

TENDÊNCIA DOS EVENTOS EXTREMOS NA QUALIDADE DE ÁGUA NOS AÇUDES DO ESTADO DO CEARÁ

Mariane Cardoso Elias¹

Gabriel Franco¹

Pedro Flombaum²

Elias Trevisan¹

Rodrigo Felipe Bedim Godoy³

Recursos Hídricos e Qualidade da Água

Resumo

A eutrofização das águas de reservatórios pode comprometer a qualidade da mesma, principalmente as que são destinadas ao consumo humano, potencializando o crescimento de cianobactérias que são prejudiciais aos animais. Deste modo, o presente trabalho teve como objetivo analisar a qualidade das águas dos açudes distribuídos por todo o estado do Ceará. Foram levantados dados de 2008 a 2020 para analisar a variação temporal dos parâmetros nitrogênio total, fósforo total, clorofila-a e densidade de cianobactérias comparando com os valores máximos permitidos pela resolução CONAMA 357/2005 e correlacionando com os dados hidrológicos para o mesmo período, possibilitando assim visualizar os efeitos das chuvas e secas nos açudes e como as ações antrópicas influenciam na qualidade da água. Os anos de maiores valores encontrados foram 2016 com mais de 3 mg/L de nitrogênio, 2017 com uma média de 0,21 mg/L de fósforo, também 2015 com uma alta exorbitante de cianobactérias com 1107646 cél./mL e 2016 com mais de 85 µg/L de médias para a clorofila-a, ou seja, 8 vezes mais do permitido pela resolução (10 µg/L). Também houve uma mudança do estado trófico em relação aos períodos iniciais, chegando ao estado hipereutrótico, pior nível de qualidade para as águas.

Palavras-chave: Nitrogênio; Cianobactéria; Eutrofização;

¹Universidade Estadual de Maringá (UEM), Departamento de Meio Ambiente, Umuarama, PR, Brasil;

marianecardosoelias@gmail.com

gabrielconfec@gmail.com

eliastrevisan@yahoo.com.br

²Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Ecología Genética y Evolución, y Centro de Investigaciones del Mar y de la Atmósfera. Buenos Aires, Argentina;

pflombaum@cima.fcen.uba.ar

³Engenheiro ambiental, mestrado em engenharia de recursos hídricos e ambiental, Universidade Federal do Paraná, Curitiba (PR); rodrigofelipe7@hotmail.com



INTRODUÇÃO

A instalação de açudes iniciou-se no estado do Ceará devido às condições de semi-aridez da região do Nordeste e estes são de grande importância socioeconômica armazenando água para consumo humano e animal, para o desenvolvimento de piscicultura e, principalmente, para a regulamentação de cursos d'água possibilitando a distribuição de empreendimentos agrícolas em todo o estado (TEIXEIRA, 2004; MELO, 2005; MEIRELES *et al.*, 2007).

As cianobactérias são microrganismos procarióticos gram-negativos fotossintetizantes que desempenham papel de manutenção de cadeias alimentares e a ciclagem de nutrientes por meio dos ciclos biogeoquímicos. Na presença de abundante quantidade de nutrientes de matéria orgânica, os ambientes aquáticos sofrem dificuldade para receber luz, consequência destes organismos que crescem rapidamente e em grande quantidade, sendo considerados os maiores produtores de biomassa primária. Apesar de serem tolerantes a grandes estresses como mudança de temperatura e pH, estes preferem ambientes de água doce como lagos e reservatórios (CASTENHOLZ *et al.*, 1989; GRANDÍSSIMO *et al.*, 2020).

Algumas cianobactérias sintetizam compostos tóxicos, chamadas de cianotoxinas. Estas podem afetar o sistema do corpo humano e podem levar à morte. Por conta disso, é essencial que seja feito um monitoramento em reservatórios de água para consumo humano, animal ou para recreação (GRANDÍSSIMO *et al.*, 2020). Outro parâmetro da qualidade da água, a clorofila-a, também pode sofrer alteração e devido a sua fácil medição, é geralmente usada como indicador de biomassa algal (LAMON III *et al.*, 1996; LOPES *et al.*, 2015).

O lançamento de nutrientes aos corpos d'água, principalmente nitrogênio e fósforo, potencializa o crescimento de algas e plantas aquáticas. Este processo é chamado de eutrofização (FIA *et al.*, 2009). Para classificar os corpos d'água quanto ao grau de trofia, utiliza-se o Índice do Estado Trófico (IET) que relaciona este nível com o crescimento de algas ou microrganismos aquáticos (CETESB, 2007; ZANINI *et al.*, 2010). São muitas as consequências deste processo, que inclui alteração no: sabor, odor,

turbidez e cor da água, e à redução do oxigênio dissolvido, podendo levar a morte de peixes e outras espécies aquáticas (MOTA, 2006; FIA *et al.*, 2009).

