

## EVOLUÇÃO TEMPORAL DOS TEORES DE NUTRIENTES E PRODUÇÃO PRIMÁRIA DO AÇUDE AYRES DE SOUZA, SOBRAL, CE.

*Renata Rochelly de Mesquita Cavalcante<sup>1\*</sup> & Rafael Reis Oliveira<sup>2</sup> & Lilian Rodolfo Barros<sup>3</sup>*

**Resumo** – Na necessidade de se fazer um manejo sustentável dos reservatórios, pode-se utilizar de diversas ferramentas que auxiliam na interpretação das condições limnológicas do ecossistema. O índice de estado trófico avalia a concentração da biomassa, podendo ser expresso em função das concentrações de fósforo e clorofila “a”. O presente trabalho avalia a evolução temporal do estado trófico do reservatório Ayres de Sousa, utilizando os teores de nutrientes e produção primária como indicadores do processo de eutrofização. Compreendido nos anos de 2004 a 2012, o reservatório apresentou condições eutróficas (32,48%) e mesotróficas (25,13%). Os valores dos nutrientes oscilaram com valores máximos e mínimos, respectivamente, de 8,01 mgN/L e 0,19 mgN/L; 0,59 mgP/L e 0,1 mgP/L. Considerando as razões atômicas N:P, 47% dos valores apontam o fósforo como fator limitante da produtividade primária, enquanto 26,5% indicam o nitrogênio. Entretanto, os nutrientes apresentam uma fraca correlação com a clorofila “a”. Ao se analisar a correlação entre a contagem de cianobactérias e os nutrientes, esta apresentou melhor relação com o fósforo (5%). As elevadas concentrações de nutrientes asseguram a eutrofização de suas águas, mas não conduzem a evolução primária, que envolve a variação de outros fatores ambientais.

**Palavras-Chave** – Reservatório, relação N:P, índice de estado trófico.

### TEMPORAL EVOLUTION OF THE LEVELS OF NUTRIENTS AND PRIMARY PRODUCTION OF WEIR AYRES OF SOUZA, Sobral, CE.

**Abstract** – The need to make sustainable management of reservoirs, one can use various tools that aid in interpretation of the limnological conditions of the ecosystem. The trophic state index evaluates the biomass concentration, which can be expressed as a function of the concentrations of phosphorus and chlorophyll “a”. This paper assesses the evolution of the trophic state of the reservoir Ayres of Sousa, using the nutrient and primary production as indicators of eutrophication process. Understood in the years 2004 to 2012, the reservoir has eutrophic conditions (32.48%) and mesotrophic (25.13%). The nutrient values had variations maximum and minimum concentrations, respectively, 8.01 mg/L to N and 0.19 mg/L to N; 0.59 mg/L to P and 0.1 mg/L to P. Considering the N:P atomic ratio values indicate 47% of phosphorus as a limiting factor of primary productivity, while 26.5% indicate nitrogen. However, the nutrients present weak correlation with chlorophyll “a”. When analyzing the correlation between the number of cyanobacteria and nutrients, this has better relationship with phosphorus (5%). High concentrations of nutrients to ensure its eutrophication of water, but do not lead primary evolution, which involves the change of other environmental factors.

**Keywords** – Reservoir, N:P relation, Trophic state index.

<sup>1</sup> Especializanda em Gestão Ambiental, Tecnóloga em Saneamento Ambiental, Técnica de NMII/Cogerh, Rua Cel. José Inácio 411, 620... Sobral, Ceará. E-mail: renata.mesquita@cogerh.com.br\*

<sup>2</sup> M.Sc. em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Eng. de Pesca, Técnico de NS/Cogerh, Rua Aduardo Batista 1550, 60824-140 Fortaleza, Ceará. E-mail rafael.oliveira@cogerh.com.br

<sup>3</sup> Mestranda em Gestão de Recursos Hídricos, Tecnóloga em Recursos Hídricos, Tecnóloga de RH/Cogerh, Rua Cel. José Inácio 411, 620... Sobral, Ceará. E-mail: lilian.rodolfo@cogerh.com.br

## INTRODUÇÃO

O Nordeste brasileiro tem uma área de 1 milhão de km<sup>2</sup>, com uma precipitação média pluviométrica de 700 mm/ano. As poucas precipitações ocorridas possuem baixa durabilidade temporal, além disso, são rapidamente perdidas devido às altas taxas de evaporação (cerca de 90% do volume precipitado) e apenas 10% desse total hídrico ficam disponíveis para a alimentação dos rios e reservatórios subterrâneos (Rebouças, 2006). Além destes fatores, há em uma periodicidade de nove em nove anos, ou até mesmo de 12 em 12 anos, a ocorrência de secas prolongadas, causando maiores transtornos sociais e econômicos (Ab'Saber, 1999).

