

## ANÁLISE DO ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO DO RESERVATÓRIO PEREIRA DE MIRANDA, CEARÁ, PARA O PERÍODO 2012-2016

*Rodolpho Ramilton de Castro Monteiro<sup>1\*</sup>; Vanessa Araujo de Sousa<sup>2</sup>; Francisco Benicio Torres<sup>3</sup>  
Brito; Rejane Felix Pereira<sup>4</sup>; Silvia Helena Lima dos Santos<sup>5</sup>; Walt Disney Paulino<sup>6</sup>*

**Resumo** – A crise dos recursos hídricos no contexto do semiárido cearense é denotada pela escassez hídrica e deterioração da qualidade das águas. Nesse sentido, este estudo tem por objetivo avaliar a qualidade das águas e as condições ambientais do Açude Pereira de Miranda no município de Pentecoste, Ceará, para o período compreendido entre os anos de 2012 e 2016 através do Índice de Estado Trófico, considerando os parâmetros fósforo total e clorofila “a”, além da contagem de cianobactérias. Para o período compreendido entre 2012 e 2016, independente da metodologia utilizada o reservatório apresentou níveis tróficos baixos, especialmente quando o método é mais abrangente e sensível. A escassez hídrica que o estado do Ceará enfrentou, especialmente entre os anos 2012 e 2016, manteve o volume reservatório em níveis preocupantes; além disso, as atividades antrópicas poluidoras ao longo da bacia hidrográfica do Curu são apontadas como responsáveis pelo processo de eutrofização do reservatório. Assim, a gestão dos recursos hídricos tem por objetivo assegurar água em quantidade, disponibilidade e qualidade à população para seus diversos fins.

**Palavras-Chave** – semiárido cearense, escassez hídrica, eutrofização.

## ANALYSIS OF THE TROPHIC STATE INDEX OF THE PEREIRA DE MIRANDA RESEVOIR, CEARÁ, FOR THE PERIOD 2012-2016

**Abstract** – The crisis of water resources in the context of the semi-arid region of Ceará is denoted by water shortage and deterioration of water quality. In this sense, this study aims to evaluate the water quality and the environmental conditions of the Pereira de Miranda Reservoir in the city of Pentecoste, Ceará, for the period between 2012 and 2016 through the Trophic State Index, considering the parameters total phosphorus and chlorophyll “a”, in addition to the cyanobacteria count. For the period between 2012 and 2016, regardless of the methodology utilized, the reservoir has presented low trophic levels, especially when the method is more comprehensive and sensitive. The water shortage that the state of Ceará faced, especially between 2012 and 2016, kept the reservoir volume at levels of concern; besides, anthropogenic activities along the Curu watershed are considered responsible for the process of eutrophication of the reservoir. Therefore, the management of water resources aims to ensure water in quantity, availability and quality to the population for its various purposes.

**Keywords** – semi-arid region of Ceará, water shortage, eutrophication.

<sup>1</sup> Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, rodolpho@aluno.unilab.edu.br

<sup>2</sup> Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, nessaads@aluno.unilab.edu.br

<sup>3</sup> Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, beniciotbrito@gmail.com

<sup>4</sup> Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, rejanefp@gmail.com

<sup>5</sup> Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, silviahsantos@hotmail.com

<sup>6</sup> Companhia de Gerenciamento do Recursos Hídricos, wdisney@gmail.com

\*Autor Correspondente

## INTRODUÇÃO

A escassez hídrica é um processo natural às regiões climáticas de semiaridez que afeta a quantidade e a disponibilidade de água à população para seus diversos usos, além de prejudicar a qualidade das águas. O armazenamento de água em reservatórios mitiga os efeitos adversos do extremo hidrológico de seca. Entretanto, além de ações de gestão de recursos hídricos quantitativas, são necessárias ações qualitativas para assegurar o abastecimento de água adequado ao seu fim. Nesse contexto, o processo de eutrofização é um dos problemas mais agravantes no semiárido cearense.

