



**XI SILUBESA**

*Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*

28/03 a 02/04/2004 - Natal - Rio Grande do Norte - Brasil

## **VI-008- O INDICE DE ESTADO TRÓFICO COMO FERRAMENTA NO MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA BARRAGEM DE ACAUÃ- SISTEMA RECÉM CONSTRUÍDO SOBRE O RIO PARAÍBA- PB**

**José Etham de Lucena Barbosa <sup>(1)</sup>**

Biólogo - Universidade Estadual da Paraíba/Brasil. Mestre em Botânica – Universidade Federal de Pernambuco. Doutor em Ecologia e Recursos Naturais – Universidade Federal de São Carlos. Professor Titular da Universidade Estadual da Paraíba/UEPB.

**Jacqueline da Silva Mendes <sup>(2)</sup>**

Bióloga - Universidade Estadual da Paraíba/Brasil.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Adolfo Soares Filho, 34/101-A Bancários – João Pessoa, PB- CEP. 58052-170- Brasil (endereço residencial)- Tel: 0(xx) 832355340

 : [joseetham@aol.com](mailto:joseetham@aol.com)

### **RESUMO**

Um dos problemas ambientais mais preocupantes no estudo de lagos e reservatórios é a eutrofização. Diante disto, alguns sistemas de classificação do estado trófico de ecossistemas aquáticos vêm sendo aplicados com a finalidade de classificar as águas de lagos e reservatórios, facilitando a tomada de decisões e a comunicação ao público sobre o estado ou a natureza em que se encontram tais sistemas. O índice de Carlson Modificado para ambientes tropicais estabelece os níveis de trofia em função dos valores obtidos para as variáveis, transparência da água, fósforo total dissolvido, ortofosfato e clorofila *a*. Sendo assim, o objetivo do presente trabalho foi caracterizar os estágios iniciais de evolução trófica da Barragem de Acauã e monitorar seu funcionamento através de variáveis limnológicas, tendo o índice de estado trófico como discriminador ambiental. Foram coletadas amostras em agosto e novembro de 2002 e janeiro de 2003 em seis estações da barragem: **P<sub>1</sub>** na zona de barragem; **P<sub>2</sub>** e **P<sub>3</sub>** no braço do rio Paraibinha; **P<sub>4</sub>** e **P<sub>5</sub>** no braço do rio Paraíba e **P<sub>6</sub>** na confluência dos dois rios. A transparência da água foi determinada através de um disco de Secchi, o fosfato inorgânico dissolvido pelo método descrito em Mackereth *et al.* (1978), o fósforo total dissolvido determinado segundo Standard Methods (APHA, 1992) e para clorofila *a* utilizou-se acetona 90% como solvente e a fórmula proposta por Lorenzen (1967) descrita em Jeffrey *et al.* (1997). A reduzida transparência da água neste ambiente deve-se sobretudo as altas cargas de material dissolvido e particulado provenientes de sua bacia de drenagem. As elevadas concentrações de fósforo dissolvidos e particulado, principalmente no mês mais seco, ratificam estas considerações. As conseqüências dos acentuados teores de clorofila registrados na barragem são sentidas no ambiente: cor, odor e gosto desagradáveis na água, comprometendo desta forma sua qualidade. Apesar de recém construído todas as análises realizadas na barragem apontam para um estado de trofia preocupante, haja vista, o emprego do índice de estado trófico em todos os pontos para todas as épocas caracterizam o ambiente em estado de hipereutrofização. Ocorrências de algas potencialmente tóxicas já são registradas com relativa freqüência nas amostras o que é um problema preocupante ao futuro uso deste manancial para abastecimento humano. O Índice de Estado Trófico (IET) demonstrou ser uma importante ferramenta na avaliação deste ambiente aquático.

**PALAVRAS-CHAVE:** Índice de Estado trófico (IET), reservatório, eutrofização

### **INTRODUÇÃO**

Notadamente no Brasil, tem-se verificado uma crescente preocupação com o rápido processo de degradação dos ambientes aquáticos em virtude, principalmente, do intenso desenvolvimento urbano e industrial registrado nos últimos anos, que tem acelerado e comprometido os processos tróficos naturais nesses sistemas.