Apesar de todas as desvantagens apresentadas, a região possui uma geologia em embasamento cristalino e bacias sedimentares, que propicia uma facilidade de escoamentos superficiais e baixa capacidade de infiltração da água no solo. Essa característica geomorfológica permitiu ao longo dos anos a construção de um número expressivo de açudes, que atualmente representa um armazenamento de aproximadamente 37 bilhões de m<sup>3</sup> de água (Suassuna, 2005). O Ceará, por sua vez, é o estado com maior volume acumulado de águas no Nordeste. Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA), em 2011 o estado possuía uma capacidade de acumulação de águas de 17.664 hm<sup>3</sup>, equivalente a aproximadamente 55% do total de acumulação da região (ANA, 2012).

Considerado uma referência em termos de política de recursos hídricos, comparado aos padrões internacionais, o atual sistema de recursos hídricos do estado possui uma Companhia, a Companhia de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (Cogerh). Dentre todas suas atribuições, merece destaque por sua rede de monitoramento qualitativo dos reservatórios e poços distribuídos nas 12 bacias hidrográficas existentes no Estado. Segundo Teixeira (2004), o monitoramento é um instrumento de gestão com caráter permanente, realizando o acompanhamento e a produção de informações sobre os aspectos quali-quantitativos da água bruta, sendo fundamental operacionalização e no processo de tomada de decisões.

Este trabalho teve como objetivo avaliar a evolução temporal do estado trófico do reservatório Ayres de Souza, utilizando os teores de nutrientes e produção primária como indicadores de causa e efeito do processo de eutrofização.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A eutrofização é um fenômeno em que a água é enriquecida por nutrientes, principalmente fósforo e nitrogênio, em uma quantidade que não se pode compensar através da mineralização total, e o processo de decomposição do excesso de matéria orgânica ocasiona a diminuição da concentração de oxigênio nas camadas mais profundas do corpo d'água (Margalef, 1983).

Segundo Esteves (2011), o processo artificial de eutrofização é uma reação em cadeia de causas e efeitos, onde o maior dano é a quebra de estabilidade dos ecossistemas, designado homeostasia. Este termo designa o equilíbrio existente no meio aquático entre a produção de matéria orgânica e o seu consumo e decomposição. Quando há a quebra desse equilíbrio, tem-se uma maior produção de matéria orgânica que o consumo/decomposição da mesma. Em relação aos nutrientes, há um acúmulo de vários elementos químicos essenciais à produtividade primária, causando alterações no metabolismo do ecossistema.

Quando ocorre de maneira natural, a eutrofização é um processo lento e contínuo, com o arraste de nutrientes para os corpos d'água através da chuva (Vollenweider, 1968). Quando se dá artificialmente, é um processo dinâmico, que acarreta mudanças qualitativas e quantitativas nas comunidades aquáticas, nas condições físicas e químicas do meio e no nível de produção do sistema podendo ser considerada uma forma de poluição (Esteves, 2011). Ela está relacionada

principalmente com a disposição de efluentes domésticos e industriais nos corpos hídricos, as atividades agropecuárias e drenagem pluvial (Andreoli *et al.*, 2005).

Dentre as consequências da eutrofização, pode-se destacar: diminuição da diversidade de espécies e modificação da biota dominante, aumento da biomassa algal, aumento da turbidez, aumento da taxa de sedimentação, desenvolvimento de condições anóxicas, maus odores, mortalidade de peixes, etc (Von Sperling, 1998; Lamparelli, 2004).

Tendo em vista a necessidade de manejo sustentável e a gestão dos reservatórios, assim como, a preservação e promoção dos múltiplos usos dos reservatórios, o monitoramento sistemático da evolução da qualidade hídrica do ambiente e sua tendência a mudanças é vital nesse processo. Desta forma, para facilitar a interpretação desses dados, o uso de “índices” facilita e permite uma melhor avaliação limnológica das condições reais do ecossistema (Duarte, 1999).

