

IV-403 - ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO EM RESERVATÓRIOS DO SEMIÁRIDO CEARENSE: INFLUÊNCIA DA VARIABILIDADE HIDROCLIMÁTICA

Hellen da Silva Sousa⁽¹⁾

Graduanda do curso de Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária pelo Instituto Federal do Ceará - IFCE *campus* Juazeiro do Norte.

Lázaro Henrique Pereira⁽²⁾

Graduado no Curso de Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária do Instituto Federal do Ceará - *campus* Juazeiro do Norte, Pós-graduando no curso de mestrado em Energias Renováveis pelo Programa de Pós graduação em Energias Renováveis do Instituto Federal do Ceará - *campus* Maracanaú.

Clara Beatryz Gomes Vieira⁽³⁾

Graduanda do curso de Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária pelo Instituto Federal do Ceará - IFCE *campus* Juazeiro do Norte.

Yannice Tatiane da Costa Santos⁽⁴⁾

Tecnóloga em Gestão Ambiental pelo CEFET-CE. Mestre em Engenharia Sanitária com área de concentração em Saneamento pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária - UFRN. Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Química Biológica da Universidade Regional do Cariri. Professora atual do Curso de Engenharia Ambiental e Coordenadora do Laboratório de Engenharia Ambiental e Sanitária - LEAS do IFCE - Campus Juazeiro do Norte - CE.

Germário Marcos Araújo⁽⁵⁾

Graduado em Recursos Hídricos/Saneamento Ambiental pelo Instituto Centro de Ensino Tecnológico do Cariri (2001). Mestre em Engenharia Sanitária pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (2004). Doutor em Engenharia Civil (Recursos Hídricos - CAPES 7) pela Universidade Federal do Ceará (2016). Atualmente é docente do Instituto Federal do Ceará - IFCE *campus* Juazeiro do Norte.

Endereço⁽¹⁾: Av. Francisco Martins de Sousa, 1080 - Frei Damião - Juazeiro do Norte - CE - CEP: 63041-690 - Brasil - Tel: +55 (88) 98861-7123 - e-mail: hellenrsc18@gmail.com

RESUMO

A baixa incidência de chuvas atreladas às temperaturas elevadas e altas taxas de evaporação, configuram-se como as peculiaridades responsáveis pela intensificação dos períodos de estiagem no semiárido nordestino. Diante desse cenário é nítido que a variabilidade hidroclimática do semiárido cearense é considerada como fator agravante no regime dos rios, escoamento fluvial e na disponibilidade hídrica da região, resultando na depreciação do potencial hídrico local. Dos 156 açudes monitorados pela COGERH, cerca de 68,58% encontram-se com grau de trofia avançado, como consequência do acúmulo de nutrientes e consequente aumento da produtividade primária. Este estudo avaliou os efeitos das variações interanuais de precipitação e volume armazenado no índice de estado trófico (IET) dos reservatórios de Banabuiú e Orós. Para classificar os corpos hídricos em seus respectivos graus de trofia, utilizou-se o IET proposto por Carlson (1997) e modificado por Cunha *et al.* (2013). A partir da análise dos dados de fósforo total e clorofila *a*, constatou-se que os reservatórios estudados encontram-se em grau de trofia avançado, estando predominantemente em estado hipereutrófico. As variáveis hidroclimáticas influenciaram diretamente nas características limnológicas dos açudes, sendo o percentual de volume armazenado o fator de maior impacto no índice de estado trófico. As concentrações de fósforo total e clorofila *a* mantiveram-se fora dos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 para águas doces de classe 2.

PALAVRAS-CHAVE: Eutrofização, Nutrientes, Variáveis hidrológicas, Qualidade de água.

INTRODUÇÃO

A Região Semiárida do Nordeste Brasileiro é caracterizada por suas temperaturas elevadas, altas taxas de evaporação, baixos índices pluviométricos e acentuado déficit hídrico em decorrência dos longos períodos de estiagem. As condições hidroclimáticas do semiárido nordestino se configuram como fator agravante para o regime dos rios, escoamento fluvial e baixa disponibilidade de água na região, o que resulta na depreciação do potencial hídrico regional.

Neste contexto, têm-se que os lagos naturais ou artificialmente ampliados, conhecidos como reservatórios, surgem como alternativas de combate a escassez hídrica, os quais se tornaram a principal prática de gestão das águas pelas múltiplas atividades desenvolvidas no semiárido nordestino (ARAÚJO *et al.*, 2016). Entretanto, a qualidade da água disponível nestes reservatórios tem sido negativamente alterada em decorrência dos impactos ambientais recorrentes nessas instalações, sendo um deles o processo de eutrofização, o qual ocorre em razão do acúmulo excessivo de nutrientes em ambientes lânticos contribuindo com o desenvolvimento exponencial de fitoplâncton e macrófitas (ZANELLA, 2014).