Conforme Esteves (1988), “a eutrofização é o aumento da concentração de nutrientes, especialmente fósforo e nitrogênio, nos ecossistemas aquáticos, que tem como consequência o aumento de suas produtividades.” As descargas domésticas e industriais, a erosão hídrica e as atividades de pecuária e piscicultura são apontadas como as principais fontes de nutrientes no contexto do semiárido cearense. Ademais, o longo período de residência das águas armazenadas permite a ocorrência de algumas reações químicas e biológicas que aceleram o processo de eutrofização dos reservatórios. Da mesma forma, a temperatura e a radiação solar podem intensificar o processo de eutrofização.

O Índice do Estado Trófico (IET) é uma metodologia programática útil capaz de determinar a evolução temporal e espacial da dinâmica limnológica dos corpos d’água através do aferimento da qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes que ocasionam o crescimento demasiado de algas e cianobactérias, classificando os corpos d’água em diferentes graus de trofia e, assim, permitindo o gerenciamento dos recursos hídricos. A avaliação do parâmetro fósforo IET(P) indica o grau de eutrofização, uma vez que esse nutriente é agente causador desse processo, enquanto a avaliação do parâmetro clorofila “a” IET(CL) indica a resposta do corpo hídrico ao agente causador, preconizando o crescimento de algas (CETESB, 2015). A contagem de cianobactérias é um importante fator determinante do estado trófico de um reservatório, especialmente quando existe a predominância dessa espécie sobre as demais.

Assim, este estudo tem por objetivo analisar a qualidade das águas e as condições ambientais do Açude Pereira de Miranda no município de Pentecoste, Ceará, para o período compreendido entre anos de 2012 e 2016 através do Índice de Estado Trófico, considerando os parâmetros fósforo total e clorofila “a”, além da contagem de cianobactérias e a porcentagem de volume acumulado do reservatório para o período de estudo, e relacionar o grau de trofia com os índices pluviométricos ao longo da bacia hidrográfica de inserção do reservatório.

## CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO

O Açude Pereira de Miranda, popularmente conhecido como Açude Pentecoste, está localizado no município de Pentecoste (03°47'34" S; 039°16'13" W), distante 50 km da costa litorânea do Estado do Ceará e está inserido na bacia hidrográfica do Curu. A bacia hidrográfica do Curu abrange em parte os municípios de Apuiarés, Maranguape, Pentecoste, Caridade, Paramoti, Guaramiranga, Palmácia, Maranguape, Mulungu, Caridade, Canindé e Aratuba, abrangendo uma área de 3254,0 km<sup>2</sup> (COGERH, 2013). O reservatório que possui uma capacidade máxima de armazenamento de 360,0 hm<sup>3</sup> foi construído entre os anos 1950 e 1957 para viabilizar o abastecimento humano, agropecuário e industrial de Pentecoste e dos municípios que compõem a bacia hidrográfica do Curu e são mais próximos ao litoral.