O índice de estado trófico (Carlson – 1977) utiliza uma transformação linear da transparência pelo disco de *Secchi*, que avalia a concentração da biomassa. Esse índice pode ser expresso também em função das concentrações de fósforo e clorofila “a”. Esse modelo é aplicado em lagoas de clima temperado, mas também passou a ser amplamente utilizado em corpos límnicos brasileiros, que são predominantes em clima tropical. Assim, em 1984, Toledo *et al.*, propôs uma modificação nas expressões do índice proposto por Carlson em 1977, devido a diferente dinâmica dos reservatórios dos climas temperados e tropicais. O Índice do Estado Trófico de Carlson modificado (IET<sub>M</sub>) incluiu uma expressão para o ortofosfato solúvel (Duarte, 1999; Lamparelli, 2004; PNMA, 2009).

## METODOLOGIA

### Características da Área de Estudo

Localizado no distrito de Jaibaras, zona norte do Estado do Ceará, o açude Ayres de Souza (3° 45' S e 40° 27' W) está distante cerca de 240 km da cidade de Fortaleza. O reservatório formado a partir do barramento do rio Jaibaras, foi concluído em 1936, pelo DNOCS, objetivando a regularização das águas do rio para o abastecimento da cidade de Sobral e fornecimento de água para o Perímetro Irrigado São Vicente. (Figura 01).

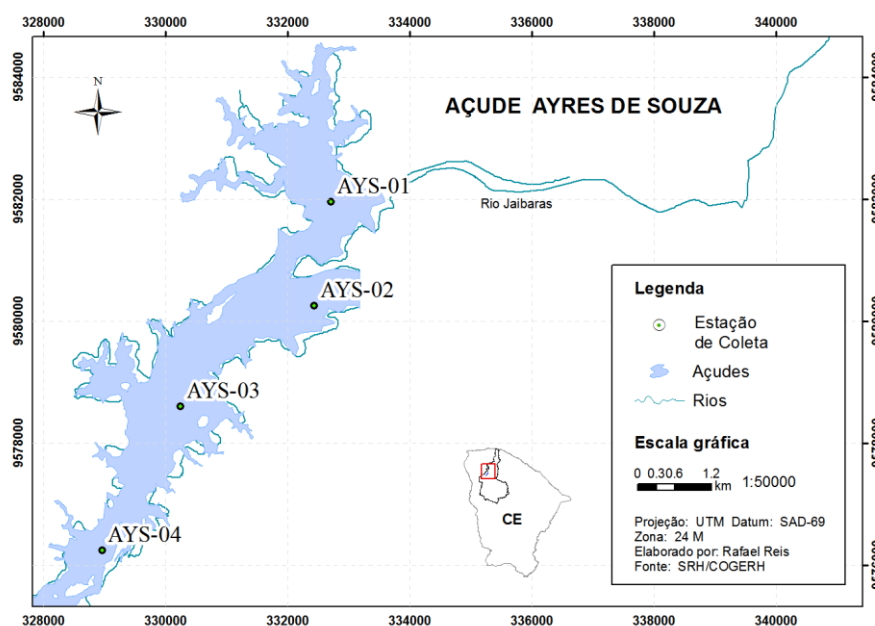


Figura 01 – Localização dos pontos monitorados do açude Ayres de Souza.

O Ayres de Souza possui uma capacidade de acumulação original de 104.430.000 m<sup>3</sup>, porém numa batimetria realizada em 2010, verificou-se que a capacidade atual de acumulação é de 96.800.000 m<sup>3</sup> (DNOCS, 1981; COGERH, 2010)

Segundo a classificação de Köppen, o clima é do tipo BSw'h', semi-árido quente, com chuvas de outono e temperatura média entre 24 e 26°C. A pluviosidade média anual é de 821,6 mm, caracterizada por uma alta variabilidade temporal e espacial, com 89,4% das chuvas concentrando-se no período de janeiro a maio.

Os solos predominantes na bacia do Jaibaras são do tipo litólico eutrófico e distrófico (árido), grande susceptibilidade à erosão, relevo acidentado, grande parte da área da microbacia limitada pela deficiência de água, pedregosidade, rochiosidade e pouca profundidade. A vegetação predominante é a caatinga arbustiva aberta (Ceará, 2005).