Para Figueiredo *et al.*, (2007), a eutrofização dos corpos hídricos tem sido amplamente associada aos processos de erosão e assoreamento desses ambientes lânticos, levando em consideração também as altas concentrações de cargas poluidoras e matéria orgânica advindas do lançamento clandestino de efluentes e resíduos sólidos nestes ambientes. Este fenômeno é responsável pela degradação de ambientes aquáticos e o seu controle ocorre através do emprego de metodologias e tecnologias de manejo e recuperação dos corpos hídricos (ARAÚJO; MENDONÇA; REIS, 2018).

Dessa forma, o Índice de Estado Trófico (IET) surge como método de determinação da qualidade da água a partir da avaliação da carga de nutrientes presentes nos corpos hídricos. Portanto, a averiguação do IET dos ambientes aquáticos viabiliza a formulação de planos de manejo e gestão dos reservatórios com o intuito de minimizar o impacto exercido pelos fatores morfométricos, hidrológicos, climatológicos e antrópicos (PACHECO *et al.*, 2016).

Dos 156 açudes monitorados pela Coordenação de Gestão de Recursos Hídricos (COGERH), 89 foram considerados eutróficos e 18 foram considerados hipereutróficos, ou seja, 78,7% dos reservatórios encontram-se com grau de trofia avançado (COGERH, 2022). De tal forma, salienta-se que a classificação do grau de trofia dos reservatórios contribui na melhoria de gestão dos mesmos com a utilização de novos métodos e tecnologias para controle das causas que incrementam tal produtividade.

Dentre os reservatórios monitorados pela COGERH destacam-se os açudes de Orós e Banabuiú devido sua alta capacidade de armazenamento e importância para o abastecimento de água de Fortaleza e região metropolitana. O presente trabalho objetivou analisar as mudanças do estado trófico de reservatórios do semiárido cearense em função da variabilidade hidroclimática, incluindo um longo período de seca. As concentrações de fósforo e clorofila *a* foram comparados com a Resolução CONAMA 357/05.

METODOLOGIA UTILIZADA

A bacia hidrográfica de Orós encontra-se localizada na Sub-bacia do Alto Jaguaribe. Possuindo uma área total de 2.583 km², o açude de Orós possui capacidade máxima de armazenamento de 1.940.000.000 m³ de água, tendo como suas principais finalidades a piscicultura, irrigação e o abastecimento de regiões do médio e alto Jaguaribe, além da Região Metropolitana de Fortaleza (RMF) (FROTA E NAPPO, 2012).

O reservatório Banabuiú está inserido na Sub-bacia hidrográfica Banabuiú, localizado no município de Banabuiú no estado do Ceará. Com uma área total de aproximadamente 13.500 m³, o reservatório estudado possui capacidade de acumular 1.700.000.000 m³ de água, sendo considerado o terceiro maior reservatório do Ceará, que possui como finalidade o abastecimento humano, irrigação, piscicultura e entre outras atividades desenvolvida a jusante e a montante do açude. A Figura 1 apresenta o mapa de localização dos reservatórios Banabuiú e Orós.