A eutrofização é hoje um problema de escala mundial que produz uma acentuada deterioração de rios, lagos, represas e águas costeiras, causando inúmeros efeitos diretos e indiretos, comprometendo os usos múltiplos de recursos hídricos e águas superficiais e subterrâneas, provocando perdas substanciais para as economias local e regional. Para recuperar sistemas aquáticos eutrofizados, o volume de recursos financeiros pode ser enorme, dependendo do grau de eutrofização e do estado de comprometimento desses sistemas.

Entre os impactos causados pela ação do homem sobre ecossistemas naturais destaca-se a construção, em ritmo e escala crescentes, de imensas represas, destinadas aos mais diversos usos, desde a geração de energia e abastecimento, até transporte, produção de biomassa e recreação.

A construção da barragem de Acauã, insere no plano de águas do Governo do Estado que tem como finalidade o abastecimento humano de cidades localizadas na bacia do Médio Paraíba. Entretanto, como todo grande empreendimento, a construção de Acauã, também está cerca de alguns problemas de cunho social, político e, principalmente, ambiental. Entre estes aspectos destaca-se o recebimento em seu corpo aquático dos efluentes domésticos, comerciais e industriais oriundos da bacia de drenagem do Bodocongó e seus tributários, fato que já compromete a qualidade da água e conseqüentemente, acelerar o estabelecimento de estágios tardios de eutrofização logo na fase de enchimento do reservatório.

Este estudo teve como finalidade caracterizar os estágios iniciais de evolução trófica da Barragem Acauã e monitorar seu funcionamento através de variáveis limnológicas, tendo o índice de estado trófico como discriminador ambiental.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### ÁREA DE ESTUDO

A Barragem Acauã está situada na região do médio Paraíba entre as latitudes 7°27,5'3''S e 7°28'31,4''S e as longitudes 35°35'52,6''W e 35°35'3,4''W (Figura 01). Sua bacia hidráulica representada por uma área de 2.300ha com uma capacidade de 253.000,000 m<sup>3</sup> de acumulação. O objetivo principal do sistema é o fornecimento d'água para as cidades de Salgado de São Félix, Itabaiana, Ingá, Pilar, Itatuba, Mogeiro, São Miguel de Taipu, Aroeiras e Fagundes, reforço ao sistema hídrico que abastece Campina Grande, Boqueirão, Queimadas e Caturité; a irrigação do Baixo vale do Paraíba, a criação de um pólo pesqueiro e a contenção das enchentes que assolam as cidades de Salgado de São Félix, Itabaiana, São Miguel de Taipu, Cruz do Espírito Santo e Cabedelo.