### Dados utilizados

Os dados utilizados no presente trabalho foram subsidiados pelo programa de monitoramento contínuo da Cogeh. A execução das atividades operacionais é realizada pela Gerência Regional da Bacia do Acaraú em Sobral, onde está inserido o açude Ayres de Souza. Vale ressaltar que durante o período amostral dos anos de 2004 a 2012 muitos intervenientes ocorreram, acarretando na interrupção das amostragens.

Para tanto, os dados disponíveis foram validados por tratamentos estatísticos no programa *Statistica*. Inicialmente se verificou a presença de “outliers”, expressão que pode ser descrita como a apresentação de valores extremos. Estes dados podem significar erros de medição ou mesmo alterações significativas da dinâmica do reservatório acarretando nessa mudança. Em seguida, foram aplicadas estatísticas descritivas nos dados, obtendo-se valores de média aritmética, desvio padrão, máximo, mínimo e coeficiente de variação. Com os dados “refinados”, foram feitos testes de correlação com o método de Pearson, onde se busca um grau de correlação entre as variáveis analisadas. ANOVA foi aplicado entre o grupo de dados para verificar diferenças significativas.

### Índice de Estado Trófico (IET)

Finalmente, após o trabalho estatístico e análise dos dados levantados, foi aplicado o IET proposto por Toledo *et al.* (1983). Assim, para este trabalho foram utilizadas as equações do cálculo dos índices de estado trófico para fósforo total e clorofila “a”.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

O gráfico apresentado abaixo (Figura 2) demonstra a evolução volumétrica de armazenamento do açude Ayres de Sousa nos anos de 2004 a 2013. Pode-se notar que dentre todos os anos, apenas em 2005, 2010 e 2012 não houve aporte suficiente para a renovação de suas águas.

Assim, comparando os valores de precipitação entre série histórica e o valor de precipitação anual (Figura 2), nota-se que mesmo estando praticamente todos os anos com valores de precipitação abaixo da média histórica, o reservatório mantém-se praticamente todos os anos com uma boa recarga hídrica, resultando em uma extrapolação do seu volume de armazenamento. Com isso, constata-se que o reservatório possui uma boa eficiência hídrica e está dinamicamente renovando seu volume armazenado.

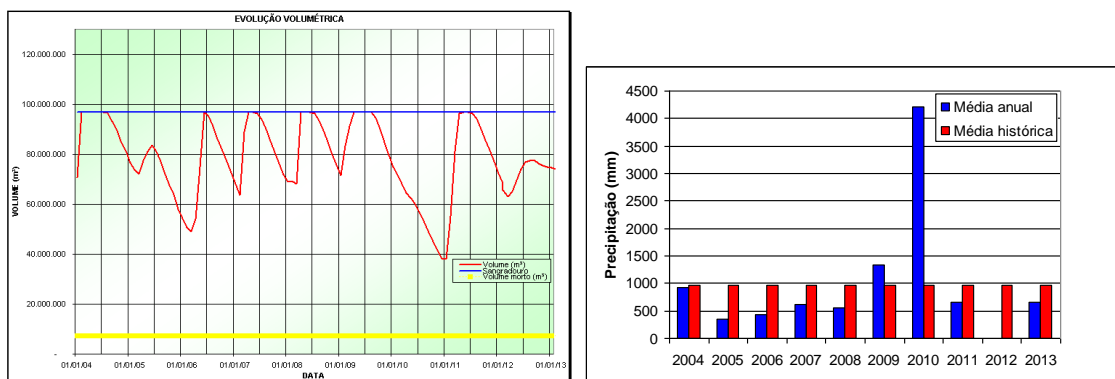


Figura 2: Índices pluviométricos e evolução volumétrica de armazenamento do açude Ayres de Sousa.

Inicialmente foram tabulados todos os dados obtidos a partir do banco de dados da Cogerh. Na Tabela 1 podem-se visualizar os valores de fósforo, nitrogênio e clorofila "a", em cada um dos pontos de monitoramento, bem como seus valores estatísticos descritivos (desvio padrão, média, máximo e mínimo). Não foi encontrada diferenças estatísticas significativas entre os quatro pontos monitorados para os parâmetros limnológicos nitrogênio total ( $F=0.8821$ ,  $p>0.05$ ), fósforo total ( $F=0.8039$ ,  $p>0.05$ ), clorofila "a" ( $F=0.9423$ ,  $p>0.05$ ) e cianobactérias ( $F=0.1934$ ,  $p>0.05$ ).