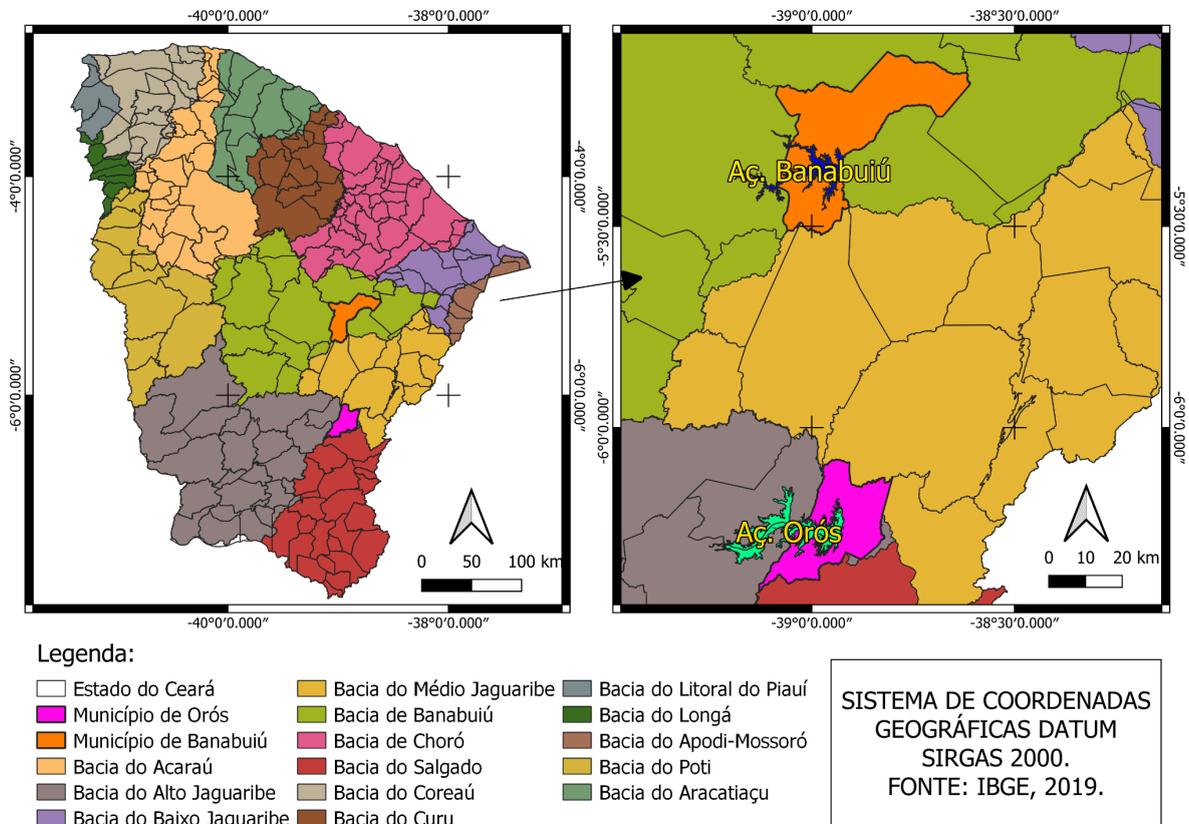


Figura 1: Mapa de localização dos açudes de Banabuiú e Orós.

As variáveis obtidas para o estudo limnológico de qualidade de água e de variabilidade hidroclimática das regiões que abrangem os reservatórios foram obtidos por meio do Portal Hidrológico, plataforma digital desenvolvida pelo Governo Estadual do Ceará em parceria com a Coordenação de Gestão de Recursos Hídricos (COGERH) e a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME). O período de monitoramento compreendeu uma série temporal entre os anos de 2013 a 2021, contemplando os dados de precipitação, volume armazenado e concentração de fósforo total e clorofila *a*. Os dados foram organizados em meses alternados, abrangendo o período chuvoso e o seco.

Após a obtenção das variáveis limnológicas (fósforo total e clorofila *a*) resultantes das campanhas realizadas pela COGERH, buscou-se avaliar a qualidade primária dos reservatórios estudados utilizando método de determinação de Índice de Estado Trófico (IET) proposto por Carlson (1997) e modificado por Cunha *et al* (2013).

Para a determinação do grau de trofia dos corpos hídricos, foram utilizados o IET clorofila *a* - IET(Cla) conforme a equação 1, o IET fósforo total - IET(PT), conforme a equação 2 e o IET_{médio}, resultante da média aritmética simples dos índices mensais relativos ao fósforo total e a clorofila *a*, de acordo com a equação 3. A determinação do grau de trofia ocorreu com base na tabela 1.

$$IET(Cla) = 10 \left[6 - \left(\frac{-0,2512 \times \ln(Cla) + 0,842257}{\ln 2} \right) \right] \quad \text{equação (1)}$$

$$IET(PT) = 10 \left[6 - \left(\frac{-0,27637 \times \ln(PT) + 1,329766}{\ln 2} \right) \right] \quad \text{equação (2)}$$

$$IET_{\text{médio}} = \left(\frac{IET(Cla) + IET(PT)}{2} \right) \quad \text{equação (3)}$$

Onde, têm-se que:

ln Cla: Logaritmo neperiano da clorofila a ($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$);

ln PT: Logaritmo neperiano de fósforo total ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$);

Tabela 1: Estado Trófico (Índice de Carlson modificado)

NÍVEL TRÓFICO	FÓSFORO TOTAL (mg/m^3)	CLOROFILA a (mg/m^3)	IET
Ultraoligotrófico	$P \leq 15,9$	$Cl-a \leq 2,0$	$IET \leq 51,1$
Oligotrófico	$16 < P \leq 23,8$	$2,1 < Cl-a \leq 3,9$	$51,2 < IET \leq 53,1$
Mesotrófico	$23,9 < P \leq 36,7$	$4,0 < Cl-a \leq 10,0$	$53,2 < IET \leq 55,7$
Eutrófico	$36,8 < P \leq 63,7$	$10,1 < Cl-a \leq 20,2$	$55,8 < IET \leq 58,1$
Supereutrófico	$63,8 < P \leq 77,6$	$20,3 < Cl-a \leq 27,1$	$58,2 < IET \leq 59$
Hipereutrófico	$77,7 > P$	$27,1 > Cl-a$	$IET > 59,1$

