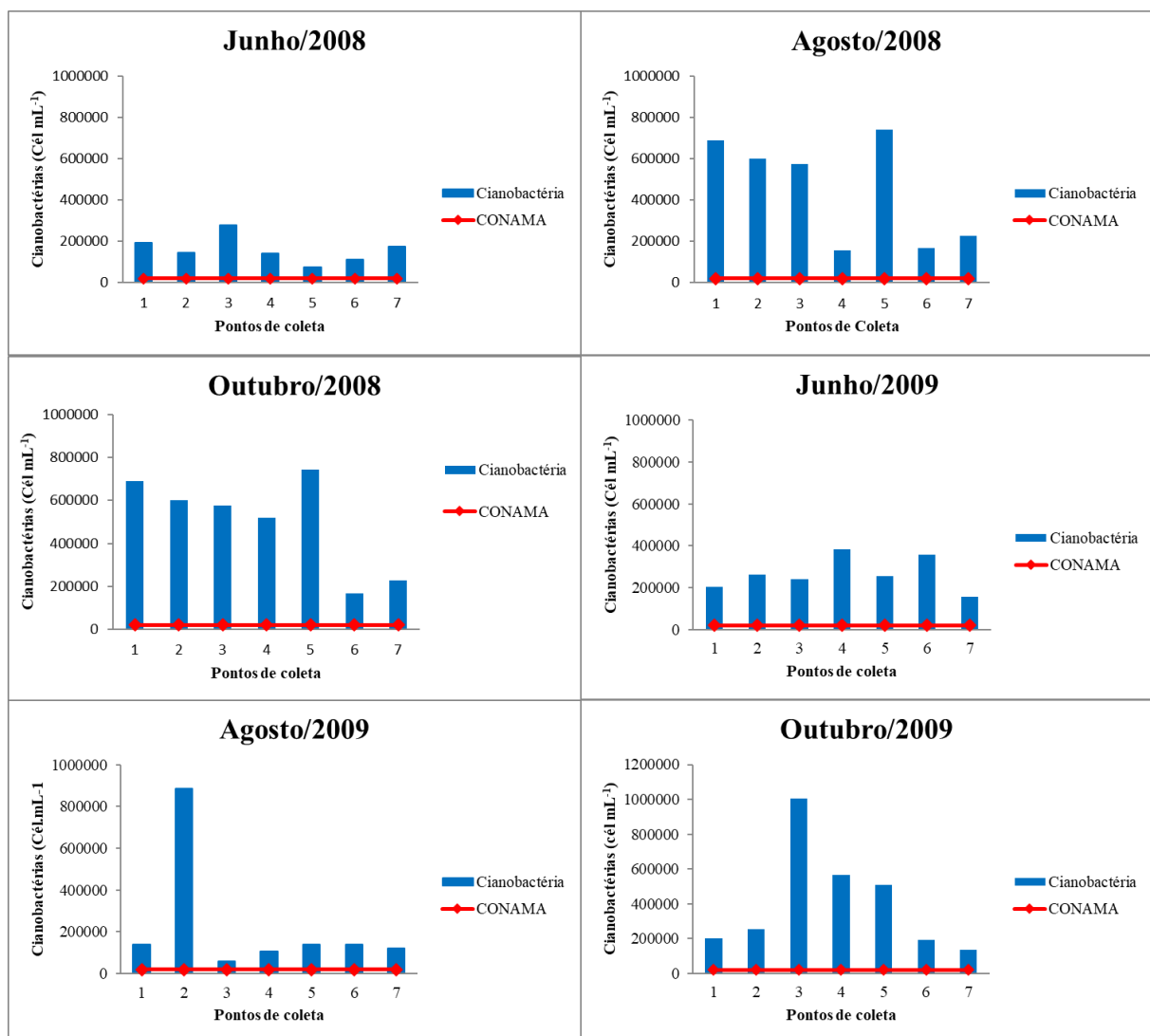
apresentou eventos de precipitação pluviométricas consideráveis, podendo tal fato estar relacionado com o volume do reservatório que apresentava 75% da sua capacidade, contudo, encontrava-se em processo de abastecimento. Vidal e Capelo Neto (2014) afirmam que as chuvas podem promover a melhoria na qualidade das águas dos mananciais, mas as cargas de nutrientes introduzidas a partir do escoamento podem vir agravar a sua qualidade devido à alta retenção de nutrientes que resultam no aumento da produtividade do reservatório. Segundo Silva e Costa (2015), fatores como evaporação intensa e longo tempo de residência da água são relacionadas com o estabelecimento de condições eutróficas, que aliadas aos eventos de precipitação pluviométrica distribuída de forma irregular geram intensas flutuações sazonais no nível da água, resultando no aumento da biomassa de algas.



