

IV-067 - AVALIAÇÃO DO GRAU DE TROFIA DOS TRÊS MAIORES RESERVATÓRIOS DA BACIA DO ACARAÚ-CE ATRAVÉS DO ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO (IET)

Francisca Nathália Alves Machado

Tecnóloga em Saneamento Ambiental pelo Instituto Federal do Ceará (IFCE). Técnica em Saneamento da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE). Especialista em Gestão Ambiental pelo IFCE.

Marcos Erick Rodrigues da Silva⁽¹⁾

Doutor em Engenharia Civil – Saneamento Ambiental pela UFC. Professor do IFCE.

Endereço⁽¹⁾: Av. Dr. Guarani, 317, Derby Clube - Sobral - CE - CEP: 62042-030 - Brasil - Tel: (88) 3112-8146 - e-mail: marcoserick16@gmail.com

RESUMO

Reservatórios utilizados para abastecimento público apresentam crescente deterioração da qualidade de suas águas devido ao acelerado crescimento demográfico, que associado ao desenvolvimento de práticas impactantes tem causado redução do potencial hídrico, tornando-se cada vez maior a preocupação com a qualidade das águas. Este estudo foi realizado nos três maiores reservatórios da Bacia do Acaraú: Araras, Ayres de Souza e Edson Queiroz, com o objetivo de analisar a dinâmica dos reservatórios através da apreciação do comportamento ao longo do tempo, das concentrações dos parâmetros fósforo total e clorofila “a” e determinar seu Índice de Estado Trófico (IET) através da metodologia de Carlson (1977) modificado por Toledo Jr. et al., (1983) e de Lamparelli (2004), fazendo a comparação entre ambos. O monitoramento da qualidade da água ocorreu com frequência trimestral no período de agosto de 2012 a maio de 2013, com amostragens na sub-superfície em pontos de coleta distribuídos de forma a abranger todo o manancial. Diante dos resultados obtidos, para o parâmetro de fósforo total, os reservatórios Araras e Ayres de Souza apresentaram valores médios acima do que é enquadrado pela Resolução CONAMA 357/05, 177% e 137% acima, respectivamente. Para o parâmetro de clorofila “a”, o açude Edson Queiroz foi o único que apresentou cerca de 36% dos valores acima do estabelecido pela Resolução, os demais reservatórios apresentaram valores abaixo do que é enquadrado. A caracterização dos reservatórios em relação ao IET médio de ambas as metodologias, determinaram a predominância do estado eutrófico, com tendência a hipereutrofização. Os resultados demonstram uma necessidade urgente de projetos de manejo e recuperação da qualidade das águas destes reservatórios, com redução das entradas de fósforo total, desenvolvimento de piscicultura de forma sustentável, sem prejuízo aos demais usos, com destaque para o abastecimento humano.

PALAVRAS-CHAVE: Clorofila “a”, Eutrofização, Fósforo Total, Recursos hídricos.

INTRODUÇÃO

O Estado do Ceará está situado na região nordeste do país, no chamado “polígono das secas”, cuja característica é a aleatoriedade pluviométrica e a má distribuição espacial das chuvas (CEARÁ 2005). Caracteriza-se pelo grande número de reservatórios que perenizam trechos dos cursos principais. Igual a todo semi-árido, alterna duas estações climáticas distintas: chuvosa (janeiro a maio) e seca (junho a dezembro) (FUNCEME, 1994).

A precipitação pluviométrica tem forte impacto nos ecossistemas aquáticos nordestinos, por se concentrar em poucos meses do ano (CEBALLOS et al., 1997). O mesmo possui 86,8% de sua área inserida na região do semi-árido brasileiro, com risco de seca superior a 60%. Com solos rasos, apresenta a associação petrotectônica denominada de Complexo Gnáissico-Migmatítico que representa o embasamento cristalino, dificultando a infiltração, a acumulação de água no subsolo e a formação de aquíferos.

Com isso, a imprevisibilidade das precipitações, sua distribuição concentrada em poucos meses do ano e a existência de veranicos mais ou menos prolongados durante a estação chuvosa fazem com que a maioria dos

rios do Ceará sejam intermitentes, onde grande parte seca no segundo semestre do ano e a garantia de água vem dos açudes que acumulam água na estação chuvosa.

Estudos determinam que embora a precipitação pluviométrica média seja de 800 mm/ano, a evaporação alcança valores de 2.100 mm/ano, impedindo a preservação dos volumes de água armazenados na época de chuva em açudes e represas, diminuindo dessa forma a disponibilidade de água e aumentando os períodos de estiagem (CEARÁ, 1995).

Segundo a Comissão Mundial de Barragens (2000), atualmente, embora o abastecimento público e industrial represente número e volume minoritário entre estes reservatórios, estas modalidades de uso vêm sendo consideradas altamente prioritárias. A construção de reservatórios é dada pela grande demanda de “água limpa” que contemple vários usos e onde estes, construídos para abastecimento público, apresentam, adicionalmente, outras funções relevantes, principalmente em regiões densamente habitadas, como regularização de vazão em cursos d’água de baixo fluxo, contenção de cheias e melhorias da qualidade da água em bacias hidrográficas com alta carga poluente, resultando no aparecimento de severos problemas de eutrofização.