Após a determinação do IET, utilizou-se uma equação empírica elaborada por Pacheco, Ceballos e Lima Neto (2016), a fim de obter o IET em função do parâmetro ϕ , o qual é formado por duas variáveis, sendo estas a porcentagem do volume armazenado (V) e a porcentagem da precipitação total em relação a média histórica (P), como mostra a equação 4.

$$\phi = 1 + P(\%) - V(\%)^2 \quad \text{equação (4)}$$

A realização das análises estatísticas ocorreu no software *R Project Statistical Computing*, através dos seguintes testes: Correlação de Spearman, Normalidade de Shapiro ($p > 0,05$), Teste-T e regressão linear ajustada por uma variável resposta e suas predictoras. A inserção dos dados nos múltiplos testes, deu-se visando a obtenção dos melhores resultados de interação entre as variáveis.

RESULTADOS

O Estado do Ceará vivenciou um período de seca durante os anos de 2012 a 2017, o qual apresentou baixas precipitações e temperaturas acima da média regional. Os valores de precipitação obtidos a partir do levantamento de dados das estações pluviométricas monitoradas para os dois reservatórios durante os anos de 2013 a 2021 estão representados na Figura 2.

A partir dos dados apanhados, foi possível observar que durante o período chuvoso a maior precipitação pluviométrica mensal registrada para os açudes de Banabuiú e Orós foi de 282,4 mm e 197,2 mm respectivamente. Quando comparados a série histórica (1992-2021), os valores de precipitação máxima anual obtidos na série temporal (2013-2021) apresentaram diferenças estatisticamente significativas ao índice comparativo adotado. Dessa forma, notou-se que a precipitação máxima anual registrada para Orós foi de 684,2 mm (65,20% em relação a série histórica), já o reservatório de Banabuiú registrou uma chuva máxima anual de 769,9mm (62,93% em relação a série histórica).

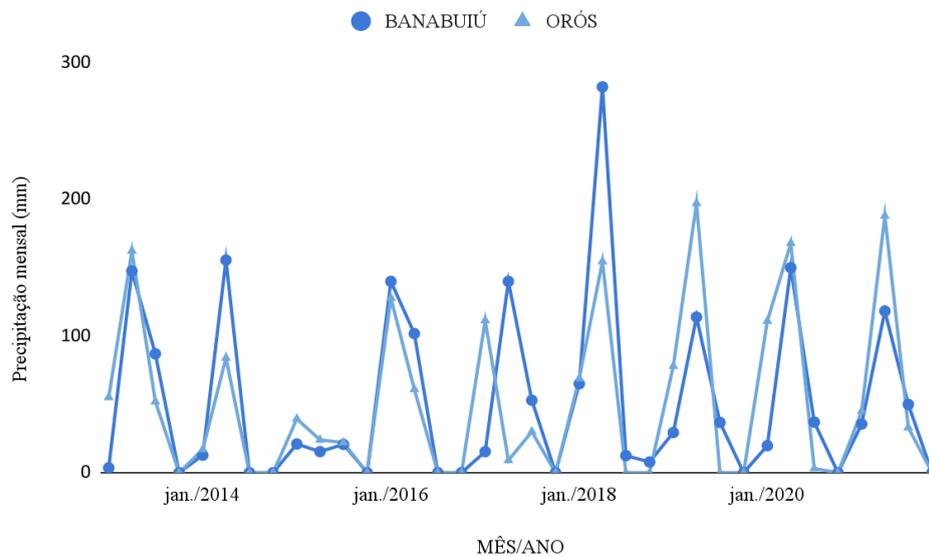


Figura 2: Precipitação pluviométrica mensal nas proximidades dos reservatórios de Orós e Banabuiú entre os anos de 2013 a 2021.

Com as precipitações máximas locais em torno de 60% em relação a série histórica, observou-se que este comportamento climatológico impactou diretamente no volume armazenado nos reservatórios durante o período estudado. Dessa forma, notou-se que as baixas taxas de escoamento fluvial atreladas ao uso indiscriminado dos recursos hídricos contribuíram para que os reservatórios atingissem volumes mínimos abaixo de 10% da sua capacidade total durante o período de estiagem no semiárido cearense. Como pode ser visualizado na Figura 3, o açude de Orós passou por redução gradual de seu volume acumulado durante o período estudado, chegando a atingir o volume mínimo acumulado de 92,05 hm³ (4,74% da capacidade máxima total), enquanto que o açude de Banabuiú enfrentou um redução drástica de seus recursos chegando ao volume mínimo de 8,43 hm³ (0,55% da capacidade máxima).

