

CLASSIFICAÇÃO DO ESTADO TRÓFICO PARA O GERENCIAMENTO DE RESERVATÓRIOS NO SEMIÁRIDO: A EXPERIÊNCIA DA COGERH NO ESTADO CEARÁ

Walt Disney Paulino^{1} & Rafael Reis Alencar Oliveira² & Francimeyre Freire Avelino³*

Resumo – Um efetivo gerenciamento dos recursos hídricos busca o uso racional e sustentado de cada corpo hídrico, o que exige a associação dos aspectos quantitativos e qualitativos. Nas condições do semiárido, sob o ponto de vista quantitativo, necessita-se conviver com a escassez hídrica, já para o qualitativo, a experiência tem evidenciado a eutrofização como um desafio a ser enfrentado. Para a determinação do estado trófico comumente são utilizados índices. O índice mais conhecido e de fácil aplicação é o IET, mas que mensura apenas os nutrientes na coluna de água, desconsiderando os nutrientes retidos em plantas aquáticas, além de ter sido desenvolvido para condições diferentes daquelas reinantes no semiárido. Para superar tal limitação, o estado do Ceará, através da Rede de Monitoramento da Qualidade de Água, implementada pela Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH), utiliza o IET associado a outros aspectos ambientais para classificar o estado trófico dos reservatórios gerenciados. A inclusão da análise dos nutrientes limitantes, da contagem de cianobactérias, da presença de plantas aquáticas, do volume armazenado no açude, transparência de Secchi e o conhecimento da área pelos técnicos das gerências regionais vem se mostrando adequada e eficiente na avaliação do estado trófico dos reservatórios hídricos cearenses.

Palavras-Chave – Eutrofização, reservatório, cianobactérias.

CLASSIFICATION FOR TROPHIC STATE IN THE SEMIARID RESERVOIR MANAGEMENT: THE EXPERIENCE OF CEARÁ

Abstract – An effective management of water resources seeks the rational and sustained use of each water body, which requires the association of quantitative and qualitative aspects. At the semiarid conditions, under the quantitative point of view, one needs to live with water scarcity. Regarding quality, experience has shown the eutrophication as a challenge to be faced. In order to determine the trophic state, indexes are commonly used. The best known index is the TSI, which despite being easily applicable only measures the nutrients in the water column - disregarding the nutrients retained in aquatic plants - and also has been developed for situations that are different from those prevailing at the semiarid. To overcome such limitation, the state of Ceará - through its Water Resources Management Company (COGERH) - uses the TSI, along with other environmental aspects, to classify the trophic state of the managed reservoirs. The analysis of the limiting nutrients, cyanobacteria count, presence of aquatic plants, volume stored in the dam, Secchi transparency, and the knowledge of the area by the COGERH technicians have been proved to be appropriate and effective at the evaluation of the trophic state of Ceará's water reservoirs.

Keywords – Eutrophication, reservoir, cyanobacterias.

¹ Especialista em Gestão dos Recursos Hídricos, Eng. Agrícola, Gerente de Desenvolvimento Operacional/CoGERH, Rua Adualdo Batista 1550, 60824-140 Fortaleza, Ce. E-mail disney.paulino@cogerh.com.br

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

³ Química, Técnica de NS/CoGERH, Rua Adualdo Batista 1550, 60824-140 Fortaleza, Ceará. E-mail francimeyre.freire@cogerh.com.br

INTRODUÇÃO

Inúmeros são os fatores que caracterizam o semiárido brasileiro, no qual grande parte do território cearense está inserido. Dentre estes fatores, sob o ponto de vista hidrológico, destacam-se: rios intermitentes, grande variabilidade interanual da precipitação incidente e evaporação bastante maior que a precipitação. Estas condições afetam a qualidade das águas de reservatórios, principalmente sobre o ponto da eutrofização, que é ocasionada pela carga de nutrientes aos reservatórios.

Nas condições cearenses as fontes de nutrientes mais relevantes são: a) as descargas de esgotos domésticos; b) afluência de partículas de solos, contendo nutrientes, em decorrência de erosão hídrica; c) presença de gado, principalmente no entorno do reservatório; e d) exploração de piscicultura intensiva no espelho d'água do açude. Nas condições do semiárido a eutrofização intensifica-se pela baixa taxa de renovação da massa de água armazenada nos reservatórios, que varia a cada ano, em função da intensidade do período chuvoso.