Tabela 1 - Estatística descritiva dos parâmetros analisados.

	AYS-01				AYS-03			
	D.P.	Média	Máximo	Mínimo	D.P.	Média	Máximo	Mínimo
P (mg/L)	0,11	0,11	0,4	0,1	0,13	0,12	0,4	0
N (mg/L)	3,30	3,69	7,92	0,24	3,10	3,11	8,01	0,2
Cl "a" (mg/L)	0,01	0,008	0,03	0,0009	0,01	0,0078	0,03	0,0015
Ciano (cél/mL)	35333,33	24777,13	123951,5	527,2	120045,8	86178,6	171063,8	1293,4
	AYS-02				AYS-04			
	D.P.	Média	Máximo	Mínimo	D.P.	Média	Máximo	Mínimo
P (mg/L)	0,20	0,18	0,59	0	0,18	0,18	0,57	0,013
N (mg/L)	2,91	2,93	7,82	0,19	2,46	2,63	6,85	0,47
Cl "a" (mg/L)	0,01	0,007	0,03	0,00061	0,01	0,007	0,018	0,0009
Ciano (cél/mL)	95484,2	74767,6	182667,6	1185,6	139423,8	98887,8	197475,3	300,3

Os dados constatarem variação moderada para os valores de fósforo ao longo de todo período amostral (2004 a 2012), os valores de desvio padrão em todos os pontos oscilam de 0,11 (AYS-01) a 0,20 (AYS-02). E, o valor médio de concentração de fósforo ao longo dos pontos amostrais no reservatório variaram de 0,11 a 0,18 mgP/L.

Em relação aos valores nitrogênio total, observa-se uma grande variação em suas concentrações entre todos os pontos, com valores máximos de até 8,01 mgN/L (AYS-03), e mínimo de até 0,19 mgN/L (AYS-02). O desvio padrão deste parâmetro também foi elevado, com valores compreendidos entre 2,46 (AYS-04) e 3,3 (AYS-01).

A clorofila "a", por sua vez, apresentou ao longo de todo período amostral uma baixíssima variação em seus valores de concentração. Em todos os pontos analisados, o valor de desvio padrão deste parâmetro é de 0,01, e a média dos valores de concentração são de 0,008 e 0,007 mg/L.

A contagem da densidade de cianobactérias apresentou valor de desvio padrão elevados e com grande oscilação, variando de 35333,33 (AYS-01) a 139423,8 (AYS-04). E os valores médios se concentraram entre 24.777,13 cél/mL (AYS-01) a 98.887,8 cél/mL (AYS-04). Ao longo do período amostral obteve-se a maior concentração de cianobactérias no ponto 04 (AYS-04) com uma

concentração de 197.475,3 cél/mL em 25/04/12.

Após a análise dos valores individuais de cada parâmetro analisado, foi realizada a relação atômica de N:P com base em Redfield (1958). No quadro abaixo é demonstrado a disposição da relação N:P entre os períodos amostrais no reservatório Ayres de Souza.

Tabela 2 - Demonstrativo da relação das concentrações de N:P

Relação N:P				
Data	AYS-01	AYS-02	AYS-03	AYS-04
31/08/04	19,27	24,04	72,37	20,71
24/11/04	43,84	24,28	933,50	72,23
15/03/05	123,68	432,89	72,70	34,20
16/05/05	57,94	24,91	12,96	97,15
03/08/05	-	6,55	-	3,83
04/10/05	80,53	75,21	-	-
29/11/05	10,41	5,19	5,98	4,00
01/02/06	9,84	-	-	13,41
10/05/10	-	-	-	15,77
25/08/10	18,51	17,44	16,48	14,95
09/02/12	-	5,67	8,21	7,06
Média	45,05	68,46	160,31	28,33
Máximo	123,68	432,89	933,49	97,15
Mínimo	9,84	5,19	5,98	3,83

Considerando relações abaixo de 10:1 para indicar o nitrogênio como nutriente limitante e valores muito superiores a 22:1, o fósforo como elemento essencial, verifica-se que 47% dos valores amostrados apontam o fósforo como limitante à produção primária, enquanto que 26,5% indicam o nitrogênio e os 26,5% restantes que outro aspecto ambiental pode estar influenciando no crescimento fitoplanctônico.