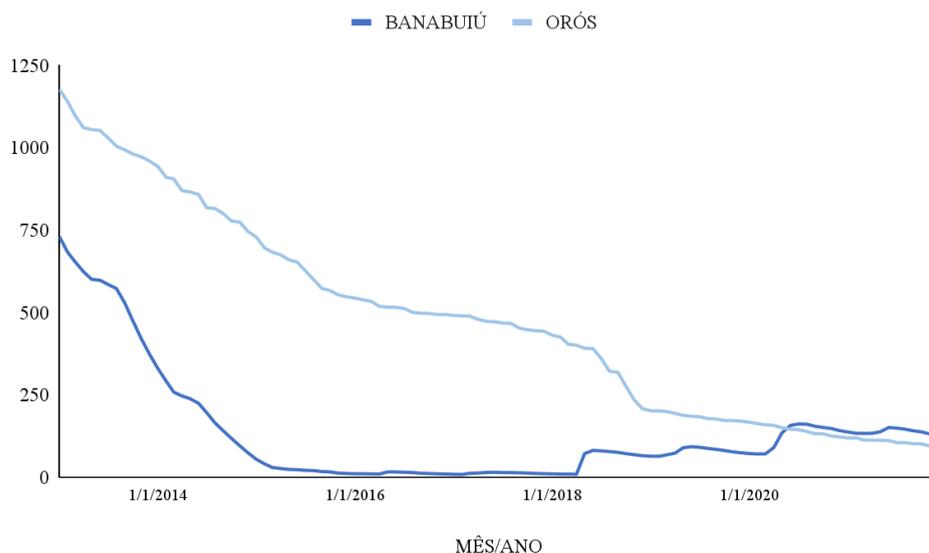


Figura 3: Volume acumulado nos reservatórios de Banabuiú e Orós (hm³).

A partir da análise das concentrações obtidas para o Fósforo Total, notou-se que a maior incidência desse nutriente nos reservatórios ocorreu durante o período chuvoso, onde foi possível registrar concentrações máximas de 270 $\mu\text{g/L}$ para Banabuiú e 138 $\mu\text{g/L}$ para Orós (Figura 4). Quando aplicados ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk, não foram identificadas diferenças espaço-temporal estatisticamente significativas para os dois reservatórios ($p > 0,05$), em contrapartida notou-se que os valores obtidos para este nutriente apresentaram-se quase que totalmente acima do estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para classe 2 em ambientes lênticos quando avaliado pelo teste de hipótese Teste-T ($p < 0,05$).

A variação espaço temporal do fósforo total pode ser analisada na Figura 4, sendo perceptível oscilações acentuadas ao longo da variação sazonal, onde os picos de maior concentração ocorreram no período chuvoso. A partir do ano de 2015 é notório a elevação gradual nas concentrações de fósforo total para os dois reservatórios, entretanto nota-se que em Banabuiú tais valores sofrem reduções drásticas em campanhas amostrais realizadas nos anos de 2019 a 2020, enquanto que no açude de Orós os valores deste parâmetro permanecem acima do padrão estabelecido pela legislação vigente.

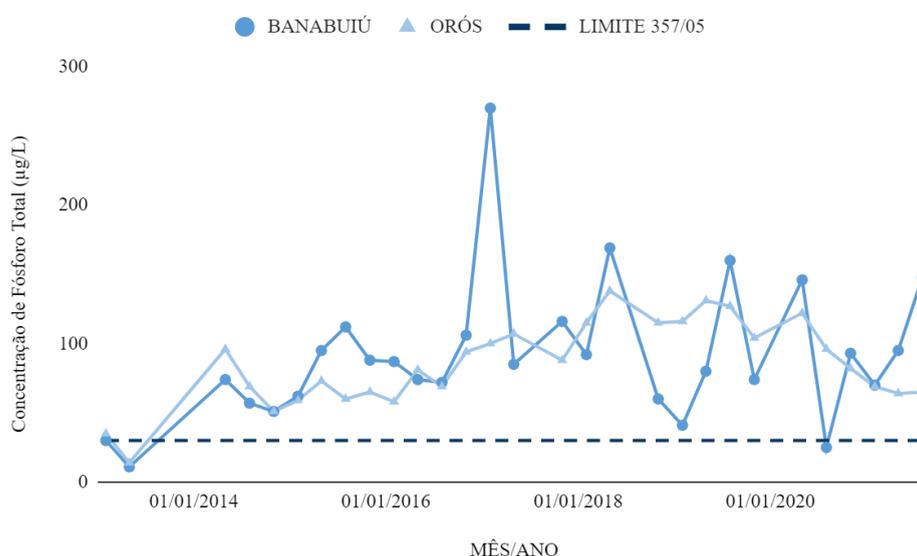


Figura 4: Concentração de fósforo total em Banabuiú e Orós (2013 - 2021).