Um efetivo gerenciamento dos recursos hídricos é feito buscando o uso racional e sustentado de cada corpo d'água, o que exige que não sejam dissociados os aspectos quantitativos dos qualitativos.

É sabido que nas condições do semiárido, sob o ponto de vista quantitativo, necessita-se conviver com a escassez hídrica. Por outro lado a experiência, obtida ao longo dos anos pela COGERH, tem mostrado que sob o ponto de vista qualitativo, necessita-se conviver com a eutrofização, que é recorrente nos reservatórios submetidos às condições semiaridas.

Comumente emprega-se o IET (Índice de Estado Trófico) para classificar o estado trófico, entretanto ao longo dos anos, com base na avaliação dos dados produzidos pela Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH), tem-se observado que nem sempre este índice responde à reais condições do reservatório avaliado. É comum deparar-se com a situação em que a quase totalidade do espelho de água está coberto por macrófitas aquáticas, entretanto na coluna de água a concentração de nutrientes é reduzida.

Diante desta problemática, a COGERH dedica especial atenção no acompanhamento do estado trófico dos reservatórios gerenciados, uma vez que é um importante indicador da qualidade das águas armazenadas e das condições ambientais em que estão submetidos.

Este trabalho tem como objetivo apresentar a experiência da COGERH no acompanhamento e avaliação do estado trófico dos reservatórios hídricos monitorados, através da utilização do Índice de Estado Trófico (IET) associado a análise de outros indicadores ambientais, ampliando, assim, o conhecimento do processo de eutrofização nos ambientes semiáridos e contribuindo para a gestão dessas importantes reservas hídricas.

AValiação DO ESTADO TRÓFICO

Os primeiros dados de qualidade de água produzidos pela COGERH datam de 1998, desde então a análise dos resultados têm mostrado que para avaliar o estado trófico dos açudes não é suficiente apenas determinar o IET, uma vez que:

- Originalmente o índice foi criado para climas temperados, posteriormente adaptado para climas tropicais, enquanto que o território cearense apresenta clima semiárido;
- O índice avalia apenas os teores de nutrientes dissolvidos na coluna d'água, desconsiderando os que encontram-se retidos nas plantas aquáticas ou substrato;

- Imprecisões ou inexatidões resultantes de erros nos trabalhos de campo ou em laboratório, mesmo havendo treinamento periódico e ensaios de proficiência e intralaboratoriais; e
- Incertezas oriundas da baixa representatividade que uma amostra possa ter em relação a massa de água armazenada no açude no momento da coleta.

Von Sperling (1994), Ceballos (1995) e Pompêo (1999) afirmam que as classificações tróficas utilizadas atualmente dão uma visão genérica da tipologia de um corpo d'água, sendo necessário para uma caracterização mais completa, a utilização de outros índices e/ou critérios sanitários, ecológicos e de produção primária.

Neste sentido, para determinar o estado trófico e para validar os resultados a COGERH considerada os seguintes aspectos: Índice de estado trófico de Carlson, adaptado por Toledo; Nutriente limitante; Contagem de cianobactérias; Intensidade de plantas aquáticas presentes no espelho d'água; Volume armazenado no açude; e Observações das gerências regionais.

IET de Carlson, adaptado por Toledo

São inúmeros os trabalhos técnico-científicos que utilizam o IET desenvolvido por Carlson (1977), com ou sem a adaptação de Toledo (1983), para classificar o estado trófico dos açudes do nordeste brasileiro. Dentre estes inúmeros trabalhos podemos citar Duarte *et al.* (1998), Vilar (2009), Barbosa *et al.* (2006) e Araújo Júnior (2009).

Os resultados do IET correspondentes ao fósforo devem ser entendidos como uma medida do potencial de eutrofização, atuando como o agente causador do processo, enquanto que a clorofila @ pode ser considerada como uma medida da resposta do corpo hídrico ao agente causador, indicando o nível de crescimento de algas em suas águas. A média dos dois índices engloba, então, de forma satisfatória a causa e o efeito do processo.

O cálculo do IET desenvolvido por Toledo, adaptado de Carlson, representa a regressão linear para as concentrações de fósforo total (IET_{PT}), clorofila @ (IET_{Cl@}) e transparência de Secchi (IET_S).

A tabela 1 apresenta os limites adotados para classificar o estado trófico, com base na transparência e nas concentrações de fósforo total (mg/L) e clorofila @ (µg/L). Os corpos hídricos classificados como oligotróficos tem suas águas com uma melhor qualidade, enquanto que os corpos hídricos classificados como hipereutrófico tem uma qualidade de água pior.