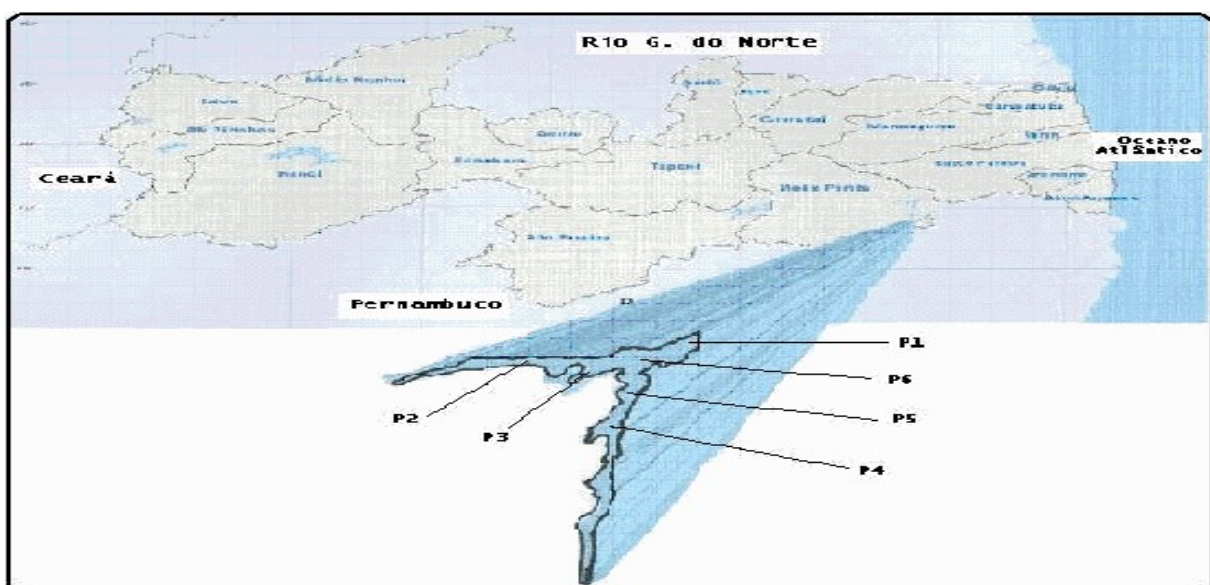


Figura 01- Mapa de localização das estações de coleta na Barragem de Acauã- PB e sua inserção na geografia estadual.

## ESTAÇÕES E ÉPOCAS DE AMOSTRAGENS

As coletas realizaram-se nos meses de agosto e novembro de 2002 e janeiro de 2003 em seis estações geo-referenciadas e distribuídas de modo a se representar todos os compartimentos da barragem: **P<sub>1</sub>** (7°26'19,5''S 35°33'48,9''W) na zona de barragem; **P<sub>2</sub>** (7°27,5'3''S 35°35'52,6''W) e **P<sub>3</sub>** (7°27'0,6''S 35°35'23,3''W) no braço do rio Paraibinha; **P<sub>4</sub>** (7°28'31,4''S 35°35'3,4''W) e **P<sub>5</sub>** (7°27'45,2''S 35°34'53,1''W) no braço do rio Paraíba e **P<sub>6</sub>** (7°26'58,4''S 35°34'48,8''W) na confluência dos dois rios.

## ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO

Para o cálculo de IET foi utilizado o índice de Carlson modificado para ambientes tropicais por Toledo Jr. *et al* (1983). O índice considera a média ponderada de expressões formuladas a partir dos dados de transparência da água, fósforo total dissolvido, ortofosfato e clorofila *a*. Os critérios de aplicação das fórmulas são: Oligotrófico IET < 44; Mesotrófico 44 < IET < 54; Eutrófico IET > 54.

A transparência da água foi determinada através de um disco de Secchi, o fosfato inorgânico dissolvido pelo método descrito em Mackereth *et al.* (1978), o fósforo total dissolvido determinado segundo Standard Methods (APHA, 1992) e para clorofila *a* utilizou-se acetona 90% como solvente e a fórmula proposta por Lorenzen (1967) descrita em Jeffrey *et al.* (1997).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A ocupação e os usos das bacias hidrográficas se refletem nos corpos de água através da alteração do estado trófico original. Este sob tensão, responde modificando seu funcionamento, através de uma tendência a maximizar as consequências de tal tensão. Esta resposta pode ser dada, principalmente, pelo incremento de certos processos biológicos

Nos últimos anos, com o desenvolvimento urbano e industrial acelerado, vários corpos d'água estão apresentando modificações drásticas nas suas características naturais, principalmente no que se refere ao estado trófico. Tais ecossistemas estão em acelerado processo de eutrofização artificial devido à ação antrópica que provoca o lançamento contínuo e desenfreado de efluentes doméstico, industrial e de atividades agrícolas. Estes fatores trazem como consequência imediata, o aumento das concentrações de nutrientes, especialmente nitrogênio e fósforo, o que provoca o aumento de sua produtividade global com a elevação da biomassa.

Diversos critérios já foram utilizados para determinação do estado trófico de um ecossistema: condições do oxigênio dissolvido, transparência da água através da leitura da transparência do disco de Secchi, composição e espécies da fauna dos sedimentos ou do fitoplâncton, concentração de nutrientes, e várias medidas de biomassa e produção. Esses diversos critérios tem contribuído para afirmação de que o conceito trófico é multidimensional.