Quanto a clorofila *a*, notou-se que as maiores concentrações foram registradas no período chuvoso, as quais atingiram valores máximos de 100,05 $\mu\text{g/L}$ para Orós e 60,57 $\mu\text{g/L}$ para Banabuiú. A incidência de clorofila *a* está diretamente ligada a transparência da água, visto que a redução da entrada de luz no ambiente aquático resulta em um maior acúmulo de nutrientes nos sedimentos, influenciando na produção da biomassa fitoplanctônica (BATISTA *et al.*, 2013). Os valores registrados de clorofila *a* apresentaram diferenças espaço-temporal estatisticamente significativas ($p < 0,05$). Quando submetidos ao Teste-T as concentrações de clorofila-*a*, dos dois reservatórios, apresentaram valores de significância maior que o estabelecido ($p > 0,05$), ou seja, os valores apresentaram oscilações significativas entre valores acima e abaixo do limite permitido pela Resolução CONAMA 357/05.

A Figura 5 mostra oscilações acentuadas na concentração da clorofila *a*, não sendo possível a identificação de um padrão nos valores obtidos devido a discrepância dos mesmos. Entretanto, foi possível identificar uma correlação significativa entre a concentração de biomassa algal o volume armazenado e a incidência de chuvas, onde têm-se que a relação entre a variabilidade hidroclimática e ocorrência de clorofila *a* é inversamente proporcional.

O crescimento populacional e urbano das cidades próximas aos reservatórios configura-se como um fator de destaque tratando-se dos impactos adversos exercidos pela intervenção antrópica nos corpos hídricos. No inventário ambiental disponibilizado pela COGERH (2011), constatou-se que diante a falta dos serviços essenciais que compõem o saneamento básico, às comunidades em torno dos açudes se veem impulsionadas

ao lançar seus efluentes e resíduos sólidos nas aflúncias dos reservatórios, contribuindo para a eutrofização dos mananciais.

O aporte do fósforo total e da clorofila *a* nos reservatórios acontece de forma pontual e difusa. O aporte pontual é amplamente associado ao lançamento de resíduos sólidos e efluentes sem o devido tratamento nas aflúncias dos açudes, já o aporte difuso é proveniente da pecuária, agricultura e lixiviação do solo devido às fortes chuvas (COGERH, 2011)

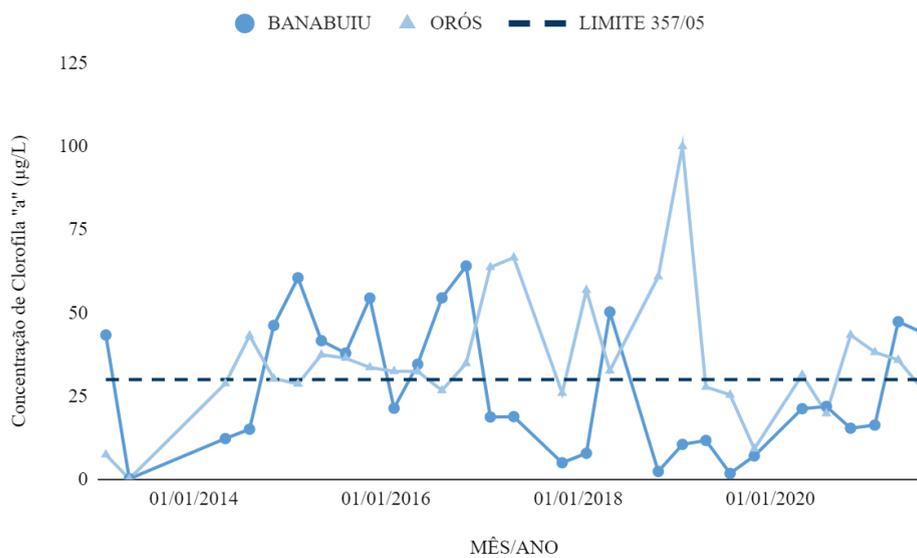


Figura 5: Concentração de clorofila *a* nos reservatórios.

