

## MUDANÇAS DO ESTADO TRÓFICO DA ÁGUA EM RESERVATÓRIOS DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO EM PERÍODOS DE LONGAS ESTIAGENS

**Vanessa Virginia Barbosa**<sup>(1)</sup>

Doutoranda em Engenharia Ambiental- Universidade Estadual da Paraíba; e-mail: [vanessa\\_bio18@hotmail.com](mailto:vanessa_bio18@hotmail.com)

**Camila Ferreira Mendes**<sup>(2)</sup>

Doutoranda em Engenharia Ambiental- Universidade Estadual da Paraíba; e-mail: [camilafmendes@hotmail.com](mailto:camilafmendes@hotmail.com)

**Patrícia Silva Cruz**<sup>(3)</sup>

Doutoranda em Engenharia Ambiental- Universidade Estadual da Paraíba; e-mail: [patriciacruz\\_biologa@hotmail.com](mailto:patriciacruz_biologa@hotmail.com)

**Janiele França Nery**<sup>(4)</sup>

Profª Doutora em Ecologia de Sistemas Aquáticos; Instituto Federal da Paraíba; e-mail: [janiele.biologa@gmail.com](mailto:janiele.biologa@gmail.com)

**José Etham de Lucena Barbosa**<sup>(5)</sup>

ProfªDoutor em Ecologia e Recursos Naturais-Universidade Estadual da Paraíba; e-mail: [ethambarbosa@hotmail.com](mailto:ethambarbosa@hotmail.com)

### RESUMO

Os períodos de estiagem reduzem severamente o volume dos reservatórios do Semiárido Brasileiro, prejudicando o abastecimento de água a exemplo do açude Epitácio Pessoa localizado no Cariri Paraibano que nos últimos meses, diminuiu significativamente seu volume de água. Entre as principais consequências desse declive, encontram-se mudanças nas concentrações de nutrientes e consequentemente problemas ambientais e de saúde Pública. Neste trabalho objetivou-se avaliar os estágios de evolução trófica do reservatório Epitácio Pessoa no período decorrido entre Dezembro de 2014 a Março de 2016 em resposta à um período de seca prolongado, utilizando o Índice de Estado trófico (IET). Foram realizadas amostragens trimestrais, análises físico-químicas de águas e cálculo do IET. Os dados mostraram redução drástica do volume do reservatório e o parâmetro fósforo total, apresentou-se acima dos valores máximos permitidos (VMP) pela legislação para a classe 2 (CONAMA N° 357/05), em todos os meses e pontos de estudo, bem como decréscimo da transparência da água gerado pela turbidez. A clorofila-  $\alpha$  apresentou-se dentro dos limites estabelecidos pela legislação durante os meses observados. De acordo com os resultados do IET, percebeu-se uma elevação de trofia do reservatório ao longo do período de seca, sendo, portanto classificado como mesotrófico ( $44 < \text{IET} \leq 54$ ).

**PALAVRAS-CHAVE:** Eutrofização, Seca, Semiárido paraibano.

### INTRODUÇÃO

Devido aos frequentes períodos de estiagem que caracterizam o clima semiárido no nordeste brasileiro, a população local convive com problemas sérios de falta de água que consequentemente afetam atividades de subsistência como a agricultura e a pesca. Como forma de solucionar este problema, ao longo dos séculos, foram criados projetos e políticas públicas para construção de reservatórios artificiais de água para suprir a demanda por este recurso.

O açude Epitácio Pessoa é atualmente o segundo maior reservatório artificial do estado da Paraíba responsável pelo abastecimento de mais de um milhão de pessoas em 27 cidades. Este manancial apresenta uma importância na economia local e estadual, além de abastecer Campina Grande, um dos principais pólos industriais da região Nordeste e segundo maior centro político-econômico do Estado da Paraíba. O reservatório tem a capacidade para armazenar 411.686.287 m<sup>3</sup> (AESAs, 2016). Contudo, o regime atípico de chuvas, nos últimos anos 2014-2016, diminuiu significativamente o volume de água acumulado, gerando efeitos negativos sobre o abastecimento público na região. O reservatório Epitácio Pessoa atualmente apresenta cerca de 10,8 % de volume de água (AESAs, 2016), e no momento tem seu abastecimento controlado por racionamento.