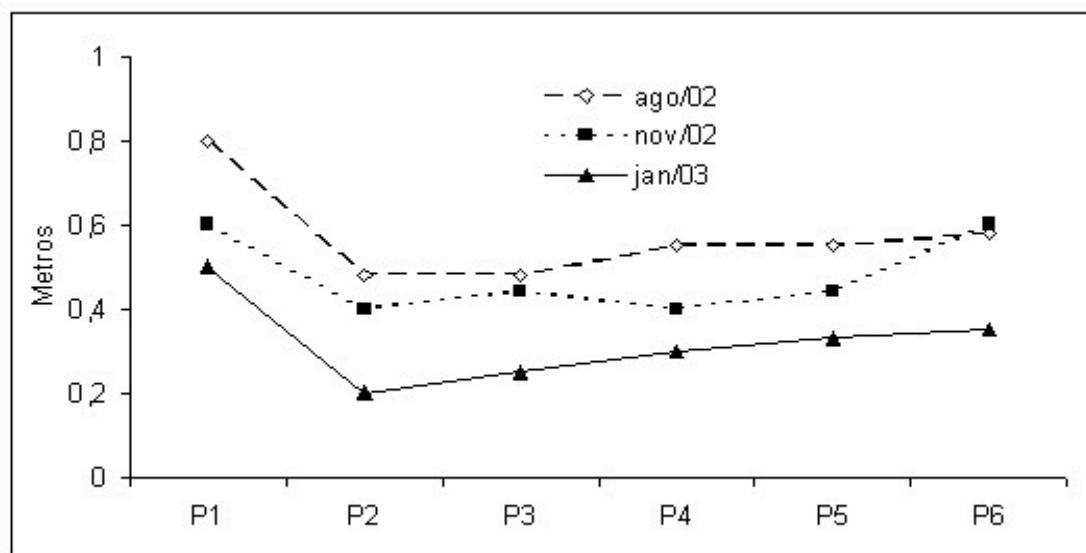
O Índice de Estado Trófico (IET) de Carlson (1977), modificado por Toledo Jr. *et al.* (1983) para ambientes tropicais baseia-se fundamentalmente na transparência da água, concentração de fósforo total, ortofosfato e clorofila-*a*

A barragem apresentou valores baixos de transparência em todos os meses estudados com um mínimo de 0,20m (janeiro/2003) e máximo de 0,80m (agosto/2002) (Tabela 01). Em todos os meses amostrados os valores mais elevados de transparência foram encontrados na zona de barragem (P<sub>1</sub> e P<sub>6</sub>), provavelmente por estarem localizados nos pontos que apresentam maiores profundidades do reservatório. Os valores mais baixos foram encontrados nas demais estações (P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>, P<sub>4</sub>, P<sub>5</sub>) que estão localizados nas porções do reservatório que apresentam reduzidas profundidades e entrada constante e turbulenta de material particulado e dissolvido oriundos da bacia de drenagem da represa (Figura 02). Os maiores valores de transparência foram obtidos no final das chuvas (agosto/2002) onde o nível da barragem apresentou-se mais elevado. A reduzida transparência da água neste ambiente deve-se sobretudo as altas cargas de material dissolvido e particulado provenientes de sua bacia de drenagem. As elevadas concentrações de fósforo dissolvido e particulado, principalmente no mês mais seco (novembro de 2002), ratificam estas considerações.