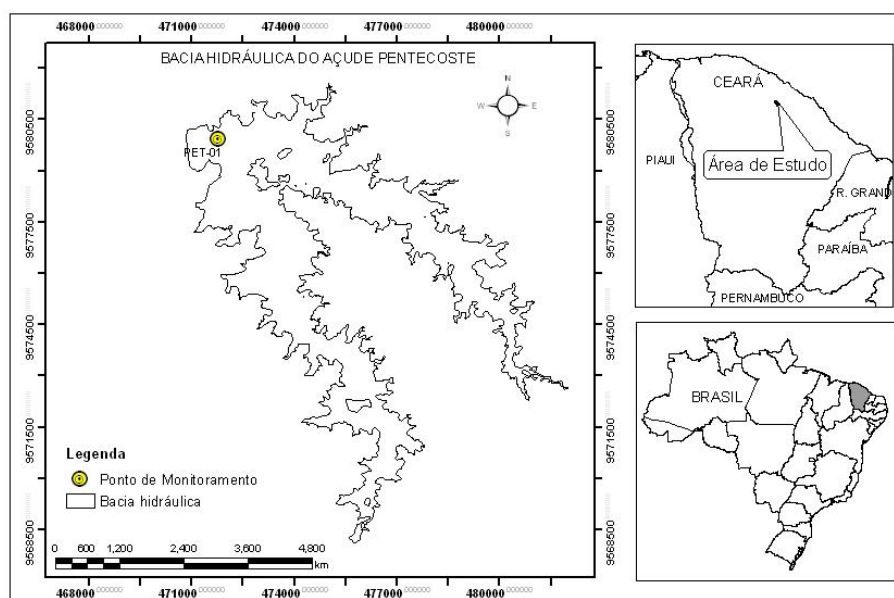


Figura 1 – Localização geográfica do ponto de monitoramento do Açude Pereira de Miranda. Fonte: França *et al.* (2013)

Segundo o IPECE (2006), a região de inserção da bacia hidrográfica apresenta índices pluviométricos de 817 mm.ano<sup>-1</sup>, concentrados nos meses de janeiro a abril. A temperatura média anual varia de 26 a 28 °C, altitude de 60 m e evaporação de 1.436 mm.ano<sup>-1</sup>. A rede de drenagem da bacia hidrográfica é composta pelos rios Canindé, Capitão Mór, Juriti e Batoque, além de vários riachos.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados para os parâmetros fósforo total, clorofila “a” e contagem de cianobactérias foram obtidos através de análises realizadas pela Companhia de Gestão de Recursos Hídricos (COGERH) e avaliados para períodos de três meses, quando possível, entre 2012 e 2016.

Para o semiárido cearense, Paulino et al. (2013) sugere o cálculo do IET desenvolvido por Carlson e adaptado por Toledo, que representa a média aritmética da regressão linear para as concentrações de fósforo total e clorofila “a”. A Tabela 1 mostra os limites adotados para a classificação dos estados tróficos.

Tabela 1. Limites e classificação do estado trófico para reservatórios

Critério	Estado Trófico	Fósforo Total (mg/L)	Clorofila “a” (µg/L)
$IET \leq 44$	Oligotrófico	$\leq 0,026$	3,81
$44 < IET \leq 54$	Mesotrófico	0,026 – 0,027	3,82 – 10,34
$54 < IET \leq 74$	Eutrófico	0,053 – 0,211	10,35 – 76,06
$IET > 74$	Hipereutrófico	$>0,211$	$>76,06$

Fonte: Adaptado de Toledo (1980)

Para fins de cálculo, emprega-se a seguintes equações para a determinação do IET:

$$IET = \frac{IET(P) + IET(CL)}{2} \quad (1)$$

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

$$IET(CL) = 10 \times \left( 6 - \frac{0,92 - 0,34 \times (\ln CL)}{\ln 2} \right) \quad (3)$$

Em que,

CL: concentração de clorofila “a” medida à superfície da água, em  $\mu\text{g.L}^{-1}$ ;

P: concentração de fósforo total medida à superfície da água, em  $\mu\text{g.L}^{-1}$ .

Paulino *et al.* (2013) através da experiência adquirida na gestão dos recursos hídricos na Companhia de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (COGERH) ainda sugere considerar a contagem de cianobactérias, o volume armazenado no açude, além do nutriente limitante, intensidade de plantas aquáticas no espelho d’água e observações das gerências regionais para uma caracterização mais completa da qualidade da água do reservatório. O volume reduzido de água armazenada de um reservatório, ocasionado principalmente pela evaporação, implica em uma deterioração da qualidade das águas, já que esse volume pode indicar a intensidade da renovação da massa de água armazenada. A Tabela 2 apresenta os intervalos de contagem de cianobactérias e suas respectivas classes tróficas, aferindo uma breve descrição do estado do reservatório quanto a esse parâmetro.