Essas alterações climáticas de escassez de chuvas, aqui ditas como extremos hidrológicos, têm papel relevante no ciclo hidrológico e na quantidade e qualidade da água. Entre as principais consequências do declínio pluviométrico, encontram-se mudanças nas concentrações de nutrientes, que podem trazer consigo problemas ambientais e de saúde, este último pela potencialidade de floração de algas tóxicas (BARBOSA, et al 2012). Por isso se faz necessário o monitoramento dos parâmetros químicos da água para se avaliar a extensão e a magnitude desses eventos climáticos para formulação de planos de manejo de gestão que visem à sustentabilidade dos recursos hídricos e que garantam os usos múltiplos da água, em médio e longo prazo mesmo em meio a crise hídrica. O Índice do Estado Trófico (IET) é uma ferramenta de estudo usada na avaliação da qualidade de água classificando os corpos d'água em diferentes graus de trofia, ou seja, avalia a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao

crescimento excessivo das algas. O índice mais utilizado é o de Carlson modificado por Toledo Jr. et al. (1983), utilizado no estudo de rios e lagos de regiões de clima tropical, no qual o fósforo, IET(P), deve ser entendido como uma medida do potencial de eutrofização e a clorofila a, IET(Cl-a), por sua vez, deve ser considerada como uma medida da resposta do sistema aquático ao agente causador, indicando de forma adequada o nível de crescimento de algas. Diante do exposto pretendeu-se responder a seguinte pergunta motivadora do estudo: Os baixos índices pluviométricos da região semiárida alteram o IET dos sistemas aquáticos da região?

## OBJETIVO

O presente estudo tem como objetivo avaliar os estágios de evolução trófica do reservatório Epitácio Pessoa no período decorrido entre Dezembro de 2014 a Março de 2016 em resposta à um período de seca prolongada.

## METODOLOGIA

O açude Epitácio Pessoa, está localizado a 165 km da capital do Estado, e a 44 km de Campina Grande – PB. Situa-se entre as coordenadas 07° 28' 4" e 07° 33' 32" de latitude Sul e, 36° 08' 23" e 36° 16' 51" de longitude Oeste, a 420m de altitude, na mesorregião da Borborema, especificamente na microrregião do Cariri Oriental paraibano. O mesmo faz parte da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba, formada pelo Alto Paraíba e sub-bacia do Rio Taperoá. A temperatura média anual está entre 28 e 31°C e precipitação é cerca de 700 mm/ano.

Foram realizadas amostragens trimestrais no período de dezembro de 2014 a Março de 2016. As amostras foram coletadas com auxílio da garrafa de Van Dorn em três profundidades (superfície, 1% de luminosidade e fundo) e em dois pontos: Barragem e Entrada do rio. Amostras de água para análise de clorofila-a foram filtradas em filtros Whatman GF/C de 47mm de diâmetro, extraída em acetona 90%. Em campo foram determinadas as medidas de temperatura da água, pH, oxigênio dissolvido, (ambos com auxílio da sonda multiparamétrica HORIBA® U-50) e transparência da água (disco de Secchi). Fósforo total e fósforo reativo solúvel foram analisados pelo método colorimétrico e espectrométrico. O volume médio dos reservatórios foi retirado do site da AESA.

Tods os resultados foram interpretados de acordo com os padrões estabelecidos pela Resolução Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA Nº 357/2005, para ambientes lênticos. Para avaliar o estado trófico do reservatório foi utilizado o calculo do índice de estado trófico (IET) para região semiárida, desenvolvido por Toledo que propuseram uma modificação do tradicional IET de Carlson. As equações As equações 01, 02, 03, 04 e 05 correspondem às equações para obtenção dos índices de estado trófico (IETm):

$$IETm(Cl - a) = 10 * \left[ 6 - \left( \frac{2,04 - 0,695 * \ln(Cl - a)}{\ln 2} \right) \right] \quad \text{Equação (1)}$$

$$IETm(S) = 10 * \left[ 6 - \left( \frac{0,64 + \ln(S)}{\ln 2} \right) \right] \quad \text{Equação (2)}$$

$$IETm(Pt) = 10 * \left[ 6 - \left( \frac{\ln \frac{80,32}{Pt}}{\ln 2} \right) \right] \quad \text{Equação (3)}$$

$$IETm(SRP) = 10 * \left[ 6 - \left( \frac{\ln \frac{21,67}{SRP}}{\ln 2} \right) \right] \quad \text{Equação (4)}$$

$$IETm = \frac{IET(S) + 2[IET(P) + IET(P04) + IET(CL)]}{7} \quad \text{Equação (5)}$$

Onde: IETm (Pt): Índice de Estado trófico para Fósforo total; IETm (Cl-a): Índice de Estado trófico para clorofila-a; IETm (S): Índice de estado trófico para transparência; IETm (ERP): Índice de Estado Trófico para fósforo reativo solúvel. Calculou-se a média deste índice (IETm) a fim de se obter a classificação de acordo com o proposto a seguir na tabela 1.