Dada a importância do fornecimento de água para a população em diferentes condições climáticas. Este trabalho teve como objetivo analisar a variação temporal das características químicas e biológicas de qualidade de água de 158 açudes espalhados pelo estado do Ceará, por meio da determinação do Índice do Estado Trófico (IET), entre os anos de 2008 e 2020.

METODOLOGIA

Área de Estudo - As áreas de estudo foram 158 açudes localizados no estado do Ceará. Os dados foram coletados no site da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), do governo do estado do Ceará, com dados no período de 2008 a 2020. Na figura 1 estão localizados os açudes, com valores de observações para cada corpo d'água e a média da concentração de clorofila-a para cada reservatório.

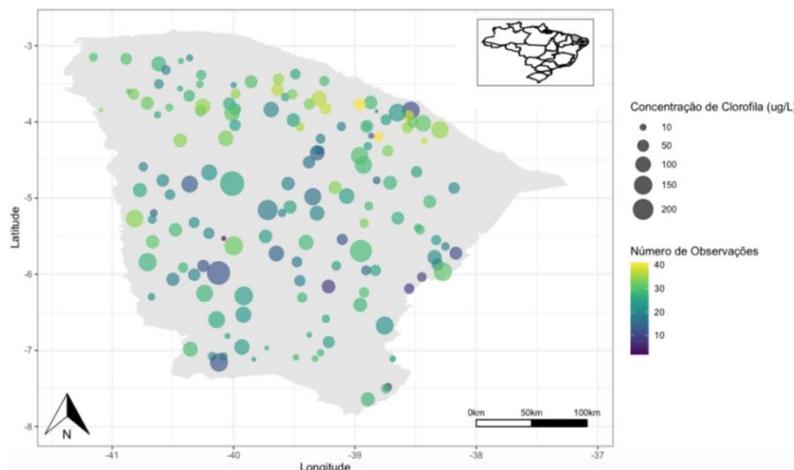


Figura 01: Localização de 156 reservatórios utilizados no estudo.

Parâmetros - Foram coletados dados dos seguintes parâmetros: nitrogênio total (NT), fósforo total (FT), densidade de cianobactérias (Ciano) e concentração de clorofila-a. Foram coletados dados de precipitação (FUNCEME) e dados climáticos (INMET) para as estações de Fortaleza, Sobral, Guaramiranga, Barbalha, Iguatu, Tauá, Quixeramobim, Morada Nova, Jaguaruana, Crateús, Campos Sales, Guararibe, Itapipoca, Acaraú, Tianguá, Quixadá.



Análises - Para classificação de reservatórios, o Índice do Estado Trófico para o **fósforo** – IET(PT) e o Índice do Estado Trófico para a **clorofila-a** – IET(CL), modificados por Lamparelli (2004), é feito pelas equações a seguir (CETESB, 2013).

$$IEA (CL) = 10 \times \left(6 - \frac{0,92 - 0,34(\ln CL)}{\ln 2}\right)$$

$$IEA (PT) = 10 \times \left(6 - \frac{1,77 - 0,42(\ln PT)}{\ln 2}\right)$$

Onde: PT → concentração de fósforo total medida à superfície da água ($\mu\text{g.L}^{-1}$);

CL → concentração de clorofila-a medida à superfície da água ($\mu\text{g.L}^{-1}$);

ln: → logaritmo natural.

Em meses que obtiveram-se dados de ambas variáveis, o resultado do IET foi a média aritmética simples dos índices relativos ao fósforo total e a clorofila-a, (CETESB, 2013) segundo a equação:

$$IEA = \frac{IET (PT) + IET (CL)}{2}$$

A tabela abaixo apresenta os limites estabelecidos para as classes de trofia para os reservatórios de São Paulo segundo Índice de Carlson Modificado (CETESB, 2013).

Tabela 01: Classificação do Estado Trófico para reservatórios (CETESB, 2013).