**Tabela 01. Estatística da transparência da água, fósforo total, ortofosfato e clorofila *a* amostrados em três**

## épocas de coleta na barragem de Acauã, PB.

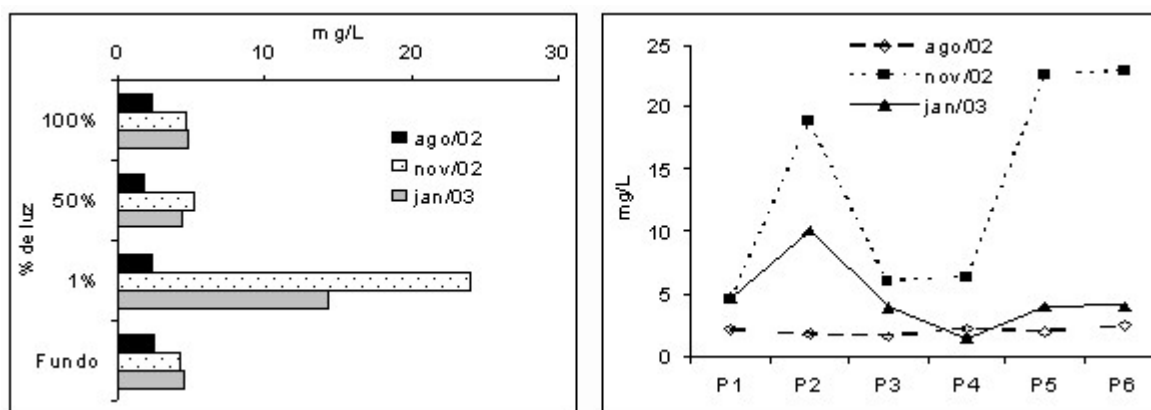
| Meses  | Estatística | Transparência da água (m) | PO <sub>4</sub> -T mgL <sup>-1</sup> | PO <sub>4</sub> -orto µg <sup>-1</sup> | Clor. <i>a</i> µg <sup>-1</sup> |
|--------|-------------|---------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------|
| ago/02 | Média       | 0,58                      | 1,9                                  | 71,1                                   | 34,2                            |
|        | CV (%)      | 20,39                     | 16,3                                 | 18,7                                   | 46,1                            |
|        | Mín.        | 0,48                      | 1,3                                  | 20,4                                   | 12,0                            |
|        | Máx.        | 0,8                       | 2,5                                  | 94,4                                   | 62,8                            |
| nov/02 | Média       | 0,6                       | 16,9                                 | 223,1                                  | 19,5                            |
|        | CV (%)      | 15,8                      | 48,6                                 | 21,9                                   | 72,8                            |
|        | Mín.        | 0,4                       | 2,9                                  | 77,1                                   | 1,8                             |
|        | Máx.        | 0,6                       | 24                                   | 231,7                                  | 42,8                            |
| jan/03 | Média       | 0,4                       | 12                                   | 12                                     | 51,8                            |
|        | CV (%)      | 29,4                      | 43                                   | 68                                     | 28,3                            |
|        | Mín.        | 0,2                       | 1                                    | 4                                      | 25,8                            |
|        | Máx.        | 0,5                       | 19                                   | 36                                     | 66,8                            |



**Figura 02. Variação horizontal da transparência da água (m) em três épocas de coleta na barragem de Acauã, Paraíba.**

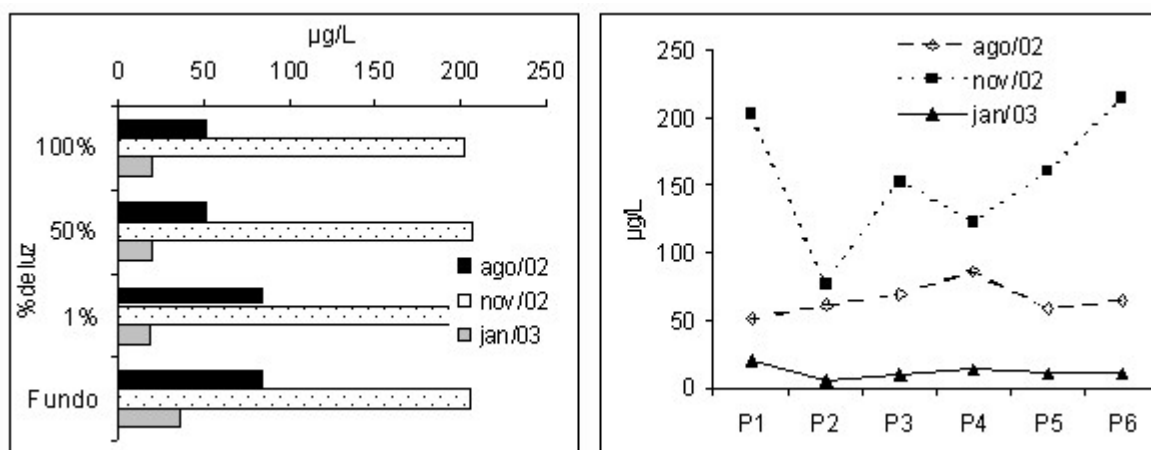
Nos meses estudados, o fósforo total fez-se presente em concentrações elevadas (mínimo de 1,0mg/L em janeiro/2003 e máximo de 24,0mg/L em novembro/2003) (Tabela 1) Esses valores caracterizam ambientes muito produtivos, com tendência a hipereutrofia.