**Tabela 1. Classificação de águas de acordo com o índice de estado trófico (IET).**

Classificação	Estado Trófico	Classes do IET
$IET \leq 44$	Oligotrófico	1
$44 < IET \leq 54$	Mesotrófico	2
$54 < IET \leq 74$	Eutrófico	3
$74 < IET$	Hipereutrófico	4

Fonte: CETESB, 2004

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As bacias hidrográficas do semiárido do nordeste brasileiro são mais sensíveis à redução da precipitação e do fluxo de água. No açude Epitácio Pessoa, a precipitação pluviométrica foi baixa no período de estudo com valores de 11,4 mm em Dezembro de 2014 chegando a 0 mm em Outubro de 2015, houve períodos de precipitações maiores (87,2 mm em Julho e 40,1 em Dezembro de 2015) porém insignificante para acumular água, promovendo diminuição do volume e aumento do tempo de retenção da água. O volume do reservatório diminuiu drasticamente, apresentando valores desde 23% em Dezembro de 2014 a 10,8 % em Março de 2016. Esse período de escassez de chuvas deve-se ao evento climático do EL nino, No nordeste este fenômeno provoca a intensificação da seca, e gera mudanças no regime de chuvas e na temperatura em várias regiões do planeta e em diferentes épocas do ano.

Levando-se em consideração a Resolução CONAMA N° 357/05, o parâmetro fósforo total, apresentou-se acima dos valores máximos permitidos (VMP) pela legislação para a classe 2, que é de 0,03mg/L em todos os meses e pontos de estudo. O mês Julho de 2015 apresentou concentrações de 0,11 mg/L na região fluvial e 0,10 mg/L no barramento, o mês de Dezembro apresentou-se com valores acima de 0,10 mg/L no barramento e 0,7 mg/L na região fluvial (Tabela 2). Ao longo do período estudado houve o decréscimo da transparência da água gerado pela turbidez, provavelmente devido à presença de microorganismos fotossintetizantes (Tabela 1). A clorofila-  $\alpha$  apresentou-se dentro dos limites estabelecidos pelo CONAMA N° 357/05 durante os meses observados, isto pode ser explicado pelo altos valores de turbidez originado pela ressuspensão do sedimento, uma vez que o reservatório apresentava seu volume diminuído, afetando a disponibilidade de luz para o fitoplâncton, colapsando a biomassa algal (JEPPESEN et al. 2015).

**Tabela 2. Dados físico-químicos do Reservatório Epitácio Pessoa ao longo dos meses.**

		OD (mg/L)	Secchi	°C	Pt(mg/L)	SRP (mg/L)	Clorofila- $\alpha$ ( $\mu$ g/L)
Dez14	R. fluvial	8,54±1,07	1,15	27,5±1,12	0,09±124,3	0±0,02	6,7±4,09
Dez14	Barragem	8,99±1,13	3,22	25,8±1,45	0,07±197,7	0±0,03	1,4±4,12
Mar15	R. fluvial	6,31±0,98	0,16	26,9±1,98	0,23±198,6	0,06±0,02	9,7±3,94
Mar15	Barragem	6,09±1,12	3,61	25,9±1,65	0,08±203,4	0,02±0,04	3,8±3,98
Jul 15	R. fluvial	7,35±1,15	0,53	25,0±1,66	0,21±234,5	0,04±0,06	16,9±4,18
Jul 15	Barragem	7,26±1,23	1,74	24,5±1,45	0,13±126,8	0,06±0,02	17,5±10,98
Out15	R. fluvial	5,59±0,87	0,43	25,3±1,32	0,06±238,9	0,03±0,03	20,6±11,23
Out15	Barragem	7,43±0,98	1,88	24,8±1,89	0,12±234,7	0,02±0,03	18,0±13,5
Dez15	R. fluvial	7,08±1,04	0,68	25,7±1,12	0,09±267,9	0±0,04	19,6±12,6
Dez15	Barragem	6,67±1,10	1,78	24,8±1,37	0,16±289,5	0,02±0,05	9,9±9,78
Mar16	R. fluvial	7,0±0,78	0,83	26,67±0	0,04±212	0,02±0	16,0±11,4
Mar16	Barragem	6,67±0,83	1,54	25,78±0,31	0,02±235	0,02±1,4	17,0±14,7