CATEGORIA (ESTADO TRÓFICO)	PONDERAÇÃO	SECCHI-S (m)	P-TOTAL – P (mg.m^{-3})	CLOROFILA –A (mg.m^{-3})
Ultraoligotrófico	$IET \leq 47$	$S \geq 2,4$	$P \leq 8$	$CL \leq 1,17$
Oligotrófico	$47 < IET \leq 52$	$2,4 > S \geq 1,7$	$8 < P \leq 19$	$1,17 < CL \leq 3,24$
Mesotrófico	$52 < IET \leq 59$	$1,7 > S \geq 1,1$	$19 < P \leq 52$	$3,24 < CL \leq 11,03$
Eutrófico	$59 < IET \leq 63$	$1,1 > S \geq 0,8$	$52 < P \leq 120$	$11,03 < CL \leq 30,55$
Supereutrófico	$63 < IET \leq 67$	$0,8 > S \geq 0,6$	$120 < P \leq 233$	$30,55 < CL \leq 69,05$
Hipereutrófico	$IET > 67$	$0,6 > S$	$233 < P$	$69,05 < CL$

Frequência de Eventos Extremos - Definimos eventos extremos como aquelas observações com valores acima do percentil 90. Calculamos eventos extremos para NT, FT, Ciano e clorofila-a em cada ano e relacionamos as frequências de eventos extremos com variáveis climáticas, precipitação total acumulada e radiação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

1. Variação Temporal

É possível observar uma variação interanual nas médias, valores máximos e mínimos de cada ano para todos os parâmetros (Tabela 2). Com destaque para o ano de

2017, que apresentou os maiores valores de NT, FT e clorofila-a. Os parâmetros que apresentaram menores variações entre os anos de 2008 a 2020 foi o nitrogênio total com aproximadamente 54% e o fósforo total com aproximadamente 57% entre o valor mínimo e o valor máximo. Em seguida a concentração de clorofila-a variou cerca de 74%, e o parâmetro que mais variou entre os anos foi a cianobactéria com aproximadamente 94%. Segundo a resolução CONAMA nº 357/2005 a concentração de nitrogênio total não deve ultrapassar 1,27 mg/L para ambientes lênticos. Comparando este valor a média de cada ano analisado, todos ultrapassaram o limite máximo para o mesmo, como em 2016 onde a concentração foi mais que o dobro de 2020.

O valor máximo de fósforo total em ambientes lênticos é de 0,020 mg/L, de acordo com a resolução CONAMA nº 357/2005. Portanto, todas as médias estão acima do permitido (Tabela 2), com destaque para os maiores valores no ano de 2017, ultrapassando 0,2 mg/L. A alta em ambos os parâmetros (NT e FT) podem estar associados à poluição orgânica, seja decorrente de poluição pontual, com o lançamento de esgoto, ou por fonte difusa, escoamento superficial em áreas agrícolas que carregam elevada concentração de fertilizantes e outros produtos (SILVA, 2012).

A densidade máxima de cianobactérias permitida para corpos d'água de classe 1 é de $2,0 \times 10^4$ cél/mL, portanto os valores médios calculados estão todos muito acima para todos os anos, principalmente em 2015 com um valor exorbitante de $11,1 \times 10^5$ cél/mL. É de grande importância o monitoramento das cianobactérias, pois estas dificultam a entrada de luz prejudicando outros organismos do mesmo ambiente e na qualidade da água para consumo por conta das toxinas liberadas (GRANDÍSSIMO *et al*, 2020). Assim como as cianobactérias, a concentração de clorofila-a também excedeu o valor limite estabelecido pela resolução em todos os anos, onde é permitido até 10 µg/L, como em 2015 e 2016 que houveram as maiores médias anuais, excedendo mais de 8 vezes do permitido.

Tabela 02: Análise temporal da média, desvio padrão, valor máximo e mínimo.

ANO	NT (mg/L)	FT (mg/L)	CIANO (cél./mL)	CLOROFILA -A (ug/L)
2008	$1,56 \pm 1,06$; 4,85*; 0,11** (n=59)	$0,13 \pm 0,16$; 1,46; 0,002 (n=91)	$1,88 \times 10^3 \pm 4,88 \times 10^5$; $49,26 \times 10^5$; 23 (n=120)	$21,78 \pm 33,60$; 218,2; 0,42 (n=64)