Nas regiões mais afastadas, eles são afetados pelo carreamento do solo, provocado pelo desmatamento, e por subprodutos originados de atividades agropecuárias. Este fenômeno reduz as possibilidades dos usos múltiplos nos reservatórios e causa um considerável aumento no custo do tratamento de água para fins público (TUNDISI e MATSUMURA-TUNDISI, 1992).

A qualidade das águas deriva dos ambientes em que se originam, circulam e/ou ficam armazenadas (REBOUÇAS et al., 2006). O crescimento demográfico culmina no aumento dos usos dos corpos hídricos e, conseqüentemente, no aumento da sua degradação pela poluição e contaminação. Os problemas decorrentes destes fatores só poderão ser solucionados ou minimizados mediante o conhecimento científico do ecossistema, obtido através de um monitoramento constante dos corpos hídricos naturais ou artificiais (ALMEIDA; SCHWARZBOLD, 2003). Duarte et al., (1998) ressaltam que, dados acumulados são abundantes e quando relacionados com vários parâmetros, pode-se recorrer ao uso de “índices”, para facilitar a sua interpretação, que resumem em um único ou em poucos valores o conjunto de informações obtidas.

O Índice de Estado Trófico tem a finalidade de classificar os corpos d’água em diferentes graus de trofia, avaliando o seu enriquecimento por nutrientes (ZAGATTO, 1999). O Estudo do estado trófico de sistemas aquáticos pode oferecer subsídios para a formulação de planos de manejo e gestão desses ecossistemas, por meio de estratégias que internalizem as premissas da sustentabilidade dos recursos hídricos e que incorporem uma visão prospectiva, pautada na garantia dos usos múltiplos da água em médio e longo prazo (CUNHA, 2007).

Carlson (1977), estudando critérios indicadores de eutrofização, definiu um índice do estado trófico, que pela sua simplicidade e objetividade, se tornou um dos mais utilizados para a classificação de lagos, segundo seu grau de trofia. O índice proposto pelo autor, se baseou em dados obtidos em lagoas de clima temperado, que por sua dinâmica ambiental diferenciada em relação aos dos países como o Brasil, de clima predominantemente tropical, foi modificado por TOLEDO *et al.*, (1983).

O Índice do Estado Trófico Modificado (IET) proposto por TOLEDO *et al.*, (1983) alterou as expressões originais do índice de CARLSON (1977) através de análise estatística por regressão, adaptando-o, assim, aos ambientes tropicais. Outra modificação expressiva se refere à inclusão de uma expressão para o ortofosfato solúvel no cálculo do Índice de Estado Trófico Médio - IETm, que se aplica bem às regiões semiáridas (DATSENKO, 1999). Segundo Duarte *et al.*, (1998), o IET foi considerado mais restritivo e conservador, resultando em números mais elevados, enquanto que o IET modificado absorve valores mais altos dos parâmetros, em particular fósforo total. Concluiu-se assim que a versão modificada do índice mostra-se mais adequada para a determinação do estado trófico de lagos de climas tropicais (LUNA, 2008).

A última alteração do IET para ambientes subtropicais foi realizada por Lamparelli (2004), que propôs um novo Índice de Estado Trófico, composto pelos Índices do Estado Trófico para a transparência, fósforo e para a clorofila “a”, baseada em dados coletados em reservatórios do Estado de São Paulo, seguindo a metodologia de outros autores, aplicando novamente a análise de regressão linear com o objetivo de melhor avaliar o grau

de trofia de ambientes lênticos, e quando comparado com o de Toledo, permite uma maior gama de classificação, pois, além de ambientes classificados como oligotróficos, mesotróficos, eutróficos e hipereutróficos, são registrados ambientes ultraoligotróficos, bem como da nova classe supereutrófica.

Segundo dados da COGERH (Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos) em 2008 foram avaliados 126 açudes no estado do Ceará, onde 61% apresentaram características de eutrofização, e 10% encontram-se acima dos valores de eutrofização, o que os enquadra como hipereutrofizados.

Dessa forma, o objetivo desse trabalho é analisar a dinâmica dos reservatórios Araras, Ayres de Souza e Edson Queiroz através da apreciação do comportamento ao longo do tempo das concentrações dos parâmetros fósforo total e clorofila “a” e determinar seu Índice de Estado Trófico através da metodologia de Carlson (1977) modificado por Toledo Jr. et al., (1983) e de Lamparelli (2004), fazendo a comparação entre ambos, com o intuito de verificar qual metodologia melhor se aplica aos reservatórios.

MATERIAIS E MÉTODOS

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

➤ Açude Araras

A barragem Paulo Sarasate (açude Araras), está localizada no município de Varjota, Estado do Ceará (Figura 1), a cerca de 250 km da cidade de Fortaleza. Barra o rio Acaraú, com capacidade de 891 milhões de m³, o que o coloca como o quarto maior reservatório de água do Ceará, responsável por mais de 60% do volume de acumulação da bacia.