**Figura 4.** Concentração de biomassa de cianobactérias no período chuvoso versus os valores padrões estipulados pela resolução n° 357 do CONAMA para águas de classe 1

As concentrações de cianobactérias referentes aos períodos de junho de 2008, junho de 2009 e agosto de 2009 mesmo no período seco apresentaram concentrações relativamente baixas em comparação ao demais períodos da estação seca, o que pode ser explicado pelo

volume de água armazenado no reservatório que se encontrava na sua capacidade máxima, e consequente toda a água excedente proveniente de chuva adicional resultou em vertimento promovendo a renovação das águas do reservatório. Já nos períodos de agosto de 2008, outubro de 2008 e outubro 2009, observou-se que a maioria das concentrações nessas datas está relacionado com o período de transição do reservatório, em que ele parte da sua máxima capacidade e dado o início ao rebaixamento do volume de água. Medeiros *et al.* (2015) observaram comportamentos semelhantes no lago artificial Cruzeta que fica localizado no estado do Rio Grande do Norte, os autores afirmam que em períodos que o reservatório estava completamente cheio o transbordamento promovia a lavagem da biomassa de cianobactérias coloniais, de modo que houve um favorecimento das espécies filamentosas que são tolerantes a condições turbulentas, e possuem regulação de flutuabilidade, no entanto, quando o volume foi decaindo houve um reaparecimento de espécies de cianobactérias coloniais que coexistiram com as filamentosas.



**Figura 5.** Concentração de biomassa de cianobactérias no período seco versus os valores padrões estipulados pela resolução nº 357 do CONAMA para águas de classe 1



## CONCLUSÕES

Eventos climáticos como precipitações pluviométricas e longos períodos de secas tem forte influência sobre o regime hidráulico de reservatórios na região semiárida, e assim influencia as condições de desenvolvimento das cianobactérias. De modo que um menor volume de água e um maior tempo de retenção no reservatório, que foram as condições observadas no período seco, foram favoráveis a uma floração massiva desses organismos. Sendo que o oposto foi observado no período chuvoso em que o reservatório apresentava sua capacidade volumétrica máxima com água, e assim favoreceu a renovação das águas devido ao vertimento. Contudo, a ocorrência de precipitação pluviométrica em condições de um baixo volume de água também favoreceu o florescimento de cianobactérias.

Por fim, em todos os períodos de estudo independente da estação climática, as águas do reservatório Orós apresentou elevadas concentrações de biomassa de cianobactérias, estando em desacordo com a legislação brasileira vigente, e conseqüentemente, podendo vir a se tornar um problema de saúde pública em virtude do potencial de toxicidade desses organismos, visto que a população circunvizinha faz uso dessas águas sem um mínimo tratamento prévio. Nestas circunstâncias é evidenciada a importância da tomada de medidas pelos órgãos gestores no que compete a aplicação de políticas de mitigação para recuperação da qualidade das águas do Orós.