2009	1,52±0,88; 4,53; 0,22 (n=55)	0,21± 0,32;2,14; 0,022 (n=55)	1,71x10 ⁵ ±5,17x10 ⁵ ; 86,36x10 ⁵ ; 5 (n=349)	31,71±29,11;148,8;3,04 (n=54)
2010	1,45±1,13; 6,26; 0,23 (n=85)	0,10± 0,11;0,79; 0,016 (n=137)	1,75x10 ⁵ ±2,71x10 ⁵ ; 14,95x10 ⁵ ; 4 (n=231)	36,73±60,17;431,2;1,1 (n=107)
2011	1,41±0,89; 3,57; 0,16 (n=72)	0,11± 0,12;0,65; 0,01 (n=124)	1,78x10 ⁵ ±2,90x10 ⁵ ; 27,19x10 ⁵ ; 10 (n=270)	28,74±35,30;185,57;0,6 (n=119)
2012	1,49±1,32; 6,17; 0,10 (n=131)	0,15± 0,36;5,06; 0,01 (n=212)	2,94x10 ⁵ ±4,82x10 ⁵ ; 48,32x10 ⁵ ; 11 (n=215)	51,28±136,27;1671,4;0,53 (n=208)
2013	2,25±1,71; 8,73; 0,12 (n=231)	0,18± 0,19;1,02; 0,01 (n=249)	2,68x10 ⁵ ±7,11x10 ⁵ ; 92,80x10 ⁵ ; 130 (n=315)	55,86±90,68;497,51;0,50 (n=171)
2014	2,71±2,21; 13,60; 0,11 (n=385)	0,14± 0,21;3,45; 0,01 (n=387)	2,15x10 ⁵ ±3,12x10 ⁵ ; 31,91x10 ⁵ ; 518 (n=402)	74,47±106,93;814,35;0,83 (n=304)
2015	2,50±2,59; 20,62; 0,025 (n=401)	0,13± 0,12;0,92; 0,01 (n=400)	11,07x10 ⁵ ±8946070; 1773,24x10 ⁵ ;209 (n=405)	84,72±118,85;798,44.; 0,65 (n=380)
2016	3,02±3,13;24,84;0,025 (n=448)	0,14± 0,17;2,03; 0,01 (n=448)	2,24x10 ⁵ ±3,62x10 ⁵ ; 48,89x10 ⁵ ;1296(n=434)	85,14±137,93;1035,6;0,20 (n=443)
2017	2,92±6,24;120,25;0,15 (n=450)	0,21± 0,73;15,05; 0,01 (n=451)	8,19x10 ⁴ ±1,14x10 ⁵ ; 8,55x10 ⁵ ;259(n=454)	74,30±178,70;2617,6;0,20 (n=448)
2018	2,29±2,68;34,37;0,025 (n=525)	0,14± 0,23;4,07; 0,01 (n=525)	6,78x10 ⁴ ±9,1x10 ⁵ ; 5,76x10 ⁵ ;348(n=526)	49,48±68,06;583,8;1 (n=508)
2019	1,76±2,59;42,50;0,11 (n=535)	0,11± 0,14;1,39; 0,01 (n=535)	1,60x10 ⁵ ±3,58x10 ⁵ ; 49,,06x10 ⁵ ;58(n=533)	37,46±52,33;572,2;1 (n=510)
2020	1,37±1,06;10,02;0,12 (n=543)	0,09± 0,12;0,97; 0,01 (n=548)	1,91x10 ⁵ ±3,37x10 ⁵ ; 26,73x10 ⁵ ; 1(n=544)	35,71±51,76;706,4;1 (n=537)

n: número de observações; *: máximo; **:mínimo; Valor acima do limite para classe 1; Valor abaixo do limite para classe 1 (Resolução CONAMA 357/2005)

Além disso, é verificado uma tendência de aumento na concentração de clorofila-a entre os anos de 2008 e 2015 e em seguida uma diminuição em sua concentração (Figura 2A). É possível observar a crescente concentração nos anos de 2014 e especialmente 2015, sugerindo uma alta concentração de biomassa dos organismos fitoplanctônicos nestes anos. Ainda, é possível verificar outliers para os anos de 2012, 2017, 2019 e 2020.

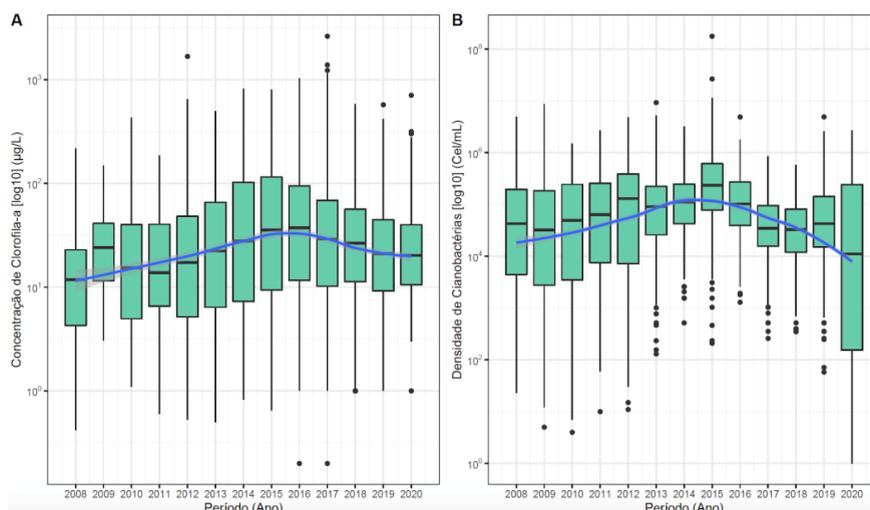


Figura 02: Variação da concentração de clorofila-a e densidade de cianobactérias.