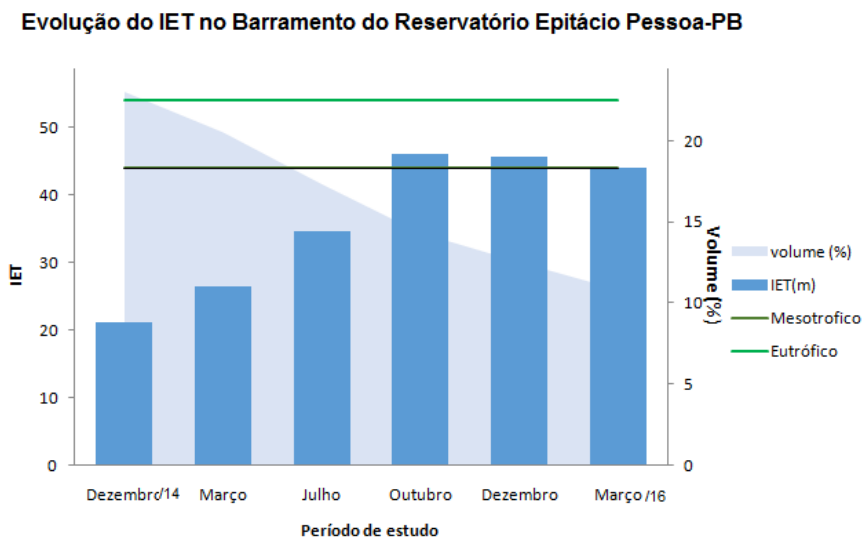
As precipitações irregulares ao longo do ano são responsáveis pela alteração do regime hidrológico dos mananciais de abastecimento em regiões semiáridas, promovendo mudanças do estado trófico do sistema, consequentemente resultando em uma má qualidade da água devido à alta turbidez e biomassa algal (JEPPESEN et al. 2015).

Além disso, as altas taxas de evaporação típicas da região influenciam significativamente a redução do volume e favorecem a concentração de solutos e nutrientes na água dos reservatórios. Assim, os reservatórios dessa região são geralmente turvos e apresentam propensão à eutrofização (BARBOSA et al. 2012).

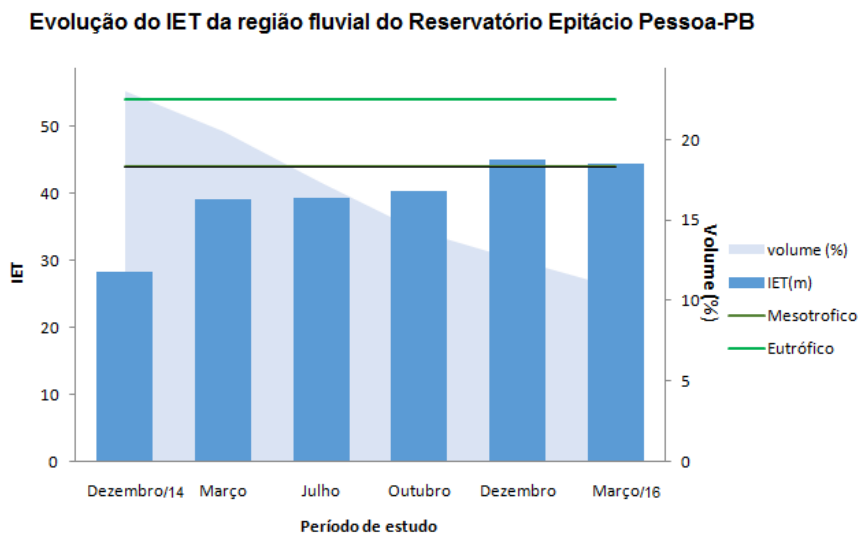
De acordo com os resultados dos valores do Índice de Estado Trófico de Carlson modificado por Toledo Jr. et. al. (1983) para ambientes tropicais (IETM), percebeu-se uma elevação de trofia do reservatório ao longo do período de seca, tanto para a barragem quanto para a região fluvial. Na Barragem o estado trófico foi oligotrófico durante os meses de Dezembro 2014 (IETm= 21,16), Março 2015 (IETm= 26,35) e Julho 2015 (IETm=34,67). A partir do mês de

Outubro 2015 os valores foram mais altos (IETm=46,07), Dezembro 2015 (IETm= 45,07) e Março 2016 (IETm= 44,03) sendo, portanto esse período classificado como mesotrófico ( $44 < IET \leq 54$ ), de acordo com a figura 1 e 2. Na região do rio ocorreu de forma similar, com meses de oligotrofia (Dezembro 2014 IETm= 28,23; Março 2015 IETm= 39,05; Julho 2015 IETm= 39,3; Outubro 2015 IETm=40,34) e evolução para estado mesotrófico (Dezembro 2015 IETm= 45,08; Março 2016 IETm= 44,41). Vale salientar que as concentrações de fósforo total e fósforo reativo solúvel promoveram os valores elevados de estado trófico, que por sua vez, refletem diretamente nos altos valores visualizados de IET(m). Assim, já que o fósforo atua como o agente causador do processo de eutrofização, seus índices podem ser entendidos como uma medida do elevado grau de trofia do reservatório.