Verticalmente, o fósforo total apresentou-se homogêneo em todos os meses amostrados, destacando-se conteúdos elevados a 1% nos meses de novembro/02 e janeiro/03. Horizontalmente, este nutriente apresentou homogeneidade nos meses de ago/02. Flutuações temporais e espaciais encontradas nos meses de novembro/02, e janeiro/03 ratificam o intenso processo de instabilidade ambiental pelo qual passa o sistema (Figura 03).



**Figura 03. Variação vertical e horizontal do fósforo total (mg/L) em três épocas de coleta na barragem de Acauã, Paraíba.**

Os valores medidos de ortofosfato oscilaram entre 4,0 $\mu$ g/L (janeiro/2003) e 231,7 $\mu$ g/L em novembro/2002 (Tabela 1). O perfil vertical do ortofosfato da barragem evidenciou leve aumento deste nutriente com o aumento da profundidade em todos os meses amostrados. Flutuações espaciais horizontais foram evidenciadas apenas em novembro/02, enquanto que em agosto/2 e janeiro/03, o ortofosfato apresentou um padrão homogêneo em todas as estações (Figura 04). As maiores concentrações desse nutriente foram encontradas no mês de novembro/02, provavelmente devido a entrada de material alóctone trazido pelas chuvas.



**Figura 04. Variação vertical e horizontal do ortofosfato ( $\mu$ g/L) em três épocas de coleta na barragem de Acauã, Paraíba.**

A alta disponibilidade de fosfato para processos de produção primária, sem dúvida atua entre os principais mecanismos ambientais para a ocorrência de elevadas concentrações de biomassa algal na Barragem (Tabela 01). A condição eutrófica da barragem também foi caracterizada pela clorofila-*a* cuja concentração foi alta durante todos os meses amostrados, com um mínimo de 1,8 $\mu$ g/L em novembro/02 e um máximo de 66,8 $\mu$ g/L em janeiro/03 (Tabela 1). A distribuição da clorofila-*a* processou-se em toda coluna d'água, no entanto, diminuição desta variável foi observado no mês de nov/02 (Figura 05). Os acentuados teores de clorofila registrados na barragem refletem sobretudo as cargas potenciais de nutrientes carregados para dentro do reservatório e as consequências são sentidas no ambiente: cor, odor e gosto desagradáveis na água, comprometendo desta forma sua qualidade.