Ao confrontar os dados com a temporalidade, observa-se que os períodos em que as razões atômicas apontam a limitação por nitrogênio são períodos em que não existem significativos aportes de água advindos das precipitações (anos de 2005, 2006 e 2012), portanto há uma maior concentração do macronutriente (nitrogênio) no reservatório. Em contrapartida, os períodos em que apresentaram valores máximos de limitação por fósforo, são períodos temporais de intensa recarga d'água do reservatório, no final do ano de 2004 e início de 2005, quando em 2004 houve intensa precipitação e o açude ficou sangrando por aproximadamente cinco meses. Assim sugere-se que os aportes de fósforo neste período podem advir de intensificação do arraste de áreas agrícolas, efluentes domésticos ou outras fontes na bacia de drenagem do reservatório.

A análise entre os parâmetros avaliados mostrou correlações fracas entre os teores de nutrientes e clorofila "a", porém uma relação moderada e significativa entre clorofila e cianobactérias ( $p=0.52$ ,  $p<0.05$ ). Se testada a correlação entre a contagem de cianobactérias com fósforo ( $r=0.39$ ) e nitrogênio ( $r=0.26$ ) se obtém interações positivamente mais elevadas, particularmente para fósforo, porém não expressivas para nível de significância de 5% (Figura 03).

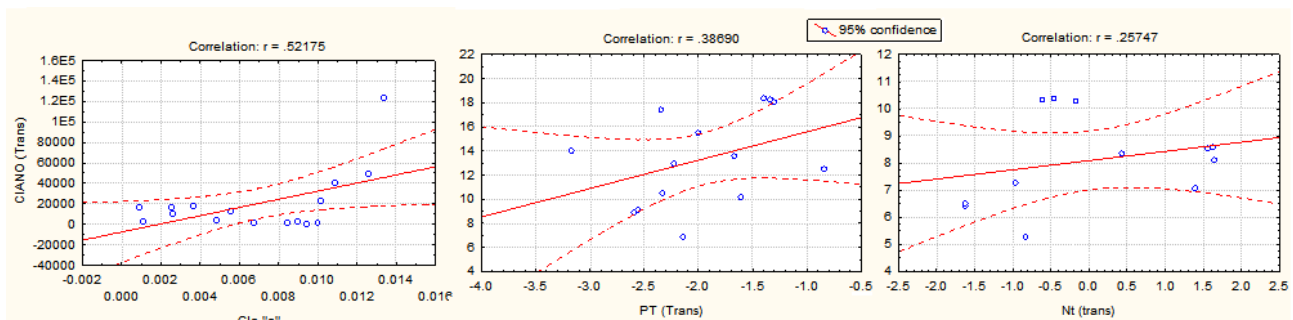


Figura 03: Correlação da contagem de cianobactérias com clorofila "a" e nutrientes (fósforo e nitrogênio).

A predominância das cianobactérias sobre os demais grupos fitoplanctônicos é comum nos reservatórios hídricos do semiárido nordestino, principalmente em ambientes eutrofizados, o que possibilita uma boa indicação do estado trófico por estes organismos aquáticos (Fernades *et al.*, 2009).

No Ayres de Souza foi possível identificar a tendência de florescimento algal com o acréscimo dos teores de nutrientes e com mais evidência para o fósforo. No entanto, vale atentar que a capacidade de fixação de nitrogênio diretamente pela atmosfera das cianobactérias e a interferência por sombreamento do material em suspensão ou turbidez da água, bem como de aspectos qualitativos como temperatura e pH, podem ter contribuído para reduzir as interações testadas pelo método de Pearson.

Considerando as correlações existentes e o respectivo nutriente limitante para o período avaliado foi possível classificar o açude Ayres de Souza como eutrófico (32,48%) e mesotrófico (25,13%). A temporalidade dos IET evidencia a flutuação do estado trófico do reservatório, mantendo a tendência de eutrofização de suas águas.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O açude Ayres de Souza é um reservatório bastante dinâmico e com boa eficiência hídrica, o que reflete em variações expressivas nos teores de nutrientes e aspectos biohidrológicos. Além do intenso uso e ocupação de sua bacia hídrica contribuinte, fatores naturais como climatologia ou geologia podem estar conduzindo esta dinâmica ambiental.

As variações ambientais monitoradas não foram fortes suficientes para causar diferenciações limnológicas significativas entre os pontos monitorados, evidenciando um processo horizontal de mistura de suas águas. A insuficiência de dados anuais, entretanto, impossibilita analisar se esta tendência ocorre sazonalmente ou apenas em ciclos nictemerais.