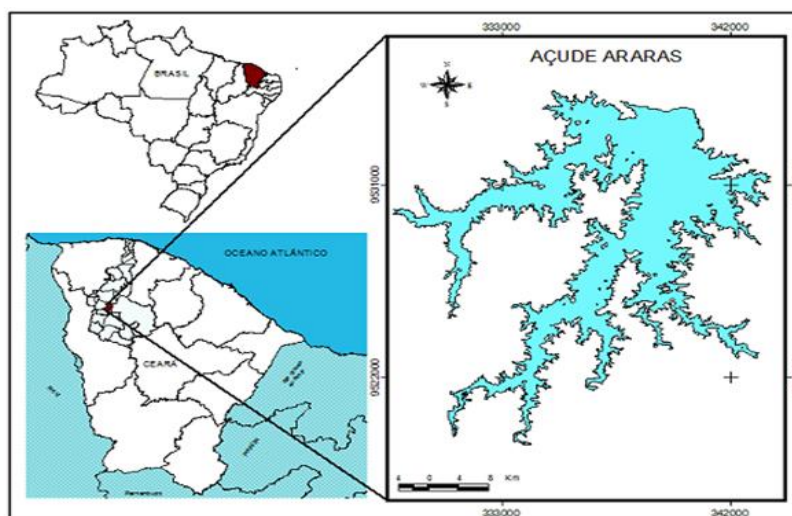


Figura 1: Localização do Açude Araras

➤ Açude Ayres de Souza

O açude Ayres de Souza, localizado na região norte do estado do Ceará (Figura 2), situando-se a aproximadamente 240 km de Fortaleza. Possui seu barramento construído no distrito de Jaibaras, situado a 24 km do município de Sobral, onde represa o rio Jaibaras, que possui uma área de drenagem de 1.101,87 Km², nascendo na Serra da Ibiapaba e atravessando os municípios de Graça, Pacujá, Mucambo, Cariré e chegando ao distrito onde é barrado. Possui uma capacidade de acumulação de 104.430.000 m³, uma bacia hidrográfica de 1.101,870 Km² e o perímetro do espelho d'água abrange uma área de 1.288,000ha.

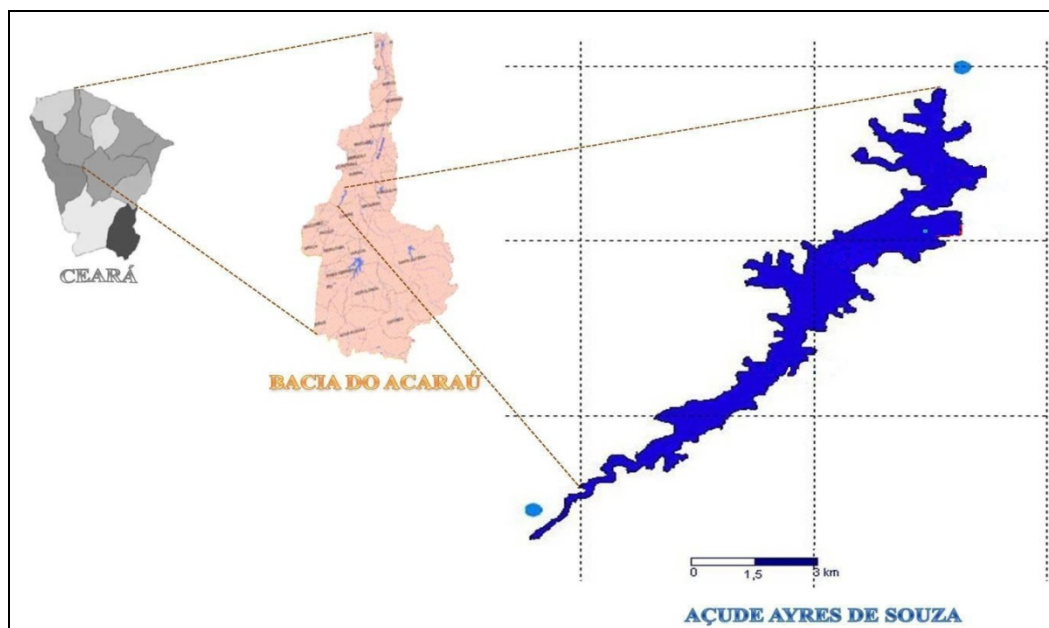


Figura 2: Localização do Açude Ayres de Souza

➤ Açude Edson Queiroz

O açude Edson Queiroz, localiza-se no município de Santa Quitéria, bacia do Acaraú, na região Norte do estado do Ceará (Figura 3), a cerca de 250 km de Fortaleza. A barragem, construída sobre o rio Groaíras, está inserida em uma bacia hidrográfica de 1.779,22 km². Sua bacia hidráulica possui 26,6 km², correspondendo a um volume de 254 km³ de água represada (DNOCS, 2004).