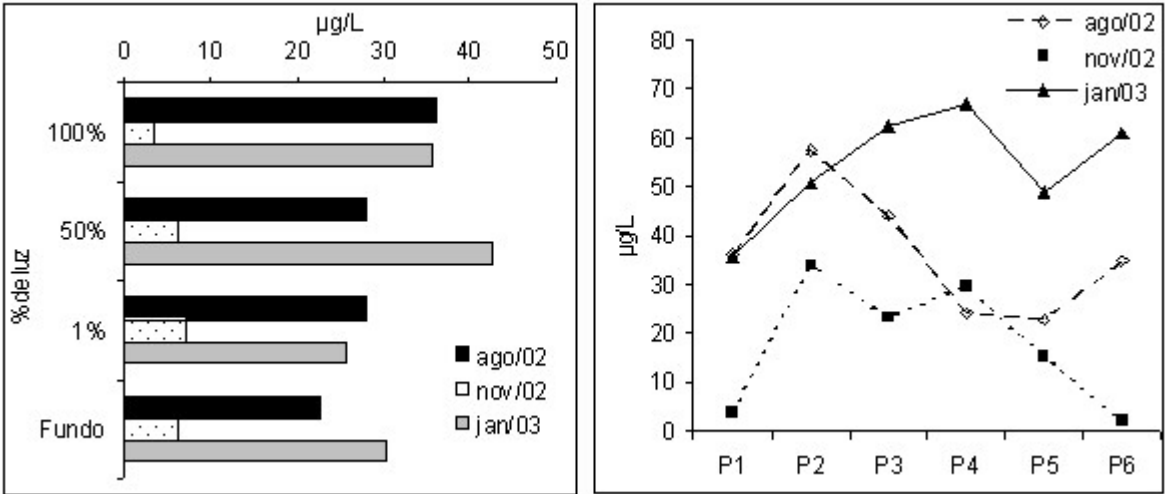


Figura 05. Variação vertical e horizontal da clorofila *a* (µg/L) em três épocas de coleta na barragem de Acauã, Paraíba.

Todos esses fatores, indiscutivelmente, estão interferindo de maneira significativa sobre a qualidade da água com prejuízos diretos para vida útil deste ecossistema. A pesar de recém construído todas as análises realizadas na barragem apontam para um estado de trofia preocupante (Tabela 02; Figura 06), haja vista, o emprego do índice de estado trófico em todos os pontos para todas as épocas caracterizam o ambiente em estado de hipereutrofização.

O efeito desta hipereutrofização faz-se sentir na redução das diferenças espaço-temporal do reservatório, devido as freqüentes misturas da massa d'água propiciadas por entradas contínuas de efluentes ricos em nutrientes. Ocorrências de algas potencialmente tóxicas já são registradas com relativa freqüência nas amostras o que é um problema preocupante ao futuro uso deste manancial para abastecimento humano.

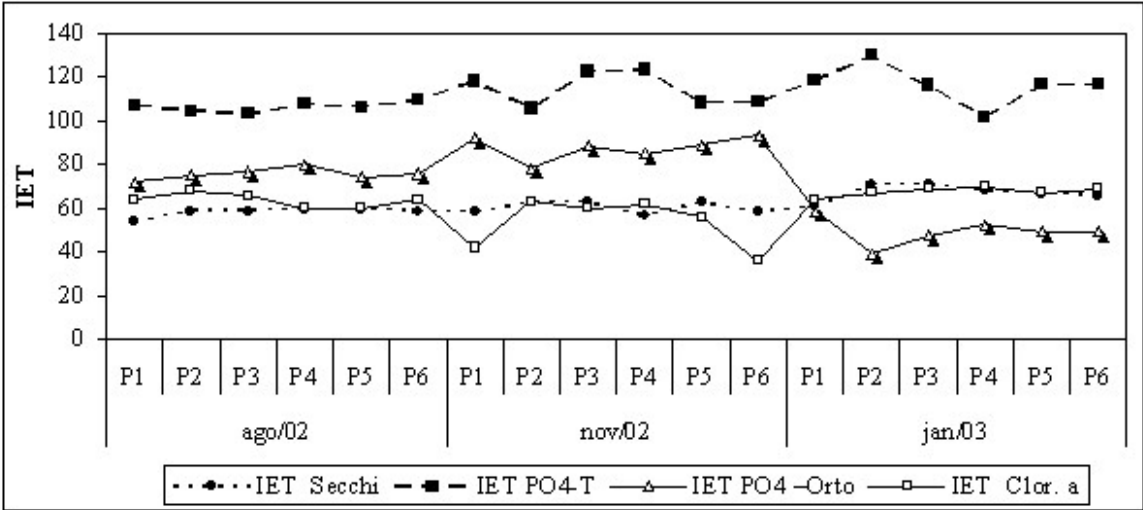


Figura 06. Dados de índice de estado trófico calculados a partir de variáveis físicas, químicas e biológicas em seis estações de coleta para três épocas amostradas na Barragem de Acauã – PB.