As cianobactérias apresentaram um aumento na sua densidade entre 2008 a 2015, seguindo um padrão com o que ocorreu aos dados da concentração de clorofila-a (Figura 2B). Porém, podemos verificar grande quantidade de outliers (n superior = 5; n inferior = 38) associado a menores densidades de cianobactérias, o que poderia possivelmente indicar uma melhor qualidade da água nestas coletas. Também, o ano de 2014 apresentou uma menor variação em relação ao boxplot dos outros anos, especialmente, para o ano de 2020.

2. Frequência de eventos extremos das variáveis que afetam a qualidade da água

a. Clorofila-a

Em relação à frequência de eventos extremos de clorofila-a em relação aos anos, houve um aumento entre 2008 e 2015 (maior valor) (Figura 3A). Porém, após 2016, houve uma diminuição do número de eventos extremos de clorofila-a conforme o aumento nos níveis de precipitação total acumulada ($R^2 = 0,82$; Figura 3B). Isso pode ser devido à decomposição de clorofila-a que ocorre especialmente pela foto-oxidação, processo que utiliza a absorção de energia luminosa (WETZEL, 2001; LAMPARELLI, 2004) esse processo é mais eficiente em ambientes mais transparentes, mas com as chuvas essa transparência pode ser modificada, influenciado na eficiência desse processo, por isso acaba tendo uma maior concentração de clorofila-a em períodos de seca.

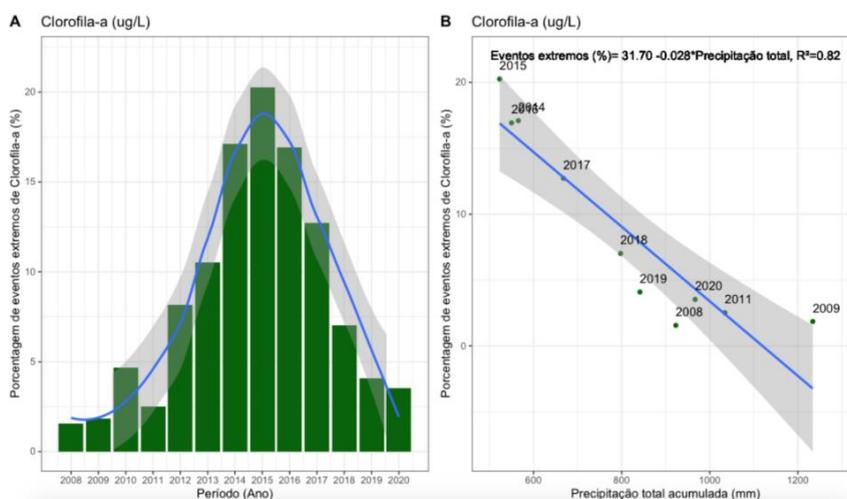


Figura 03: Frequência de eventos extremos de Clorofila-a associado à precipitação.

b. Cianobactérias



Nota-se um grande aumento na frequência de eventos extremos de cianobactérias no ano de 2015, com menor quantidade de precipitação total acumulada (Figura 4B) e em todos os demais anos seguem uma proporcionalidade entre concentração e seca. Outros autores encontraram que a concentração de cianobactéria em reservatórios é influenciado por vários fatores, entre eles a temperatura elevada, baixa precipitação, pH neutro alcalino (pH 6-9) e altas concentrações de nutrientes (Fósforo e Nitrogênio) (MOURA et al., 2007; FONSECA et al., 2010; SILVA et al., 2013; LIMA, 2017). Apesar dos eventos climáticos, grande parte da eutrofização pode ser associada à decorrência de ações antrópicas, principalmente em reservatórios próximos às cidades com elevada taxa de urbanização e descarga de esgoto (AZEVEDO, 1998). Ainda, nota-se uma correlação entre aumento da concentração de cianobactérias e a incidência de radiação ($R^2 = 0,65$; Figura 5C) já que temperaturas elevadas favorecem o seu crescimento. Em 2012, por exemplo, apresentou uma concentração elevada de cianobactérias, que também apresentou uma elevada média de radiação anual.