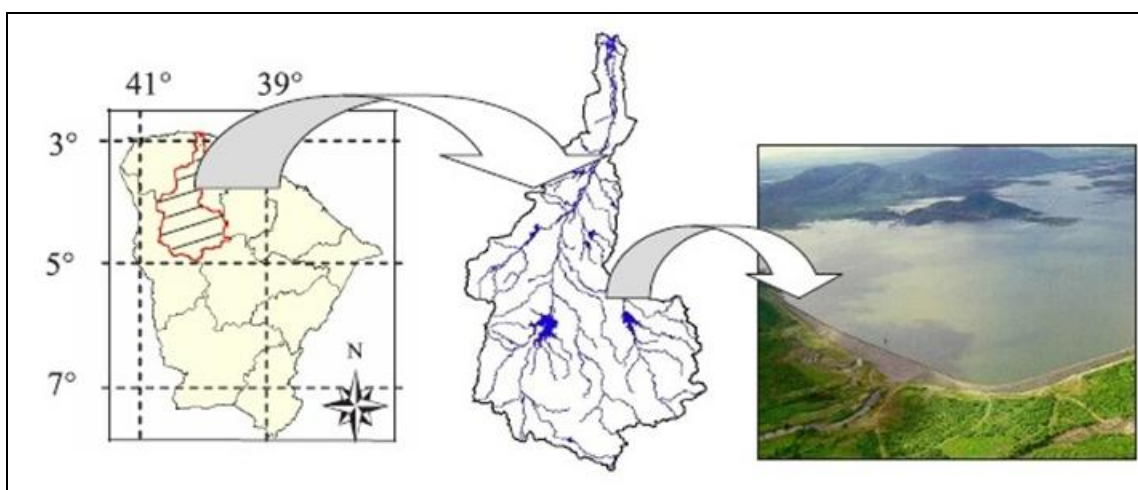


Figura 3: Localização do Açude Edson Queiroz

MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA

Os resultados apresentados no presente trabalho foram gerados durante as campanhas de monitoramento dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos dos reservatórios do estado do Ceará realizadas pela Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará (COGERH). As coletas foram realizadas trimestralmente no período de agosto de 2012 a maio de 2013. As coletas realizadas em agosto e novembro de 2012 referem-se ao período seco, e, o monitoramento dos meses de fevereiro e maio de 2013 foi caracterizado como período chuvoso. A monitoramento dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos foram realizados segundo os métodos propostos no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005).

ÍNDICES DE ESTADO TRÓFICO DOS RESERVATÓRIOS

Para a determinação do estado de eutrofização dos reservatórios foram utilizadas as metodologias estabelecidas por Carlson (1977) modificada por Toledo-Jr et al., (1983) e por Lamparelli (2004).

➤ Índice de Estado Trófico de Toledo

O IET é composto pelos Índices do Estado Trófico Modificado para transparência – IET S, para o fósforo total – IET PT, para o ortofosfato solúvel – IET OPS e para a clorofila “a” – IET Cl “a”, sendo suas respectivas equações:

$$[Eq. 01] \quad IET S = 10 \times \left[6 - \left(\frac{0,64 + \ln S}{\ln 2} \right) \right]$$

$$[Eq. 02] \quad IET PT = 10 \times \left\{ 6 - \left[\frac{\ln \left(\frac{80,32}{PT} \right)}{\ln 2} \right] \right\}$$

$$[Eq. 03] \quad IET OPS = 10 \times \left\{ 6 - \left[\frac{\ln \left(\frac{21,67}{OPS} \right)}{\ln 2} \right] \right\}$$

$$[Eq. 04] \quad IET Cl "a" = 10 \times \left[6 - \left(\frac{2,04 - 0,695 \ln Cl "a"}{\ln 2} \right) \right]$$

Onde:

S - transparência, medida por meio de disco de Secchi, expressa em metros (m);

PT - concentração de fósforo total medida à superfície da água, expressa em µg/L;

OPS - concentração de ortofosfato solúvel medida à superfície da água, expressa em µg/L;

Cl “a” - concentração de clorofila “a” medida à superfície da água, expressa em µg/L; e

ln - logaritmo natural.

Das variáveis acima citadas, para o cálculo do Índice do Estado Trófico Modificado, apenas três foram aplicadas, assim como nos trabalhos de LAMPARELLI (2004), COGERH (2009a) e OLIVEIRA (2009): clorofila “a”, fósforo total e ortofosfato solúvel, uma vez que os valores de transparência muitas vezes não são representativos do estado de trofia, pois esta pode ser afetada pela elevada turbidez decorrente de material mineral em suspensão e não apenas pela densidade de organismos planctônicos.

Dessa forma, o cálculo do IET M (médio) foi expresso a partir da média aritmética simples dos índices relativos ao fósforo total, ortofosfato solúvel e a clorofila “a”, segundo a equação:

$$[Eq. 05] \quad IET M = \frac{(IET PT + IET OPS + IET Cl "a")}{3}$$

De acordo com a CETESB (2002), o índice médio engloba, de forma satisfatória, a causa e o efeito do processo de eutrofização. Isto porque podemos entender os resultados correspondentes ao fósforo (IET P e IET OPS) como uma medida do potencial de eutrofização, já que este nutriente atua como o agente causador do processo, enquanto que para os valores de clorofila “a” (IET Cl “a”) como uma medida da resposta do corpo hídrico ao agente causador, indicando de forma adequada o nível de crescimento de algas em suas águas.

Importante ressaltar que segundo Tundisi et al., (1995), Calijuri (1988) e Ceballos (1995), esta versão do Índice de Estado Trófico tem se mostrado adequada para a determinação do estado trófico em lagos de clima predominantemente tropical. Conclusão também realizada por Lamparelli (2004) que, buscando novos índices

para estudo do estado trófico de ambientes lênticos tropicais, verificou que o índice do estado trófico de Carlson, modificado por Toledo, é adequado para os ambientes propostos.