Tabela 1 - Limites e classificação para diferentes níveis de estado trófico.

Critério	Estado Trófico	Fósforo total (mg/L)	Clorofila@ (µg/L)	Transparência (m)
IET ≤ 44	Oligotrófico	≤ 0.026	≤ 3.81	> 1,7
44 < IET ≤ 54	Mesotrófico	0.027 - 0.052	3.82 - 10.34	1,1 - 1,7
54 < IET ≤ 74	Eutrófico	0.053 - 0.211	10.35 - 76.06	0,8 - 1,1
IET > 74	Hipereutrófico	> 0.211	> 76.06	< 0,8

Fonte: Adaptado de Toledo (1990).

A COGERH tem empregado a transparência como coadjuvante para validar a classe trófica.

O emprego do IET_{PT} limita-se aqueles resultados que indicam o fósforo como nutriente limitante na produção primária do reservatório avaliado.

Para definir o nutriente limitante emprega-se a "Lei do Mínimo", expressa por Liebig. Essa lei estabelece que o crescimento de um organismo é limitado pela substância disponível nas quantidades mínimas relativas às suas necessidades para crescimento e reprodução.

Von Sperling (2000) descreveu que o processo de eutrofização é conduzido pela relação entre as concentrações de nitrogênio e de fósforo, atuando como nutrientes limitantes. Esta relação é aferida a partir da estequiometria, que leva em consideração as concentrações de nitrogênio e fósforo em mol (para transformar em mol é preciso dividir as concentrações em mg/L pelas respectivas massa atômicas, que é 14 para o nitrogênio e 31 para o fósforo).

A determinação do nutriente limitante é feita considerando-se que a demanda da alga é equivalente a distribuição de nutrientes na sua biomassa. A constituição da biomassa algal é normalmente derivada da chamada relação de Redfield ($C_{106}H_{118}O_{45}N_{16}P_1$), o que vale dizer que as algas, em média, demandam 16 vezes mais nitrogênio do que fósforo. Se a relação N:P for consideravelmente superior a 16 há indicação de que o fósforo é o nutriente limitante (Von Sperlin, 2000). Da mesma forma podemos considerar que se a relação N:P for consideravelmente inferior à 16 o nitrogênio será o nutriente limitante.

No estudo desenvolvido por Lamparelli (2004), tomou-se como referência a 10:1, abaixo do qual o nitrogênio é o fator limitante, ou seja uma folga de 6:1 para atingir 16:1. Usando a mesma regra a COGERH tem considerado 22:1 como o valor consideravelmente superior, a partir do qual existe a limitação por fósforo. No intervalo entre 10:1 e 22:1 pode acontecer de ambos os nutrientes estarem em concentração limitante ou outros fatores estarem limitando a produção primária, como, por exemplo, temperatura ou radiação solar.

A COGERH para saber qual é o nutriente predominantemente limitante nas condições cearenses, avaliou 435 resultados obtidos pela sua Rede de Monitoramento da Qualidade da Água (RMQA), referentes a diversos açudes monitorados no período 01 de janeiro de 2008 a 30 de junho de 2011.

Para facilitar a avaliação da distribuição dos dados foi empregada a técnica dos percentis, que ordena os resultados e associa ao valor 0 o menor resultado e ao valor 1 o maior resultado (Tabela 2).

Tabela 2 - Alguns valores da relação N:P segundo a técnica dos percentis.

Percentil	0	0.1	0.14	0.2	0.3	0.35	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
N:P	1.0	7.5	10.0	13.0	18.7	22.0	24.4	30.0	41.0	54,5	83.1	152.4	820.7

Os dados indicam que para 14% das relações N:P o nitrogênio foi o nutriente limitante e 65% o fósforo atuou como o nutriente limitante. A diferença permite inferir que predominantemente o fósforo tem limitado a evolução da eutrofização nos açudes cearenses.

Geralmente em corpos hídricos tropicais que recebem descargas de esgotos verifica-se que o nitrogênio assume o papel de nutriente limitante na eutrofização. Isto porque nos esgotos domésticos a relação N:P é de 8, ou seja, bastante inferior à relação na biomassa das algas (Von Sperling, 2000).

Contagem de cianobactérias

Os resultados de qualidade de água produzidos pela rede de monitoramento da COGERH, indicam que o estado trófico do açude está diretamente relacionado com a contagem de cianobactérias. Quanto maior for a contagem de células, maior será a tendência para a eutrofização. Fatores como a predominância de cianobactérias sobre as demais espécies e a reduzida biodiversidade também são importantes indicadores do elevado estado trófico do corpo hídrico.