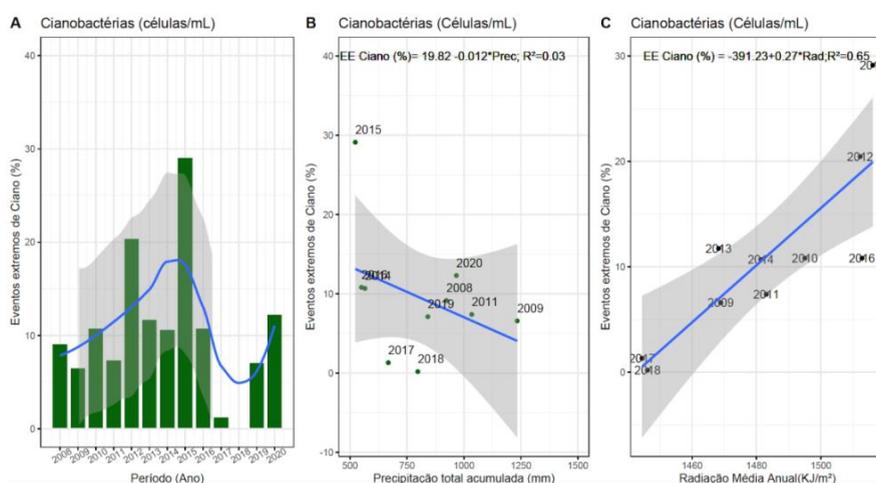


Figura 04: Frequência de eventos extremos de ciano associado à precipitação e a radiação.

c. Nitrogênio Total e Fósforo Total

É possível notar que com a diminuição de precipitação total acumulada, a frequência de eventos extremos de nitrogênio total presente nos reservatórios aumentou, como nos anos de 2014, 2015 e 2016 com elevada seca e elevada concentração de nitrogênio (Figura 5). Apesar da concentração de nitrogênio total aumentar com a precipitação pluviométrica, pois os solos rurais são lavados e escovados nos reservatórios (DALU et al, 2013; SILVA & COSTA, 2015; LIMA et al, 2017) ocorreu um aumento nas

secas podendo assim associar a presença do mesmo às ações antrópicas como lançamento de efluentes.

De modo geral, a concentração de fósforo segue uma relação inconstante em relação a precipitação, como em 2017, onde houve baixa precipitação e um elevado número de eventos extremos de Fósforo e em 2009 que também houve elevada concentração de fósforo mas elevada quantidade de precipitação. Portanto, os dados para este parâmetro podem ser associados a práticas antrópicas como atividades agrícolas, industriais ou lançamento de efluentes, principalmente em 2013 que atingiu o maior número de eventos extremos. O monitoramento de fósforo também é dificultado pois o mesmo possui alta capacidade de associação a outras partículas, água e sedimentos (BARBOSA & CIRILO, 2015; LIMA, 2017).

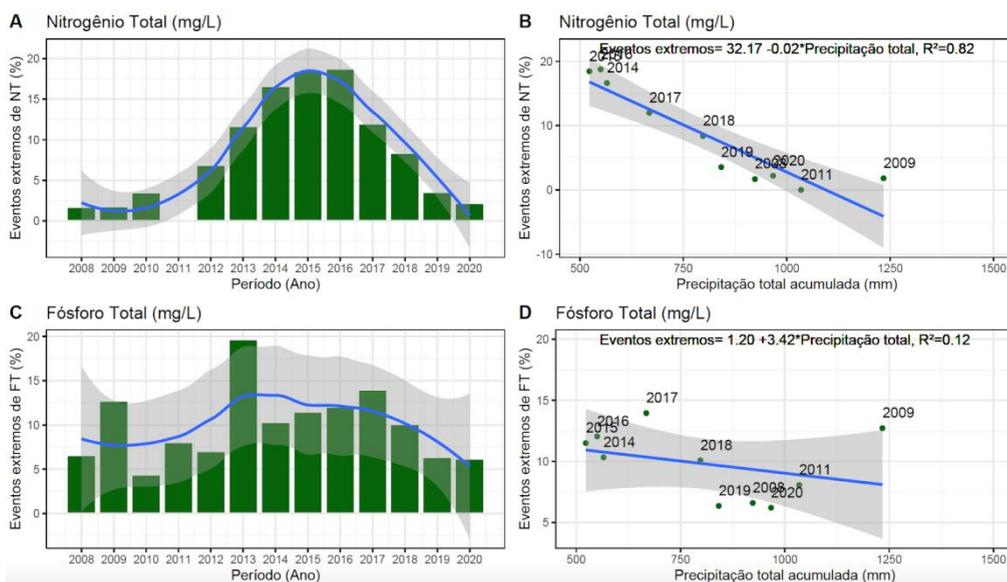


Figura 05: Número de eventos extremos de NT (B) e FT (D) associados à precipitação.