➤ **Índice de Estado Trófico de Lamparelli**

Atualmente, o Índice de Estado Trófico mais utilizado tanto no âmbito institucional como acadêmico no Brasil, é o índice clássico introduzido por Carlson (1977) e modificado por Toledo et al., (1983), assim como novo índice proposto por Lamparelli (2004) (COELHO, 2010). Abaixo estão descritas as equações:

[Eq. 06]
$$IET S = 10 \times \left\{ 6 - \left[\frac{(\ln S)}{(\ln 2)} \right] \right\}$$

[Eq. 07]
$$IET PT = 10 \times \left\{ 6 - \left[1,77 - \left(0,42 \times \frac{\ln PT}{\ln 2} \right) \right] \right\}$$

[Eq. 08]
$$IET Cl "a" = 10 \times \left\{ 6 - \left[0,92 - \left(0,34 \times \frac{\ln Cl "a"}{\ln 2} \right) \right] \right\}$$

[Eq. 09]
$$IET M = \frac{IET S + 2 \times (IET PT + IET Cl "a")}{5}$$

Para cada metodologia aplicada foi apresentada na Tabela 1 a classificação trófica adotada:

Tabela 1: Critério de Classificação adotado para os Níveis de Trofia

NÍVEL TRÓFICO	CRITÉRIO IET (MÉDIO) DE TOLEDO	CRITÉRIO IET (MÉDIO) DE LAMPARELLI
Ultraoligotrófico	-	$IET m \leq 47$
Oligotrófico	$IET m \leq 44$	$47 < IET m \leq 52$
Mesotrófico	$44 < IET m \leq 54$	$52 < IET m \leq 59$
Eutrófico	$54 < IET m \leq 74$	$59 < IET m \leq 63$
Supereutrófico	-	$63 < IET m \leq 67$
Hipertrófico	$IET m > 74$	$IET m > 67$

RESULTADOS

AValiação DO FÓSFORO TOTAL E CLOROFILA "A" NOS RESERVATÓRIOS

➤ **Fósforo Total - PT**

Na Figura 4 estão apresentados os valores de fósforo total e da precipitação nos reservatórios, correlacionados aos períodos em estudo. Verifica-se que a concentração média de fósforo total nos Açudes Araras e Ayres de Sousa, durante o período amostral, foram superiores ao estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05, que enquadra esses reservatórios como ambientes lênticos de classe 2, para os quais a concentração de fósforo total é deve ser menor ou igual a 0,030 mgPT/L.

Para o açude Araras, as concentrações médias de fósforo não apresentaram diferenças significativas em relação aos períodos seco e chuvoso. Diante disso, observa-se que não houve influência do regime de chuvas no período estudado (total de 90 mm). Vale ressaltar que, a elevada concentração dessa forma de fósforo pode

estar ligada à presença de fontes pontuais ou difusas de poluição às margens do reservatório, como a criação de gado bovino nas vilas localizadas próximas ao açude, e ao carreamento pela drenagem superficial de áreas agrícolas, devido o escoamento superficial responsável pelo arraste de impurezas, detritos e matéria orgânica.

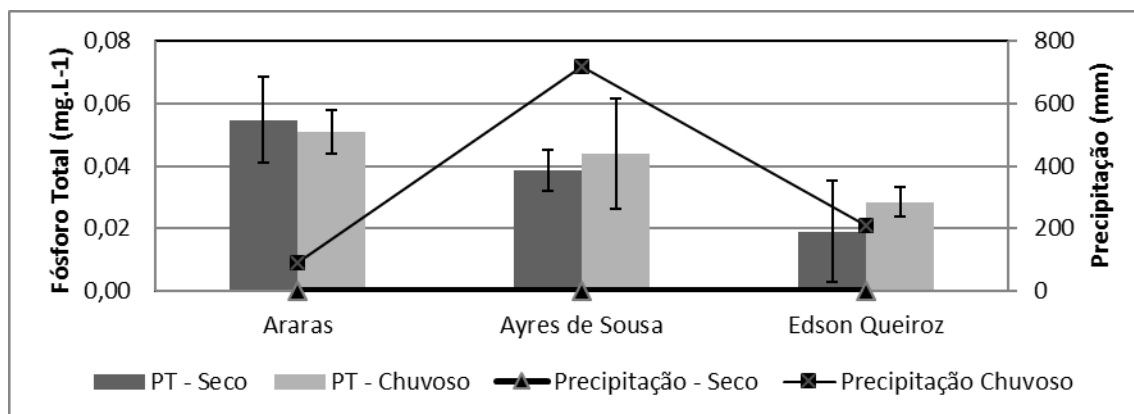


Figura 4: Correlação entre as concentrações de Fósforo Total (mg/L) e Precipitação nos reservatórios Araras, Ayres de Sousa e Edson Queiroz

Sousa (2013) realizou um estudo do índice do estado trófico do açude Araras e obteve resultados similares quanto à concentração de fósforo no reservatório, os quais variaram de 0,040 à 0,189 mgPT/L. Já os estudos realizados por Oliveira (2009) no açude Pentecoste, localizado na Bacia do Curu, mostraram que a concentração média de fósforo total nesse reservatório foi igual a $0,149 \pm 0,08$ mgPT/L, bem superior aos resultados apresentados para o Açude Araras e aos padrões da Resolução do CONAMA 357/05.

No estudo realizado por Ribeiro (2007) para o açude Acarape do Meio, no Ceará, em que avaliou as concentrações de fósforo total como indicador do estado trófico, verificou-se que este parâmetro se comportou também de maneira irregular com variações bem significativas na série temporal estudada, mas mantendo sempre elevados teores desse elemento, chegando a valores superiores a 0,5 mgPT/L.