Desta forma foi aplicado a contagem de cianobactérias para validar a classe trófica estimada pelo IET, bem como para preencher falhas decorrentes da ausência de dados ou confirmar informações duvidosas.

A indicação do estado trófico a partir da contagem de cianobactérias foi fundamentada por correlações significativamente positivas entre contagem de cianobactérias e teores de clorofila @ nos reservatórios monitorados ($r=0.68$; $p<0.01$). A Figura 1 apresenta o diagrama de dispersão dos dados.

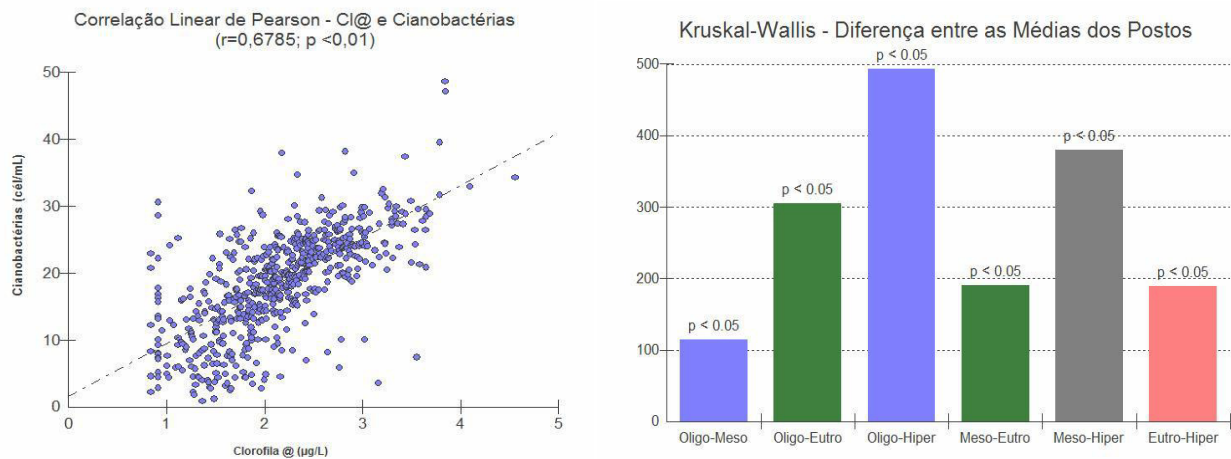


Figura 1 - (a) Coeficiente de correlação linear entre clorofila @ e contagem de cianobactérias (resultados em raiz quadrática) ; (b) Teste ANOVA *Kruskal-Wallis* para avaliação das médias entre as classes de trofia.

Para a associação das classes tróficas com os intervalos da contagem de cianobactérias tomou-se como referência o intervalo da concentração de clorofila-a para cada classe trófica (Tabela 1) e a correlação entre as concentrações de clorofila-a e de cianobactérias (Figura 1a), obtendo a tabela 3 que apresenta os intervalos da contagem de cianobactérias associadas às respectivas classes tróficas propostas.

Tabela 3 - Limites para diferentes níveis de estado trófico, segundo a contagem de cianobactérias.

Ordem	Classe Trófica	Contagem (cél/mL)	Descrição
1	Oligotrófico	até 20.000	Número baixo de cianobactérias
2	Mesotrófico	Entre 20.00 e 80.000	Número médio de cianobactérias
3	Eutrófico	entre 80.000 e 400.000	Número alto de cianobactérias
4	Hipereutrófico	acima de 400.000	Número muito alto de cianobactérias

Para avaliar a qualidade dos intervalos da contagem foi empregado o método estatístico não paramétrico *Analyses of Variance* - ANOVA de *Kruskall-Wallis*. A significância entre os grupos, de acordo com os intervalos considerados, foi testada pelo método de *Dunn*, pois é mais conservador e retifica o valor da significância de acordo com o número de amostras (Figura 1).

O valor encontrado pelo teste foi altamente significativo ($p=0,0001$), resultando em diferenças consideráveis entre os intervalos de dados propostos. A comparação múltipla entre os grupos também apresentou diferenças significativas ($p<0,05$), demonstrando que a variância dos dados pertencente a cada classe trófica proposta pelo número de cianobactérias foi suficiente para caracterizá-los distintamente. Como esperado as diferenças obtidas aumentaram conforme se cresceu no estado trófico, permanecendo a maior alteração entre as classes Oligotrófica e Hipereutrófica.