3) Variação do índice de Estado Trófico

Seguindo a Classificação do Estado Trófico segundo Índice de Carlson, os reservatórios apresentaram diferentes índices com o passar dos anos. Observando o IET em relação à média entre a concentração de fósforo total e clorofila-a, nota-se que os reservatórios são predominantemente ultraoligotróficos em todos os anos, mas com um pequeno aumento da classificação de mesotrófico até 2020 (Figura 8A). O IET em relação apenas a clorofila-a, (Figura 8B), deixa explícito que nos primeiros anos de análises (entre 2005-2010) a classificação mais adequada para os reservatórios era como



mesotrófico, ou seja, uma concentração de clorofila-a entre 3,24 a 11,03 mg/m³. Com o passar dos anos, as classificações que sobressaíram foram de mesotrófico e hipereutrófico, onde a concentração de clorofila-a é de até 69,05 mg/m. Já nos últimos anos de monitoramento (2015-2020) a classificação dos reservatórios também ficou entre mesotrófico e hipereutrófico, mas este último um pouco mais evidente. Já o IET em relação apenas ao fósforo, apresenta uma classificação ultraoligotrófica de 2008 a 2020, sendo assim a qualidade dos reservatórios em relação ao fósforo é muito boa.

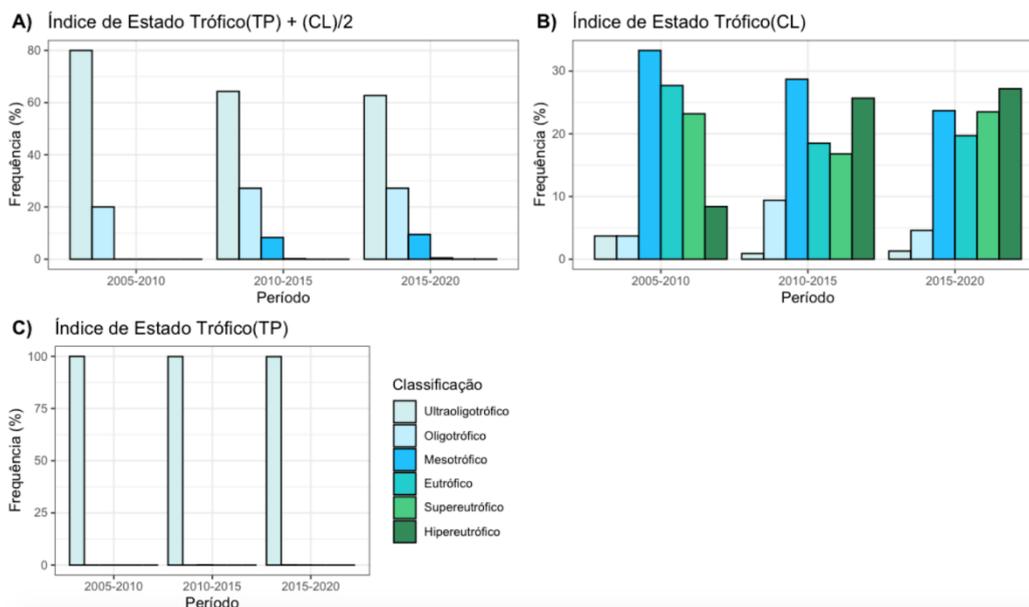


Figura 06: Índice do estado trófico (IET) em relação à clorofila-a.

CONCLUSÕES

A partir das análises efetuadas neste estudo, foi possível concluir que os resultados obtidos das concentrações médias comparados com outros estudos foram coerentes as possíveis causas para estes valores e seguiram um bom padrão de resultados, mas infelizmente, foram valores acima do regulamentado pela resolução CONAMA nº 357/2005 para os parâmetros de nitrogênio total, fósforo total, cianobactérias e clorofila-a. Sugere-se que, visando uma melhoria da qualidade de água, é de suma importância o monitoramento regular de reservatórios de água, principalmente os que são destinados ao consumo humano para assim observar tendências e as consequências de fatores ambientais como os eventos extremos de seca e precipitação observados neste trabalho e

as ações antrópicas.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, S. M. F. O. **Toxinas de Cianobactérias: Causas e consequências para a Saúde Pública.** Revista Virtual de Medicina Volume 1- Número 3 - Ano I (Jul/Ago/Set de 1998).

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.

CASTENHOLZ, R.W; WATERBURY, J.B. **Oxygenic photosynthetic bacteria.** Group 1. Cyanobacteria. Berge's Manual of Systematic Bacteriology, 3:1710-1806, 1989.

Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **CETESB.** IET - Índice do Estado Trófico. Disponível em: <<https://www.cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2013/11/04.pdf>> Acesso em: 27 de Mar. 2021.

DALU, T; THACKERAY, Z; LEUCI, R; CLEGG, B; CHARI, L. D; NHIWATIWA, T. **First results on bathymetry, stratification and physicochemical limnology of a small tropical African reservoir (Malilangwe, Zimbabwe).** Water SA, v.39, n.1, p.119-130, 2013.