Tabela 2. Contagem de cianobactérias – limites para diferentes níveis de estado trófico

Ordem	Estado Trófico	Contagem (cél/mL)	Descrição
1	Oligotrófico	até 20.000	Número baixo de cianobactérias
2	Mesotrófico	20.000 – 80.000	Número médio de cianobactérias
3	Eutrófico	80.000 – 400.000	Número alto de cianobactérias
4	Hipereutrófico	acima de 400.000	Número muito alto de cianobactérias

Fonte: Paulino *et al.* (2013)

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Considerando a metodologia mencionada, as águas do açude Pereira de Miranda foram avaliadas quanto aos índices tróficos para as campanhas compreendidas dentro do período de estudo. Como resultado, as águas mostraram-se no nível mesotrófico em aproximadamente 86% das campanhas analisadas, como mostra a figura 2. Isso implica em águas com produtividade de nutrientes intermediária, prejudicando a qualidade das massas de água, embora na maioria dos casos os níveis tróficos sejam considerados aceitáveis.

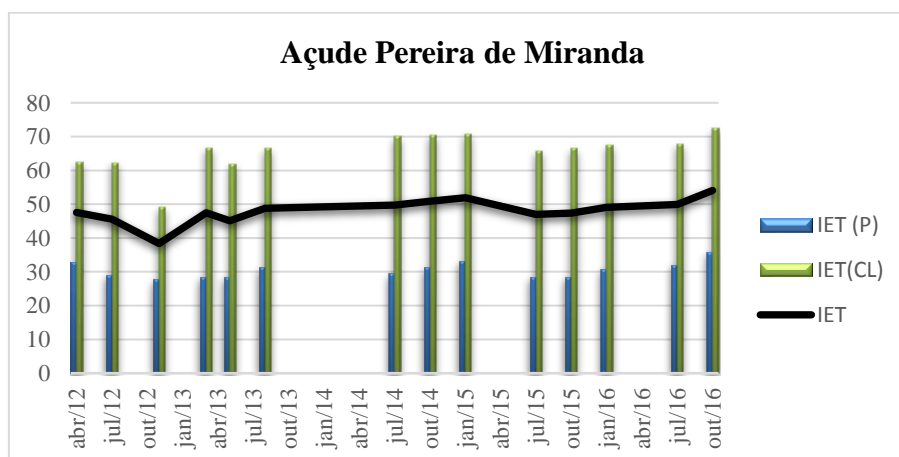


Figura 2 – IET(P), IET(CL), IET do Açude Pereira de Miranda (2012-2016)

Todavia, considerando o método mais abrangente e sensível a vários parâmetros proposto por Paulino (2013) e utilizado na COGERH, o reservatório apresentou águas com níveis eutróficos e hipereutróficos na grande maioria das campanhas. Esses níveis implicam em alterações indesejáveis na qualidade das águas, diminuindo a transparência do espelho d'água e comprometendo seus diversos usos pelas elevadas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, sobretudo as atividades

de pecuária nas regiões ribeirinhas. Além disso, episódios de floração de algas e/ou mortandade de peixes estão relacionados a reservatórios com níveis tróficos baixos.

Considerando a contagem de cianobactérias, os níveis tróficos mais agravantes do reservatório foram observados em outubro de 2014 e julho de 2015, como observado na Figura 3.

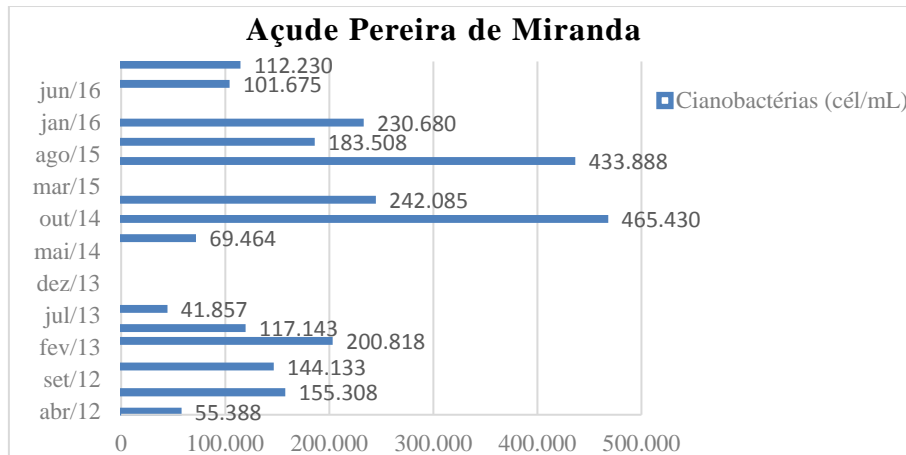


Figura 3 – Contagem de cianobactérias do Açude Pereira de Miranda (2012-2016)