As elevadas concentrações de nutrientes asseguram a eutrofização de suas águas, mas não conduzem a evolução da produção primária, que responde provavelmente a variação de outros fatores ambientais. A moderada correlação encontrada entre a contagem de cianobactérias e os nutrientes, fósforo e nitrogênio total, permitiu estabelecer a relação de causa e efeito do processo de eutrofização no açude Ayres de Souza, uma vez que a clorofila "a" também quantifica este grupo de algas predominante nos reservatórios.

## REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, A. N. (1999). Dossiê Nordeste seco. In: *Estudos avançados*, 13(36), 1999. pp. 5-59.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). *Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: Informe*

2012. Ed. Especial. Brasília: ANA, 2012. 215 p.

ANDREOLI, C. V.; CARNEIRO, C. (2005). *Gestão integrada de mananciais de abastecimento eutrofizados*. Curitiba: Sanepar, 2005, 500 p.

CEARÁ (2005). Secretaria de Recursos Hídricos (SRH). *Plano Estadual dos Recursos Hídricos*. Fortaleza, 2005. CD-Rom.

COGERH. Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos. (2010). *Inventário Ambiental do açude Ayres de Sousa: Fatores condicionantes da qualidade da água*. COGERH, Fortaleza – CE, 2010, 35 p.

DNOCS. Departamento de Obras Contra a Seca (1981). *Projeto de recuperação dos solos do setor II do perímetro irrigado Ayres de Sousa, Sobral, Ceará*. Convênio DNOCS-IRYDA, v. 1, Fortaleza, 1981.

DUARTE, M. A. C.; CEBALLOS, B. S. O.; MELO, H. N. De S.; KONIG, A. (1999). Comportamento dos índices do estado trófico de Carlson (IET) e modificado (IETM) em três lagoas naturais no Nordeste do Brasil. In: *Anais do 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária*. Rio de Janeiro, RJ.

ESTEVES, F.A. (2011). *Fundamentos de Limnologia*. 3ª Ed. Interciência/FINEP, Rio de Janeiro – RJ, 2011, 790 p.

FERNANDES, V.O., CAVATI, B., OLIVEIRA, L.B., SOUZA, B.A. (2009). Ecologia de cianobactérias: Fatores promotores e consequências das florações. *Oecol. Bras.*, 13 (2), pp.247-258.

LAMPARELLI, M. C. (2004). *Grau de trofia em corpos d'água do Estado de São Paulo: Avaliação dos métodos de monitoramento*. Tese (Doutorado) – Instituto de Biociência da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2004.

MARGALEF, R. (1983). *Limnologia*. Barcelona: Editorial Ômega, 1983, 1010 p.

PNMA II (2009) – Programa Nacional do Meio Ambiente II. *Índice e indicadores de qualidade de água – Revisão da Literatura*. Brasília, DF, 2009. 114 p. Disponível em: <http://www.cprh.pe.gov.br/downloads/indice-agua-volume1.pdf> . Acesso em: 23 de abril de 2013.

REBOUÇAS, A. C. (2006). Água doce no mundo e no Brasil. In: *Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. Org. por Rebouças, A. C.; Braga, B. & Tundisi, J. G. 3ª Ed. São Paulo: Escrituras Editora, 2006, pp. 1-37.

SUASSUNA, J.(2005). Potencialidades hídricas do Nordeste brasileiro. In: *Seminários temáticos para a 3ª Conferência Nacional de C, T & I*, 2005, pp. 131-156.

TEIXEIRA, F. J. C. (2004). *Modelos de Gerenciamento de Recursos Hídricos: Análises e Propostas de Aperfeiçoamento do Sistema do Ceará*. 1ª Ed. – Brasília, 2004. 84 p.

TUCCI, C. E. M. (2001). *Gestão da água no Brasil*. Brasília: UNESCO, 2001. 156 p.

VOLLENWEIDER, R. A. (1968). Scientific Fundamentals of the eutrophication of lakes and flowing Waters, with particular reference to nitrogen and phosphorus as factors in eutrophication. In: *Tech. Report DAS/CSI/68.27*, OECD, Paris, 1968, 220 p.

VON SPERLING, M. (1998). *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 2ª Ed. - Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 1998, 243 p.