FIA, R; MATOS, A. T; CORADI, P. C; RAMIREZ, O. P. **Estado trófico da água na bacia hidrográfica da Lagoa Mirim, RS, Brasil.** Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science, vol. 4, núm. 1, pp. 132-141, 2009.

FONSECA, F. S; RUVIERI, V; ONAKA, E. M; SANTANA, R. L; SCORSAFAVA, M. A. & SABINO, M. **Influência de fatores climatológicos na ocorrência de microcistina.** Rev Inst Adolfo Lutz., 69(4):461-6. 2010.

Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. **FUNCEME.** Calendário de chuvas no estado do Ceará. Disponível em: <<http://www.hidro.ce.gov.br/hidro-ce-zend/app/pagina/show/168>> Acesso em: 23 de Mar. 2021.

GRANDÍSSIMO, D.G; MOURÃO, M. M; SANTOS, A.V. **Importância do Monitoramento de Cianobactérias e Suas Toxinas em Águas Para Consumo Humano.** Rev. Bras. Crimin. v. 9, n. 2, p. 15-21, 2020.

Instituto Nacional de Meteorologia. **INMET.** Dados Históricos Anuais. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>> Acesso em: 12 de Abr. 2021.

LAMON III, E. C; RECKHOW, K. H; HAVENS, K. E. **Using generalized additive models for prediction of chlorophyll a in Lake Okeechobee, Florida.** Lakes & Reservoirs: Research and Management v.2, p. 37-46. 1996.

LAMPARELLI, M. C. **Graus de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento.** Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental - ABES. *Versão impressa* ISSN 1413-4152 *Versão online* ISSN 1809-4457, 2004.



LIMA, F. J. de O; MENDONÇA, J. C; LOPES, F. B; ANDRADE, E. M; SILVA, M. D. **Qualidade de água de reservatório artificial em função da sazonalidade climática. IV INOVAGRI International Meeting, 2017.**

LIMA, V. H. M. **Cianobactérias em reservatórios do estado de Pernambuco: ocorrência e toxicidade.** HOLOS, Ano 33, Vol. 4. DOI: 10.15628/holos.4470, 2017.

LOPES, H; SOBRAL, M. C; GUNKEL, G., CANDEIAS, A. L; MELO, G. **Spatial behavior of chlorophyll-a in Itaparica reservoir, São Francisco River.** Eng. Sanit. Ambient. vol.20 no.3 Rio de Janeiro July/Sept. 2015.

MELO, A. D. **Operação de reservatórios no semi-árido considerando critérios de qualidade de água.** 89 f. Dissertação (Mestrado em Eng^a. Civil e Ambiental) Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 2015.

MEIRELES, A. C. M; FRISCHKORN, H; ANDRADE, E. M. **Sazonalidade da qualidade das águas do açude Edson Queiroz, bacia do Acaraú, no Semi-Árido cearense.** Revista Ciência Agronômica, [s. l], v. 38, n. 1, p. 25-31, 2007.

MOTA, S. **Introdução à engenharia ambiental.** 4 ed. Rio de Janeiro: Abes. 388p. 2006.

MOURA, A. N; BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C; DANTAS, E. W. & ARRUDA NETO, J. D. T. **Phytoplanktonic associations: a tool to understanding dominance events in a tropical Brazilian reservoir.** Acta Bot Bras.,21(3):641-8. doi:10.1590/S0102-33062007000300011. 2007.

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 LimnologicaBrasiliensia, v.27, n.1, p.1-14, 2015.

SILVA, E. M; GOMES, C. T. S; RAMOS, C. P. S. & BRICIO, S. M. L. **Ocorrência de cianobactérias no reservatório de Mundaú, no estado de Pernambuco, no período de janeiro de 2010 a novembro de 2011.** VISA Debate,1(3):35-42. doi:10.3395/vd.v1i3.40. 2013.

SILVA, M. B. **Estudo da influência da poluição difusa na qualidade da água de reservatórios de usinas hidroelétricas.** / Mariana Borin da Silva; orientador Lineu Belico dos Reis. – 50 p. il.; 30cm. São Paulo, 2012.

TEIXEIRA, F. J. C. **Modelos de gerenciamento de recursos hídricos: análises e propostas de aperfeiçoamento do sistema do Ceará.** Brasília: Banco Mundial e Ministério da Integração Nacional. 84p. (Série Águas do Brasil, 6). 2014.

WETZEL, R. G. **Limnology - lake and river Ecosystems.** 3rd. Editio. Academic Press. San Diego. 1006p. 2001.

ZANINI, L. H. T. H; AMARAL, A. L; ZANINI, R. J; TAVARES, H. S. L. **Water quality of rico stream micro-basin evaluated by water quality index and trophic state index.** Eng. Agríc. vol.30 no.4 Jaboticabal July/Aug. 2010.