A contagem de cianobactérias é um parâmetro capaz de indicar a tendência à eutrofização de um reservatório. Em ambientes pouco eutrofizados, a contagem de cianobactérias é especialmente útil para validar o nível trófico do reservatório estimado pelo IET, além de confirmar dados duvidosos e preencher falhas decorrentes da falta de dados (Paulino, 2013). Para o período estudado, o açude Pereira de Miranda apresentou nível eutrófico em aproximadamente 65% das campanhas analisadas.

O semiárido cearense tem enfrentado um grande período de seca; assim, a precipitação no reservatório apresenta-se abaixo da média para o período estudado, como mostra a Figura 4.

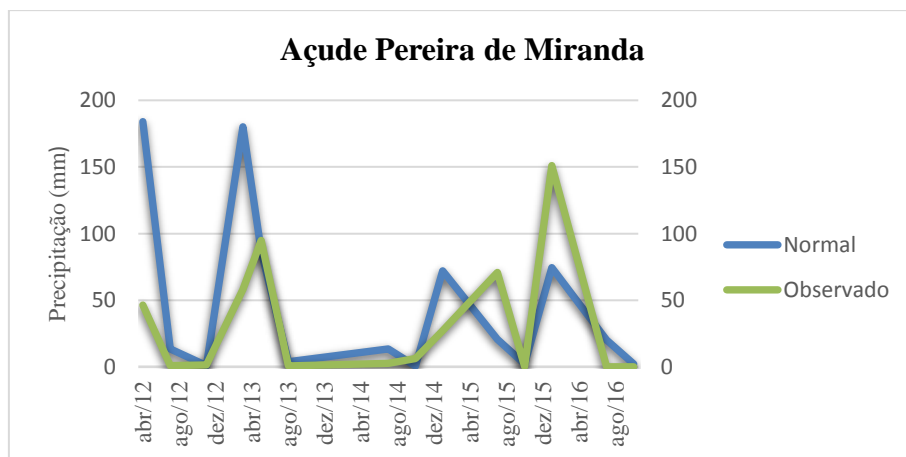


Figura 4 – Precipitação no Açude Pereira de Miranda (2012-2016)

Arelado a situação de escassez hídrica, a degradação ambiental causada pelas atividades antrópicas de origem rural, as descargas poluidoras pontuais e difusas oriundas dos problemas estruturais de saneamento básico lançadas sem tratamento prévio, a atividade de piscicultura no espelho d'água e pecuária no entorno da bacia hidrográfica e a drenagem de águas pluviais intensificam o grau de eutrofização do Açude Pereira de Miranda, diminuindo a qualidade das águas do reservatório e afetando seus usos.

A Figura 5 mostra a porcentagem do volume armazenado do Açude Pereira de Miranda para o período estudado. Como mostrado na figura abaixo, o volume do reservatório manteve-se em níveis preocupantes, especialmente a partir de julho de 2014, atingindo o valor de 0,64% em outubro de 2016, resultado da crise hídrica que o estado do Ceará tem enfrentado nos últimos anos. Isso implica em uma deterioração da qualidade da água, uma vez que a baixa taxa de renovação da massa de água ocasiona um aumento do período de residência, possibilitando a ocorrência de reações que aumentam o grau de poluição do reservatório.