Ao aplicar o mesmo método aos intervalos de classe definidos pelos critérios de Toledo (1990), se obteve resultados semelhantes, com exceção da comparação múltipla entre os grupos que acusou diferenças não relevantes entre as classes Oligotrófico e Mesotrófico. Este fato, em uma análise mais

ampla, demonstra a eficiência em se classificar ambientes sobre os efeitos do processo de eutrofização pela floração de cianobactérias e também mostra boa sensibilidade desta classificação, especialmente para ambientes poucos eutrofizados.

Intensidade de plantas aquáticas presentes no espelho d'água

As plantas aquáticas têm a capacidade de reter nos seus tecidos nutrientes que antes estavam disponíveis na coluna de água ou no sedimento, de acordo com as suas características. Em decorrência deste fato, a intensidade da presença de plantas aquáticas pode ser o fator determinante na definição do estado trófico vigente no ponto amostrado. As plantas aquáticas, de acordo com a intensidade de abrangência no espelho de água, podem desempenhar importante papel na ciclagem de nutrientes. Na sua senescência liberam nutrientes para a coluna de água.

Nas visitas a campo as equipes da COGERH observam a ocorrência e a intensidade da presença de plantas aquáticas no espelho de água, o que também é empregado para avaliar o estado trófico.

Volume armazenado no açude

A análise do estado trófico ao longo dos anos de atuação da COGERH permite a correlação entre a redução do volume de água armazenada no reservatório, principalmente pela ação da evaporação, com a deterioração da qualidade das águas. Principalmente quando o volume atinge níveis abaixo de 20 % de sua capacidade de armazenamento.

A variação do volume armazenado indica diretamente a intensidade com que ocorre a renovação da massa de água de um açude. A medida que o volume aumenta, maior é a renovação e melhores são os aspectos ambientais a médio e longo prazo do ecossistema hídrico.

A renovação da massa de água é um fator relevante na evolução da qualidade da água, ao mesmo tempo em que é um fator em que pouco se pode atuar para modificá-lo, por ser bastante relacionado com as condições ambientais, o que torna praticamente uma característica de cada reservatório.

Como exemplos do efeito da renovação da massa de água podem analisar os açudes Acaraú Mirim e Poço da Pedra, municípios de Massapê e Campos Sales respectivamente. Ambos possuem características semelhantes (volume hídrico, sede municipal à montante, padrão de uso e ocupação dos solos), mas se diferenciam pela eficiência hídrica. No período de 13 anos (1999-2011) o açude Acaraú Mirim sangrou 12 vezes enquanto o Poço das Pedras apenas 1 vez. O reflexo dessa renovação resulta em águas com melhor qualidade para o açude Acaraú Mirim em relação ao açude Poço da Pedra.

O tempo de residência hidráulica é a estimativa que quantifica a renovação da massa de água. Quanto maior a média do tempo de residência, maior a permanência da água e, conseqüentemente, menor será a intensidade de renovação. Os dados estimados pela COGERH indicam tendência à deterioração da qualidade da água, na medida em que o tempo de residência é ampliado.

Observações das gerências regionais

Tendo em vista que as gerências regionais da COGERH realizam trabalhos de campo relacionados à coleta de amostras de água nos reservatórios sob sua responsabilidade, bem como para com os usuários das águas servidas por estes açudes, podemos inferir que esta proximidade permite que os técnicos e a instituição detenham grande conhecimento das condições ambientais a que cada açude está submetido.

Este acompanhamento subsidia, portanto, o monitoramento *in loco* da evolução dos aspectos de qualidade de água do corpo hídrico gerenciado, bem como dos fatores que influenciam esta qualidade, tais como, a intensidade da ocorrência de gado no seu entorno, a intensidade de tratamento que está sendo exigida para tornar a água potável, a floração excessiva de macrófitas aquáticas, mudanças aparentes na cor da água, o lançamento de efluentes e resíduos na bacia hídrica do açude, etc.

Diversos são os fatores que permitem caracterizar o estado trófico de um reservatório, conforme pode ser visto na tabela 4. A avaliação em conjunto dos fatores constantes na tabela 4, com base nas observações de campo, nos resultados laboratoriais e nos dados do monitoramento, também servem como subsídios para estabelecer o estado trófico numa determinada campanha.