Para a determinação do grau de trofia dos reservatórios utilizou-se a classificação proposta por Cunha *et al.* (2013), disposta na tabela 1. Após a classificação dos corpos hídricos nos seus respectivos graus de trofia, notou-se que o açude Banabuiu permaneceu em constante estado de hipertrofia durante o período de novembro/2014 a fevereiro/2017, enquanto que nas demais campanhas de amostragem o grau de trofia do reservatório variou entre os estados mesotrófico, eutrófico e supereutrófico, como pode ser visto na Figura 6. Para a classificação do reservatório de Orós, cerca de 89% das campanhas de amostragem apresentaram predominância dos estados supereutrófico e hipereutrófico durante toda a série temporal estudada.

A partir da Figura 6 observa-se que para os dois reservatórios o grau de trofia com maior incidência foi o hipertrófico, sendo este o nível máximo de classificação para o método proposto por Cunha *et al.* (2013). Quando um corpo hídrico se encontra em estado hipertrófico, entende-se que o mesmo está submetido a uma enorme pressão resultante da entrada incessante de nutrientes por meio da poluição, seja com efluentes ou resíduos sólidos (ARAÚJO; NETO; BECKER, 2016). A apuração de dados da presente pesquisa são equivalentes aos resultados obtidos por Araújo *et al.* (2020), o qual avaliou o IET do açude Banabuiu entre os anos de 2015 a 2019 e constatou a predominância do estado hipertrófico durante todo o período analisado.

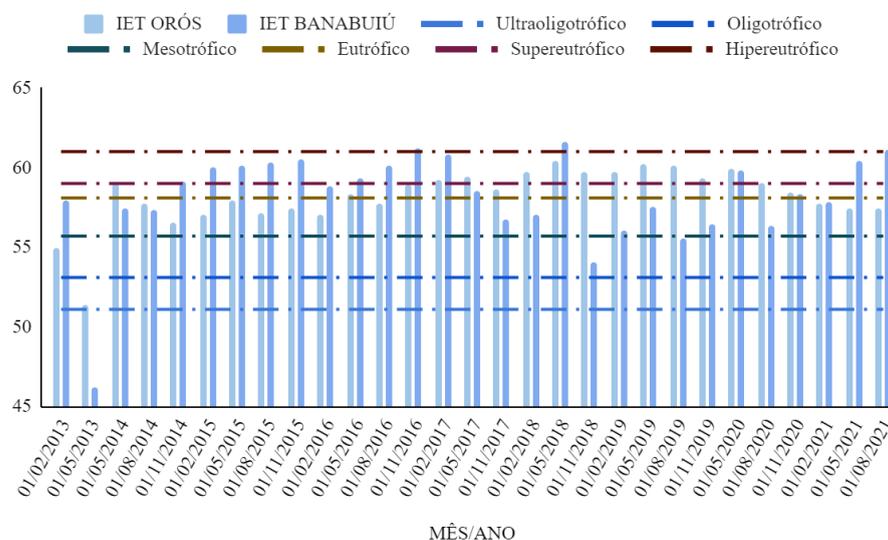


Figura 6: Classificação do índice de estado trófico dos reservatórios Banabuiú e Orós por meio do IET proposto por Carlson (1997) e modificado por Cunha *et al.* (2013).

Os valores de IET obtidos para os dois reservatórios não apresentaram distribuição normal dos dados quando aplicados ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk (onde, $\rho < 0,05$). O ajuste do $IET_{\text{médio}}$ aos respectivos valores de P(%) e V(%), não apresentou uma correlação adimensional considerável ($R^2 = 0,28$) em função do parâmetro ϕ , inviabilizando a mensuração do impacto exercido pelas variáveis hidroclimáticas ao grau de trofia dos reservatórios.

Visando a significância estatística da correlação entre as variáveis, buscou-se, ainda, analisar separadamente a relação entre os parâmetros. Dessa forma, utilizou-se um modelo de regressão linear capaz de estabelecer a dependência entre uma variável resposta ($IET_{\text{médio}}$) e suas variáveis preditoras (precipitação e volume armazenado), no qual percebeu-se que dentre as interações, a de maior significância foi entre percentual de volume armazenado e o índice de estado trófico. Assim, observou-se que existe uma correlação inversamente proporcional para os valores de $IET_{\text{médio}}$ e volume armazenado, visto que quanto maior o percentual de volume acumulado nos reservatórios menores serão os valores de IET.

CONCLUSÃO

Quando comparadas a Resolução CONAMA 357/05 as concentrações de fósforo total e clorofila *a* mantiveram-se constantemente fora do padrão estabelecido para águas da classe 2. Os resultados de fósforo total mantiveram-se acima do padrão para 89,65% das campanhas de amostragem. As concentrações dos nutrientes analisados são atribuídas ao lançamento inadequado de efluentes e resíduos sólidos nas aflúências dos açudes.