O reservatório Ayres de Sousa apresentou concentrações média de 0,039 mgPT/L e 0,044 mgPT/L, nos períodos seco e chuvoso, respectivamente, observando-se desvio padrão de 0,006 mg/L e 0,017 mg/L nos períodos analisados. Assim, observa-se que esse açude também não demonstrou influência do regime de chuvas no período estudado (total de 717 mm), já que os valores das concentrações para esse parâmetro apresentaram pequena variação.

É válido citar que no açude Ayres de Sousa são exercidas atividades de piscicultura, dessa forma, sugere-se que os resultados obtidos para fósforo total estejam diretamente ligados a essas atividades, tendo em vista o aporte de ração (com altos teores de fósforo) e os excrementos dos peixes liberados no reservatório. Machado (2011), ao avaliar a concentração de fósforo total no açude Ayres de Souza, registrou valores de até 1,150 mgPT/L, o que evidencia os problemas de sobrecarga de fósforo e consequentemente o potencial de eutrofização desse reservatório.

O manancial Edson Queiroz, por sua vez, mostrou-se dentro dos padrões da resolução CONAMA 357/05, apresentando média de 0,023 mgPT/L em todo o período amostral analisado, de forma que concentrações mais baixas desse nutriente foram verificadas no período seco, média de 0,019 mgPT/L, e no período chuvoso, o valor médio amostrado foi de 0,029 mgPT/L.

Diante disso, observa-se que, ao contrário dos outros reservatórios, houve influência do regime de chuvas no período estudado (total de 209,7 mm), já que os valores das concentrações no período chuvoso mostraram-se maiores para esse parâmetro. Esse comportamento pode ser explicado pelo escoamento superficial, responsável pelo arraste de impurezas, detritos e matéria orgânica para o interior do reservatório.

Nesse contexto, vale destacar que Esteves (1988) ressalta que o fósforo em águas continentais provém de fontes naturais, por estar presente na composição de rochas e solos das bacias de drenagem, servindo de base

incipiente para a produção primária em corpos hídricos. Contudo, diante da utilização desregrada na formulação de substâncias químicas, como pesticidas, fertilizantes e detergentes, comumente demandadas pelas atividades humanas, a contribuição artificial de fósforo para o ambiente natural é a principal modificadora dos teores desse elemento em reservatórios hídricos no Semi-Árido, resultando em concentrações elevadas de fósforo total.

➤ Clorofila “a” – Cl “a”

A concentração de clorofila “a” é comumente utilizada em estudos limnológicos para estimar a biomassa fitoplanctônica de um corpo hídrico. O emprego dessa variável nestes estudos se refere ao papel desse pigmento como um dos principais responsáveis pela fotossíntese, sendo, portanto, um valioso indicador do estado trófico de um ecossistema.

Na Figura 5 é apresentada a concentração média e o desvio padrão da clorofila “a” para os três reservatórios (Araras, Ayres de Sousa e Edson Queiroz) obtidas durante o monitoramento nos meses de agosto e novembro de 2012 (período seco) e nos meses de fevereiro e maio de 2013 (período chuvoso). Além dos valores médios de clorofila a, são apresentados a pluviometria registrada nos períodos seco e chuvoso nos reservatórios analisados.

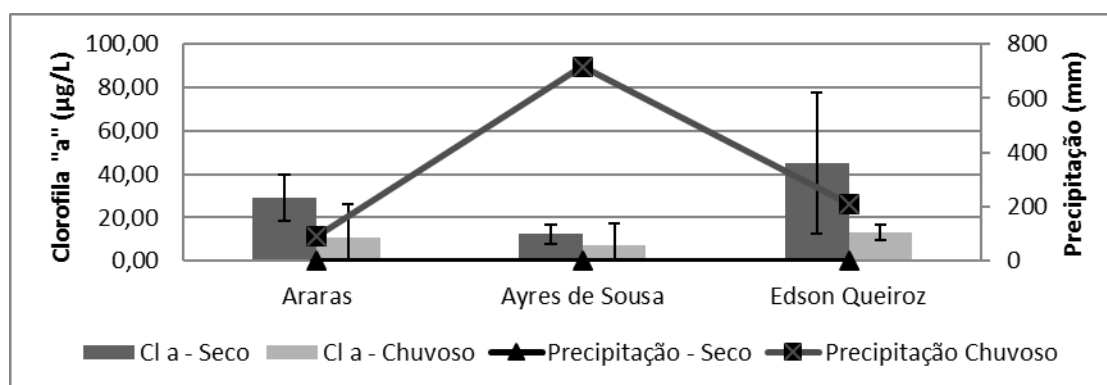


Figura 5: Correlação entre as concentrações de Clorofila “a” (µg/L) e Precipitação nos reservatórios Araras, Ayres de Sousa e Edson Queiroz

O açude Araras apresentou durante a série temporal proposta, valores oscilando de 16 a 44,9 µg/L, no período seco, com média de 29,17 µg/L e desvio padrão de 10,56 µg/L. Já no período chuvoso, a concentração média de clorofila a foi de 10,55 µg/L e desvio padrão de 15,49 µg/L. Dessa forma, observa-se que no período seco a clorofila a foi significativamente maior, e, nos dois períodos a variação foi muito elevada. Sousa (2013) avaliou o estado de trofia do reservatório Araras, e reportou valores médios de clorofila a da ordem de 23 µg/L, indicando condições bem semelhantes às obtidas durante o presente estudo.