Tabela 02. Dados de índice de estado trófico calculados a partir de variáveis físicas, químicas e biológicas em

seis estações de coleta para três épocas amostradas na Barragem de Acauã – PB.

| Meses  | Pontos | IET    | IET                | IET                   | IET            | IET             |
|--------|--------|--------|--------------------|-----------------------|----------------|-----------------|
|        |        | Secchi | PO <sub>4</sub> -T | PO <sub>4</sub> -Orto | Clor. <i>a</i> | Média Ponderada |
| ago/02 | P1     | 54     | 107,2              | 72,2                  | 64             | 77              |
|        | P2     | 58,7   | 104,6              | 75                    | 68             | 79              |
|        | P3     | 58,7   | 103,2              | 76,7                  | 66             | 79              |
|        | P4     | 59,3   | 107,9              | 80                    | 60             | 79              |
|        | P5     | 59,3   | 106,3              | 74,3                  | 60             | 77              |
|        | P6     | 58,6   | 109,5              | 75,9                  | 64             | 80              |
| nov/02 | P1     | 58,2   | 118,3              | 92,2                  | 42             | 80              |
|        | P2     | 62,6   | 105,7              | 78,3                  | 63             | 80              |
|        | P3     | 62,6   | 122,5              | 88,3                  | 60             | 86              |
|        | P4     | 56,7   | 123,4              | 85                    | 62             | 85              |
|        | P5     | 62,6   | 108,3              | 88,9                  | 56             | 81              |
|        | P6     | 58,2   | 108,5              | 93,2                  | 36             | 76              |
| jan/03 | P1     | 60,7   | 118,9              | 58,7                  | 64             | 78              |
|        | P2     | 70,7   | 129,9              | 39                    | 67             | 78              |
|        | P3     | 70,7   | 116,3              | 47,4                  | 69             | 77              |
|        | P4     | 68,1   | 101,7              | 52,6                  | 70             | 74              |
|        | P5     | 66,6   | 116,6              | 49,3                  | 67             | 76              |
|        | P6     | 65,7   | 116,7              | 49,3                  | 69             | 77              |
|        | Média  | 61,8   | 112,5              | 70,9                  | 61,5           | 78,8            |
|        | DP     | 4,8    | 8,0                | 17,1                  | 9,1            | 3,1             |
|        | CV (%) | 7,8    | 7,1                | 24,2                  | 14,7           | 4,0             |

## CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos pode-se concluir que:

- A reduzida transparência da água, as altas concentrações de fosfatos, bem como as altas taxas de clorofila *a* nos fornecem informações suficientes sobre a avaliação das condições tróficas deste reservatório que se encontra em um intenso processo de deterioração de sua qualidade hídrica;
- A média ponderada do IET obtidas em todas estações de coleta e todas as épocas amostradas permitiu identificar a Barragem Acauã como eutrófica quanto ao seu grau de trofia;
- O Índice de Carlson de Estado Trófico (IET) demonstrou ser uma ferramenta importante na avaliação deste ambiente aquático.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA, AWWA & WPCF. Standard methods for the examination of waster and waster-water. 18 ed. New York, APHA/AWWA/WPCF, 1992. 1193p.
2. CALIJURI, M.C. Respostas fisioecológicas da comunidade fitoplancônica e fatores ecológicos em ecossistemas com diferentes estágios de eutrofização. Tese de Doutorado. São Carlos, São Paulo, 1988. 293p
3. JEFFREY, S.W.; MANTONA, R.F.C.; WRIGHT, S.W. 1997. Espectrophotometric and fluorometric equations in cammom use in oceanography. Unesco Publishig Paris.
4. LEITE, R.L. Variação temporal e distribuição das concentrações de nutrientes inorgânicos dissolvidos na água dos reservatórios de Gramame e Mamuaba, Alhandra-Pb. Monografia de graduação em Ciências Biológicas. João Pessoa, UFPB, 1995. 89p
5. MACKERETH, F. Y. H.; HERON, J. G.; TALLING, J. J. Water analysis: some revised methods for limnologists Freshwater. Biological Assoc. 36,. 120p. 1978
6. 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, 12, 1983, Camboriú. Anais. Camboriu, Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária, 1983. P.1-34.