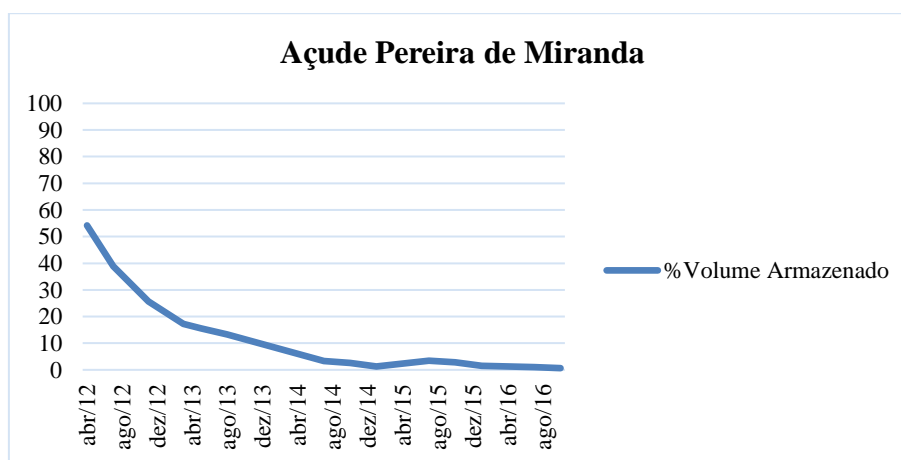


Figura 5 – Porcentagem do volume acumulado do Açude Pereira de Miranda (2012-2016)

## CONCLUSÃO

O Açude Pereira de Miranda apresentou, para as campanhas analisadas dentro do período de estudo, valor de nível trófico majoritariamente mesotrófico, apresentando nível mais preocupante em outubro de 2016. Levando em consideração, entretanto, a metodologia utilizada na COGERH, o reservatório apresentou, na maioria dos casos, estado eutrófico ou hipereutrófico. Além das concentrações de fósforo total e clorofila “a”, a contagem de cianobactérias é um importante mecanismo na definição do estado trófico de um reservatório. Para o período estudado, o reservatório apresentou uma maior contagem de cianobactérias em outubro de 2014 e julho de 2015.

A escassez hídrica e as atividades antrópicas de origem rural e urbana ao longo da Bacia Hidrográfica do Curu intensificam o processo de eutrofização do reservatório, prejudicando a qualidade e, conseqüentemente, restringindo seu uso para diversos fins.

Em suma, para a gestão dos recursos hídricos no contexto do semiárido cearense, considerando a tendência atual de extremização dos fenômenos naturais, é necessário conviver com a escassez hídrica sob o ponto de vista quantitativo, entretanto, considerando o ponto de vista qualitativo, ações imediatas que visem melhorar a qualidade das águas devem ser adotadas, evitando e/ou minimizando o processo de eutrofização nos reservatórios e garantindo seu uso para diversos fins.

## REFERÊNCIAS

COMPANHIA DE GERENCIAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS – COGERH. Disponível em: <http://www.hidro.ce.gov.br/>. Acesso em 05 jan. 2013.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB. Relatório de Qualidade das Águas Superficiais 2015. Disponível em: <http://aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/>. Acesso em 01 fev. 2017.

FRANÇA, J.M.B; WACHHOLZ, F.; NETO, J.A.C.; PAULINO, W.D. (2013). Comportamento das variáveis qualitativas do Açude Pereira de Miranda – Pentecoste/CE, no período de estiagem. *São Paulo, UNESP, Geociências*, v. 32, n. 4, pp. 586 – 599.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ – IPECE. Disponível em: [http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/perfil\\_basico/PBM\\_2006/Pentecoste.pdf](http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/perfil_basico/PBM_2006/Pentecoste.pdf). Acesso em 23 fev. 2013.

ESTEVES, F.A. (1988). *Fundamentos de Limnologia*. Editora Interciência Rio de Janeiro – RJ, 574 p.

PAULINO, W. D.; OLIVEIRA, R. R. A.; FREIRE, F.A.(2013). Classificação do Estado Trófico para o Gerenciamento de Reservatórios no Semiárido: A Experiência da Cogerh no Estado do Ceará. In *Anais do XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, Bento Gonçalves.

TOLEDO, A.P.; AGUDO, E.G.; TOLARICO, M.; CHINEZ, S.J. (1984). A Aplicação de Modelos Simplificados para a Avaliação do Processo de Eutrofização em Lagos e Reservatórios Tropicais. In *Anais do XIX Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental – AIDIS*, Santiago do Chile.