Os reservatórios Ayres de Sousa e Edson Queiroz, assim como observado no açude Araras, apresentaram concentrações de clorofila a bem superiores durante o período seco. É interessante destacar que esse comportamento foi inverso ao observado para a concentração de fósforo total nesses reservatórios, quando se compara os períodos seco e chuvoso.

Assim, os resultados apresentados para o comportamento dos parâmetros Fósforo total e clorofila a, em especial para os reservatórios Ayres de Sousa e Edson Queiroz, vão de encontro os reportados por Oliveira (2009) ao estudar o açude Pentecoste, e Sousa (2013) para o Açude Araras. Esses autores comentam que a evolução da produtividade primária pode ser uma resposta da comunidade fitoplanctônica por acumular as águas da pluviometria registrada nos açudes, através do aumento da dispersão, do tempo de residência e por consequência do tempo de assimilação desses nutrientes disponíveis na água. Já a diferença dos resultados de produção entre os reservatórios, pode estar relacionada às limitações de cada um, como, profundidade, dinâmica de circulação hídrica, disponibilidade de nutrientes, entre outras.

Dentre os reservatórios estudados, o Edson Queiroz foi o único que apresentou a concentração média clorofila “a”, especificamente no período seco, acima do estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05. Ressalta-se que essa resolução estabelece, para ambientes lênticos de classe 2, a concentração de clorofila “a” menor ou igual a 30 µg/L.

AVALIAÇÃO E COMPARAÇÃO DOS ÍNDICES DE ESTADO TRÓFICO

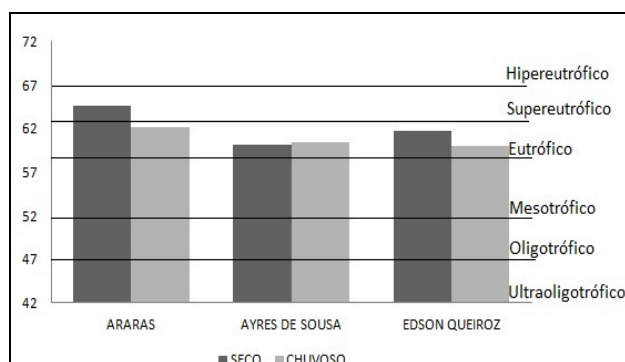
Na Tabela 1 estão mostrados os valores de IET dos reservatórios estudados nesse trabalho durante o período seco e chuvoso obtidos através das metodologias utilizadas por Toledo Jr *et al.*, (1983) e Lamparelli (2004). Vale ressaltar que foram calculados o IET para transparência (S), Fósforo total (PT) e para a Clorofila *a* (Cl “a”). Já IET médio foi obtido a partir da média aritmética dos valores de IET calculados.

Na Figura 3, são apresentadas as classificações dos reservatórios para os dois períodos avaliados de acordo com os critérios definidos pelas metodologias de Toledo e Lamparelli.

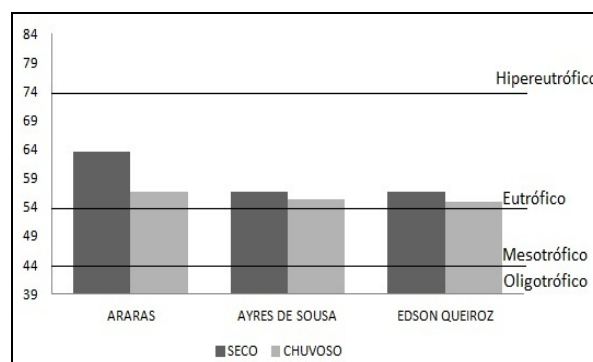
Tabela 2: Índice do Estado Trófico dos Reservatórios Araras, Ayres de Sousa e Edson Queiroz, obtidos pela metodologia de Toledo e Lamparelli.

		Período Seco		Período Chuvoso	
		Lam	Tol	Lam	Tol
Araras	IET (S)	64	55	66	56
	IET (PT)	66	54	66	53
	IET (Cl “a”)	63	73	57	60
	IET (m)	65	64	62	57
Ayres de Sousa	IET (S)	54	45	55	46
	IET (PT)	64	49	65	51
	IET (Cl “a”)	59	65	57	61
	IET (m)	60	57	61	55
Edson Queiroz	IET (S)	61	52	57	48
	IET (PT)	60	39	62	44
	IET (Cl “a”)	64	74	60	66
	IET (m)	62	57	60	55

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 2 e Figura 6, somente o açude Araras, segundo a classificação de Lamparelli, apresentou classificação supereutrófica ($63 < \text{IET(m)} \leq 67$) no período seco, já que IET (m) foi de 65. No período chuvoso, esse reservatório foi classificado como eutrófico ($59 < \text{IET(m)} \leq 63$) uma vez que IET(m) obtido foi 62.



(a)



(b)

Figura 6: Classificação dos Reservatórios Araras, Ayres de Sousa e Edson Queiroz através da aplicação do Índice de Estado Trófico de Lamparelli (2004) (a) e de Carlson (1977) modificado por Toledo-Jr *et al.* (1983) (b).