## AGRADECIMENTOS

A FUNCAP e ao CNPq pelo apoio financeiro à pesquisa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AFFE, H. M. J.; BARBONI, S. A. V. Cianobactérias potencialmente tóxicas de importância em saúde pública. **RevInter Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**, v.5, n.3, p.42-59, 2012.
- ANDRADE, E. M.; FERREIRA, K. C. D.; LOPES, F. B.; ARAÚJO, I. C. S.; SILVA, A. G. R. Balance of nitrogen and phosphorus in a reservoir in the tropical semi-arid region. **Revista Ciência Agronômica**, v. 51, n. 1, 2020.
- ANDRADE, E. M.; LOPES, F. B.; PALÁCIO, H. A. Q.; AQUINO, D. N.; ALEXANDRE, D. M. B. Land use and groundwater quality: the case of Baixo Acaraú irrigated perimeter, Brazil. **Revista Ciência Agronômica**, 41, p.208–215, 2010.
- APHA et al. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21. ed. Washington, USA: American Public Health Association, 2005.
- BARBOSA, I. B. R.; CIRILO, J. A. Contribuição média de fósforo em reservatório de abastecimento de água-Parte 1. **Engenharia sanitária e ambiental**, v.20, n.1, p.39-46, 2015.
- BICUDO, C. E.; MENEZES, M. 2006. **Gêneros de algas de águas continentais do Brasil: chave Para identificação e descrições** (2 ed.). São Carlos: Rima, 498p.

BRASIL, CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução nº375, de 17 de março de 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. Portaria MS n.º 518/2004 / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental – Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2005.

CARNEIRO, R. L.; PACHECO, A. B. F.; OLIVEIRA E AZEVEDO, S. M. F. Growth and Saxitoxin Production by *Cylindrospermopsis raciborskii* (Cyanobacteria) Correlate with Water Hardness. **Marine Drugs**, v.11, p.2949-2963, 2013.

FERREIRA, K. C. D.; LOPES, F. B.; ANDRADE, E. M.; MEIRELES, A. C. M.; SILVA, G. S. Adaptação do índice de qualidade de água da National Sanitation Foundation ao semiárido brasileiro. **Revista Ciência Agrônômica**, v.46, n.2, p.277-286, 2015.

FUNCEME, Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. **Redes de Monitoramento**. Disponível em: <<http://www.funceme.br>>. Acesso: Fev. 2016.

FUNCEME, Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. **Redes de Monitoramento**. Disponível em: <[http://www.funceme.br/?page\\_id=2694](http://www.funceme.br/?page_id=2694)>. Acesso: Abr. 2020.

LIMA, P. F.; SOUSA, M. S. R.; PORFÍRIO, A. F.; ALMEIDA, B. S.; FREIRE, R. H. F., SANTAELLA, S. T. Preliminary analysis on the use of Trophic State Indexes in a brazilian semiarid reservoir. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v.37, n.3, p.309-318, 2015.

LOPES, F. B.; ANDRADE, E. M.; MEIRRELES, A. C. M.; BECKER, H.; BATISTA, A. A. Assessment of the water quality in a large reservoir in semiarid region of Brazil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 4, p. 437-445, 2014.

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**, v.49, p.293-307, 2015.

OLIVEIRA, F. H. P. C.; ARA, A. L. S. C.; MOREIRA, C. H. P.; LIRA, O. O.; PADILHA, M. R. F.; SHINOHARA, N. K. S. Seasonal changes of water quality in a tropical shallow and eutrophic reservoir in the metropolitan region of Recife (Pernambuco-Brazil). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.86, n.4, p.1863-1872, 2014.

ROCHA, F. C.; ANDRADE, E. M.; LOPES, F. B. Water quality index calculated from biological, physical and chemical attributes. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 187, n. 4163, 2015.

SILVA, A. P. C.; COSTA, I. A. S. Biomonitoring ecological status of two reservoirs of the brazilian semi-arid using phytoplankton assemblages (Q index). **Acta Limnologica Brasiliensia**, v.27, n.1, p.1-14, 2015.

SILVA, M. D. **Diagnóstico da comunidade fitoplanctônica de um reservatório no semiárido nordestino**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2013. 113f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais).

TUNDISI, J. G. A crise da água: eutrofização e suas consequências. In: TUNDISI, J.G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. São Carlos: Rima, IIE, 2003. 247p

VIDAL, T. F.; CAPELO NETO, J. Caracterização limnológica e influência da precipitação em reservatório de abastecimento público da região metropolitana de Fortaleza/CE. **X Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v.10, n.2, p.298-312, 2014.