O período de estiagem vivenciado pelo semiárido nordestino entre os anos de 2013 a 2017 influenciou diretamente na redução gradual do percentual de volume armazenado nos reservatórios e na incidência de chuvas. As variáveis hidrológicas impactaram diretamente no grau de trofia dos açudes, visto que quanto maior o volume acumulado maior será a capacidade de diluição dos nutrientes, e menor serão os valores de IET.

A influência direta dos fatores climáticos e antropogênicos nos reservatórios impactaram diretamente no índice de estado trófico, os quais se mantiveram nos graus mais críticos durante toda a série temporal analisada. Quanto ao IET observou-se a predominância do estado hipertrófico tanto para Banabuiú, quanto para Orós.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARAÚJO, D.R., MENDONÇA A.S.F., REIS, J.A.T. *Análise de variação e comparação de índices de estado trófico: reservatórios de aproveitamento hidrelétricos de Rio Bonito e Suíça. Revista de Engenharia Ambiental e Sanitária.* v. 23, n. 1, p. 55-62, fev/2018.
2. ARAÚJO, G.M., NETO, I.E.L., BECKER, H. *Estado Trófico em reservatório urbano raso – Estudo de caso: Açude Santo Anastácio, Fortaleza (CE). Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales.* v. 9, n. 2, p. 212-228, ago/2016.
3. ARAÚJO, R.B.A., SOUSA, D.L., NETO, I.E.L., CASTRO, M.A.H. *Modelagem do coeficiente de decaimento de fósforo para determinar o Índice de Estado Trófico (IET) de Banabuiú - CE. Revista DAE.* v.70, n. 235, p. 142 -152, mar/2020.
4. BATISTA, A.A., MEIRELES, A.C.M., ANDRADE, E.M., IZIDIO, N.S.C, LOPES, F.B. *Sazonalidade e variação espacial do índice de estado trófico do açude de Orós, Ceará, Brasil. Revista Agro@ambiente On-line,* v. 8, n. 1, p. 39-48, janeiro-abril, 2014.
5. BATISTA, A.A., MEIRELLES, A.C.M., NETO, J.R.A., ANDRADE, E.M., PALÁCIO, H.A.Q. *Parâmetros interferentes na eutrofização das águas superficiais do açude Orós, Ceará. Revista Caatinga,* v. 26, n.2, p. 1-8, abril-junho, 2013.
6. CARLSON, R. E. *A trophic state index for lakes. Limnology and Oceanography.* v. 22, n. 2, p. 261-269, 1977.
7. COGERH - Companhia de Gestão de Recursos Hídricos. *Inventário Ambiental - Açude Banabuiú.* 2011, p. 125.
8. COGERH - Companhia de Gestão de Recursos Hídricos. *Inventário Ambiental - Açude Orós.* 2011, p. 111.
9. COGERH - Companhia de Gestão de Recursos Hídricos. *Qualidade das águas dos açudes monitorados pela COGERH - campanha maio/2022.*
10. CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente (2005). *Resolução CONAMA N° 357/05.* Disponível em: http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLUCAO_CONAMA_n_357.pdf
11. CUNHA, D. G. F; CALIJURI, M. C; LAMPARELLI, M. C. *A trophic state index for tropical/subtropical reservoirs (TSItsr). Ecological Engineering.* n. 60, p 126-134. 2013.
12. FIGUEIRÊDO, M.C.B., TEIXEIRA, A.S., ARAÚJO, L.F.P., ROSA, M.F., PAULINO, W.D., MOTA, S., ARAÚJO, J.C. *Avaliação da vulnerabilidade ambiental de reservatórios à eutrofização. Engenharia Sanitária e Ambiental,* v. 12, p. 399-409, 2007.
13. FROTA, P.V. *Potencial de erosão na Bacia de Drenagem do Açude Orós - CE.* 2012. xvii, 179 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais)—Universidade de Brasília, Brasília, 2012.
14. FUNCEME. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. Disponível em: <http://www.funceme.br/>.
15. FUNCEME. Portal Hidrológico do Ceará. Disponível em: <http://www.hidro.ce.gov.br/>.
16. PACHECO, C.H.A., CEBALLOS, B.S.O., NETO, I.E.L. *Uma análise de regressão para determinação do nível de eutrofização de um reservatório do semiárido brasileiro. Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales.* v. 9, n. 2, p. 274-289, ago/2016.
17. ZANELLA, M.E. *Considerações sobre o clima e os recursos hídricos do semiárido nordestino. Caderno Prudentino de Geografia.* v. 1, n. 36, p. 126-146, 2014.