Sousa (2013) encontrou também, além de resultados de classificação supereutrófica ao estudar o mesmo reservatório, com valores em torno de 64, a classificação hipereutrófica, com valores de 67. Ainda para essa metodologia, o açude Ayres de Sousa apresentou classificação eutrófica tanto no período seco (média de 60) como no período chuvoso (média de 61). Machado (2011), ao estudar o mesmo reservatório, encontrou classificação eutrófica durante o período amostral analisado. O açude Edson Queiroz também apresentou classificação eutrófica tanto no período seco (média de 62) quanto no período chuvoso (média de 60).

Para o IET (m) de Toledo, foi verificado que todos os reservatórios estudados apresentaram classificação eutrófica ($54 < \text{IET m} \leq 74$), nos períodos seco e chuvoso.

Diante disso, pode-se afirmar que a tendência desses reservatórios é apresentarem-se eutrofizados, tanto no período seco como no período chuvoso. Essa tendência insere os reservatórios dentro da realidade encontrada para a grande maioria dos açudes do Estado do Ceará que, em avaliação realizada pela COGERH em 2008, verificou-se que 61% dos 126 açudes monitorados pelo órgão se caracterizaram eutrofizados, enquanto 24% hipereutrofizados, ficando apenas 10 % classificados como mesotróficos e 5 % como oligotróficos (COGERH, 2010).

Como comparação, observou-se que na metodologia proposta por Lamparelli (2004), o IET apresentou maior sensibilidade às mudanças, aumentando desta forma a amplitude das classificações tróficas. Contudo, embora a metodologia de Toledo-Jr, et al. (1983) apresente menor amplitude de classificação, sua amplitude numérica é maior, sendo capaz de detectar concentrações menores.

CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos durante o período de estudo nos reservatórios, ao se comparar os IET(M) de ambas as metodologias pode-se observar que não há uma variação significativa quanto à sua classificação trófica, os dois métodos utilizados comprovam o avançado estado de eutrofização dos mananciais.

O reservatório Araras e Ayres de Sousa apresentaram concentrações médias de fósforo total, no período estudado, de 0,052 mgPT/L e 0,041 mgPT/L, respectivamente, aproximadamente 177% e 137%, acima do que é estabelecido pela resolução 357/05. O açude Edson Queiroz, por sua vez, foi o único que apresentou concentração média de fósforo total (0,023 mgPT/L) dentro do limite exigido pela resolução. Entretanto, quando associado a outros parâmetros, esse reservatório demonstrou-se em gradativo estado de eutrofização. A aplicação do IET permitiu classificar o estado trófico dos reservatórios estudados de eutrófico à hipereutrófico, ambos se mantendo predominantemente como eutrófico. Então, pode-se considerar que o sistema encontra-se em processo de eutrofização plenamente estabelecido.

Finalmente, os resultados demonstram uma necessidade urgente de projetos de manejo e recuperação da qualidade das águas destes mananciais, com redução das entradas de PT, desenvolvimento da piscicultura de forma sustentável, eliminação das fontes pontuais de poluentes, para que possa haver utilização da água para a piscicultura em consórcio com outros usos, com destaque para o abastecimento humano, sem causar prejuízo aos demais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CARLSON, R.E. **A trophic state index for lakes**. Limnology and Oceanography. Mach, v 22 (2):361-369. 1977.
2. COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS (COGERH). **Rede de monitoramento da qualidade da água**: Boletim informativo. Fortaleza, Dez/2010. Disponível em: <http://portal.cogerh.com.br/eixos-de-atuacao/monitoramento-quantitativo-e-qualitativo-dos-recursos-hidricos/boletins-qualitativos/boletins/acudes/>. Acesso em: 19 mar 2011.
3. DNOCS. **Projeto de recuperação dos solos do setor II do Perímetro Irrigado Ayres de Souza, Sobral, Ceará**. Convênio DNOCS-IRYDA, v. 1, Fortaleza, 1981
4. ESTEVES, Francisco de Assis. **Fundamentos de Limnologia**, 2ª edição, Rio de Janeiro: Interciência. 1998.

5. LAMPARELLI, M. C. **Grau de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento** – São Paulo – Tese (Doutorado) – Instituto de Biociências – USP. 238p. 2004.
6. MACHADO, F. N. A. **Aplicação de dois índices de estado trófico para avaliação do grau de trofia do reservatório Ayres de Sousa, localizado na região norte do Estado do Ceará.** Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – Campus Sobral. 2011.
7. OLIVEIRA, R. R. A. **Estudo da Qualidade Ambiental do reservatório Pentecoste por meio do Índice de Estado Trófico Modificado:** 2009. 140f. Dissertação (Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.
8. RIBEIRO, I.V.A.S. **Estudo do estado trófico do reservatório Acarape do Meio mediante a determinação de indicadores de qualidade de água.** 2007. 194f. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.
9. SILVA, J. A. S.; SOUZA, R. O.; FIGUEIREDO, M. C. B.; ALMEIDA, M. M. M. **Nível de Trófico em reservatório da bacia metropolitana do Ceará.** 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Belo Horizonte / MG. 2007.
10. SOUSA, C. A. **Estudo da qualidade da água do reservatório Araras por meio do índice de estado trófico.** Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – Campus Sobral. 2013.
11. 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: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA. Anais. Camboriú, Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária, p.1-34. 1983.