Tabela 4 - Características de reservatórios para diferentes níveis de trofia

	Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Hipereutrófico
Nutrientes	Baixa concentração, reciclagem lenta	Média concentração, reciclagem lenta	Alta concentração, reciclagem acelerada	Concentração muito alta, reciclagem acelerada
Iluminação	Alta transparência na zona eufótica	Transp. limitada por turbidez (a)biogênica	Zona eufótica limitada por turbidez biogênica	Zona eufótica limitada alta turbidez biogênica
Alga verde, Cianofíceas	Baixa	Variável	Alta	Bastante alta
Macrófitas	Baixa	Variável	Alta ou Baixa	Baixa
Dinâmica do oxigênio na camada superior	Normalmente saturado	Variável em torno da saturação	Frequentemente supersaturado	Bastante instável, de supersaturado a ausente
Dinâmica do oxigênio na camada inferior	Normalmente saturado	Variável abaixo da saturação	Abaixo da saturação ou completamente ausente	Bastante instável, de supersaturado a ausente
Prejuízos aos múltiplos usos	Baixo	Variável	Alto	Bastante Alto

Fonte: Adaptado de Von Sperling (1994).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A determinação do estado trófico de cada reservatório monitorado pela COGERH é feita com base na avaliação de todas as informações levantadas em cada campanha. Estas informações se complementam e servem para validar o estado trófico determinado para cada campanha.

A experiência que a COGERH tem acumulado ao longo de vinte anos tem mostrado que a definição do estado trófico não se resume ao simples emprego de uma equação, é preciso ter uma visão mais abrangente para classificar o estado trófico de uma forma mais precisa, enquanto que não se tem índices estabelecidos para as condições reinantes no território cearense, que predominantemente está inserido na região semiárida.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO JÚNIOR, R. J. (2009) *A evolução temporal dos níveis Tróficos do açude e Epitácio Pessoa, semi-árido paraibano*. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual da Paraíba. 70p.
- BARBOSA, J.E.L., ANDRADE, R.S., LINS, R.P. & DINIZ, C.R. (2006). Diagnóstico do estado trófico e aspectos limnológicos de sistemas aquáticos da Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá, trópico semi-árido brasileiro. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, Suplemento Especial (1), pp. 81-89.
- CARLSON, R. E. (1977). A trophic state index for lakes. *Limnol. Oceanogr.* (22), pp. 361-369.

- CEBALLOS, B. S. O. (1995). *Utilização de Indicadores Microbiológicos na Tipologia de Ecossistemas Aquáticos do Trópico Semi-Árido*. São Paulo, SP. Tese de Doutorado. Instituto de Ciências Biomédicas II - USP, SP. 192p.
- DUARTE, M. A. C.; CEBALLOS, O.; SUSANA, B.; ANNEMARIE, K.; MELO, H. N. M.; ARAÚJO, J. A. H. (1998). IET aplicado em corpos aquáticos lênticos do nordeste do Brasil. In *Resumes Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental*, 26, Lima. AIDIS, 1998. p.1-5.
- LAMPARELLI, M.C. (2004). *Grau de trofia em corpos d'água do Estado de São Paulo: Avaliação dos métodos de monitoramento*. Tese de doutorado. Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 207 p.
- POMPÊO, M.L.M. (1999). O disco de Secchi. *Bioikos*, 13(1-2), pp. 40-45.
- TOLEDO JR., A. P. (1990). *Informe preliminar sobre os estudos para a obtenção de um índice para avaliação do estado trófico de reservatórios de regiões quentes tropicais*. São Paulo, CETESB, 12p.
- TOLEDO JR., A.P. de & TALARICO, M. & CHINEZ, S.J. & AGUDO, E.G. (1983). A aplicação de modelos simplificados para a avaliação de processo da eutrofização em lagos e reservatórios tropicais. In *Anais Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, Camboriú, Nov. 1983, 12, pp.1-34.
- VILAR, M. S. A. (2009). *Condições ambientais e da qualidade da água no processo de eutrofização de açudes em cascata no semiárido paraibano*. Dissertação de Mestrado.UFPA, 104p.
- VON SPERLING, E. (1994). Avaliação do Estado Trófico de Lagos e Reservatórios Tropicais. *Bio-Engenharia Sanitária e Ambiental (Encarte Técnico)*, 11, pp.68 - 76.
- VON SPERLING, E. (2000). Uso de relações limnológicas para avaliação da qualidade da água em mananciais de abastecimento. In *Anais Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, Nov. 2000, 21.