**Figura 1. Mudança do IET na Barragem ao longo dos meses de estiagem no Epitácio Pessoa.**



**Figura 2. Evolução do IET na região fluvial ao longo dos meses de estiagem no Epitácio Pessoa.**



É nítida a tendência do estado trófico da água atingir o estado eutrófico caso a situação hídrica ainda persista nos próximos meses. Por outro lado, a resistência a atingir o estado eutrófico pode-se ser em razão da presença de macrófitas aquáticas do reservatório, estes vegetais absorvem através de suas folhas e raízes, nutrientes da água e do solo, podendo estocar fósforo e nitrogênio por longos períodos (LEONI, et al, 2015). Assim, a eutrofização do reservatório Epitácio Pessoa pode estar acumulada na biomassa de macrófitas aquáticas, no entanto com a senectude

desses vegetais futuramente esses nutrientes podem ser liberados para a coluna d'água podendo promover um evento de enriquecimento da água e conseqüentemente elevação do estado eutrófico.

A ferramenta IET mostra-se bastante útil na avaliação do estado trófico do reservatório, principalmente quando este é utilizado como auxílio de mais de um parâmetro, pois permite a obtenção de resultados mais confiáveis. O aumento do estado trófico no sistema aquático traz consigo problemas ambientais e de saúde, este último pela potencialidade de floração de algas tóxicas.

## CONCLUSÃO

A redução do nível da água do reservatório contribuiu para o aumento da concentração de nutrientes e da biomassa algal, marcada pelo incremento da concentração de clorofila *a*. Assim, os baixos índices pluviométricos alteram o IET de dado reservatório. A crise hídrica que assola o semiárido nordestino reflete não somente no aspecto quantitativo da disponibilidade de água como também no seu aspecto qualitativo. Como se pode ver no estudo, a quantidade esteve próximo ao volume morto e a qualidade de água encontrou-se comprometida, devido aos valores de fósforo total superiores aos estabelecidos pela resolução, mesmo com a presença de macrófitas que funcionam como estocadores de nutrientes. Atenção especial deve ser dada a qualidade de água nos próximos meses. Com a permanência da estiagem, pelo acúmulo de nutrientes e biomassa algal, e também pelo início do período chuvoso, devido ao carreamento de nutrientes e decomposição de macrófitas.

## REFERÊNCIAS

- AESA, Agência Executiva de Gestão das águas do Estado da Paraíba. 2016. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/>. Acesso em: 23 De Março de 2016.
- BARBOSA, J. E. L., ANDRADE, R. A., LINS, R. P., DINIZ, C. R. Diagnóstico do estado trófico e aspectos limnológicos de sistemas aquáticos da Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá, Trópico semi-árido Brasileiro. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, n. 1, p. 81-89. 2006.
- CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Diário Oficial da União – Seção 1, nº 53, 18 de março de 2005.
- JEPPESEN, E., BRUCET, S., NASELLI-FLORES, L., PAPASTERGIADOU, E., STEFANIDIS, K., NÖGES, T., et al. Ecological impacts of global warming and water abstraction on lakes and reservoirs due to changes in water level and related changes in salinity. *Hydrobiologia*, 750(1), 201–227. doi:10.1007/s10750-014-2169-x. 2015.
- LEONI, B.; MARTI, C. L.; FORASACCO, E.; MATTAVELLI, M.; SOLER, V.; FUMAGALLI, P.; IMBERGER, J.; REZZONICO, S.; GARIBALDI, L. a contribuição de *Potamogeton crispus* para o orçamento de fosforó em um lago raso urbano: Lago Monger, Oeste da Austrália. *Limnology*. DOI 10.1007/s10201-015-0465-4. 2015.
- TOLEDO JR., A.P.; TALARICO, M.; CHINEZ, S.J.; AGUDO, E.G. A aplicação de modelos simplificados para a avaliação de processos de eutrofização em lagos e reservatórios tropicais. In: do XII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária, Camboriú, Anais p.1-34. 1983.