

AVALIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE CLOROFILA *a* E DO IET DURANTE O PERÍODO CHUVOSO NO RESERVATÓRIO DA USINA HIDRELÉTRICA BARRA DOS COQUEIROS – CAÇU GO

Susy Ferreira Oliveira¹; João Batista Pereira Cabral²; Pollyanna Faria Nogueira³

RESUMO - A eutrofização é um fenômeno que afeta rios, lagos, reservatórios e tanques de abastecimentos, na superfície e águas costeiras. UHE Barra dos Coqueiros é uma usina de potência de 90 MW, situada no sudoeste do estado de Goiás, onde o reservatório de água é o objeto deste estudos. Para tanto, o enriquecimento, por nutrientes, dos corpos d'água acarreta o desenvolvimento excessivo de algas ou macrófitas aquáticas as quais podem prejudicar o uso para o consumo humano, produção de energia, recreação e proteção da vida aquática, tal fenômeno é chamado de eutrofização que pode ser mensurado através do Índice de Estado Trófico (IET), que neste trabalho foi calculado utilizando a concentração de clorofila *a* por meio da proposta de Carlson (1977) adaptada por Lamparelli (2004) com coletas feitas no período chuvoso. As concentrações de clorofila *a* variou de 0,4 a 8,0 $\mu\text{g.L}^{-1}$ e mais de 90% da área do reservatório foi classificada no IET em mesotrófico. A deterioração da qualidade de água também implica em maiores custos no seu tratamento, redução na capacidade de produção de energia, podendo ainda provocar intoxicação por algum tipo de algas desenvolvidas no ambiente aquático.

Palavras-chave: clorofila *a*, eutrofização, reservatório.

EVALUATION OF THE CONCENTRATION OF CHLOROPHYLL *a* THE TSI DURING THE RAINY IN RESERVOIR DAM POWER PLANT BARRA DOS COQUEIROS – CAÇU GO

ABSTRATE - Eutrophication is a phenomenon that affects rivers, lakes, reservoirs and ponds supplies, surface and coastal waters. UHE Barra dos Coqueiros is a plant output of 90 MW, located in the southwest of the state of Goiás, where the water reservoir is the object of this study. Therefore, the enrichment by nutrients, water bodies causes overgrowth of algae or aquatic weeds which may impair the use for human consumption, energy production, recreation and protection of aquatic life, such a phenomenon is called eutrophication which can be measured through the Trophic State Index (TSI), which in this study was calculated using the concentration of chlorophyll *a* a proposal by Carlson (1977) adapted by Lamparelli (2004) with collections made during the rainy season. The chlorophyll concentrations ranged from 0.4 to 8.0 $\mu\text{g.L}^{-1}$ and over 90% of the area of the reservoir was placed in the EIT mesotrophic. The deterioration of water quality also implies higher costs in their treatment, reduction in production capacity of energy and can also cause poisoning developed some kind of algae in the aquatic environment.

Keywords: chlorophyll *a*, eutrophication reservoir.

INTRODUÇÃO

No Brasil as décadas de 60 e 70 foi o período de grandes construções de reservatórios de água, principalmente para fins de produção de hidroeletricidade e abastecimento humano. Muitos destes reservatórios estão em atividades produzindo inúmeros benefícios locais e regionais (TUNDISI, 2007).

Portanto, o planejamento de curto prazo, conhecido como Plano Decenal de Geração – PDG, com horizonte de 10 anos, inicia-se a partir da aprovação dos estudos de inventário e de viabilidade. Empresas contratadas elaboram os projetos básicos e fazem ajustes nos cronogramas de implantação dos aproveitamentos, em função da evolução do mercado consumidor de energia, estimado também pela ELETROBRÁS, por meio do Comitê Técnico de Estudos de Mercado – CTEM (ELETROBRÁS, 2004).

O aproveitamento da água para a geração de energia elétrica encontrou no território brasileiro e goiano um importante campo para o desenvolvimento e consolidação das PCHs (Pequenas Centrais Hidrelétricas) e UHEs (Usinas Hidrelétricas). Todavia, a construção de grandes ou pequenos empreendimentos hidráulicos pode alterar as condições naturais do curso fluvial. Dentre estas alterações está a proliferação de algas e macrófitas aquáticas e conseqüentemente o aumento da produção de clorofila e eutrofização do ambiente aquático.

Branco e Rocha (1977), afirmam ainda que a construção de represas, de um lado, significa o progresso através da produção de energia elétrica, abastecimento de água potável, da irrigação regularização da vazão dos rios, possibilitando o controle das enchentes, mas que traz como consequência, uma série de alterações de caráter hidrológico, com repercussões climáticas e ecológicas que podem afetar flora e fauna tanto aquática quanto terrestre.

Ainda, devido à disponibilidade de energia, poder-se-á haver um aumento populacional e industrial elevando assim a produção de esgotos domésticos e industriais e outros poluentes que contribuem para o enriquecimento de nutrientes no reservatório.

O aumento da demanda energética tem sido uma das principais causas das construções de inúmeros reservatórios para usinas hidrelétricas. Reservatórios dessa natureza se constituem em ecossistemas de grande importância, pois neles se constata consideráveis modificações na estrutura ecológica do ambiente lótico, principalmente as interações dos ecossistemas terrestre/lacustre (GUIMARÃES JR. et al. 1998).

Segundo Tundisi, Matsumura-Tundisi e Rocha, (2006), as principais bacias hidrográficas do Brasil estão reguladas pela construção de reservatórios isoladamente ou até mesmo em cascata, provocando impactos quantitativos e qualitativos e alterando o fluxo hídrico da região.

De acordo com Straskraba, Duncan e Tundisi, (1993), inicialmente, a construção de hidrelétricas e a reserva de água para diversos fins foi o principal propósito. Nos últimos vinte anos, os usos múltiplos desses sistemas diversificaram-se, ainda mais, ampliando a importância econômica e social desses ecossistemas artificiais e ao mesmo tempo introduzindo novas complexidades no seu funcionamento e impactos.

Por fim, o planejamento de curto prazo, conhecido como Plano Decenal de Geração – PDG, com horizonte de 10 anos, inicia-se a partir da aprovação dos estudos de inventário e de viabilidade. Empresas contratadas elaboram os projetos básicos e fazem ajustes nos cronogramas de implantação dos aproveitamentos, em função da evolução do mercado consumidor de energia, estimado também pela ELETROBRÁS, por meio do Comitê Técnico de Estudos de Mercado – CTEM (ELETROBRÁS, 2004).

A construção de um reservatório promove uma série de mudanças no ambiente aquático de um rio. Que segundo Tundisi e Matsumura-Tundisi, (2008), com a construção da barragem o reservatório apresenta uma série de alterações ocorrendo assim diminuição da corrente e aumento das condições lacustres.

A transformação do ambiente lótico em lêntico promove uma série de alterações espaço-temporal no rio tais como aumento da taxa de sedimentação, a inundação de áreas florestais e agrícolas, alterações físicas e químicas no meio aquático e modificações substanciais na fauna e na flora silvestre dentre as mudanças provocadas no ambiente lêntico está a eutrofização (ESTEVES, 1998).

A eutrofização tem provocado a deterioração dos ecossistemas aquáticos e produzido impactos ecológicos, econômicos, sociais e na saúde pública (TUNDISI 2005, p. 81). A mensuração da eutrofização de ambientes aquáticos é por meio da determinação do Índice do Estado Trófico (IET) que é o a avaliação do grau de trofia, ou seja, busca resumir as variáveis analisadas a um número, que possibilite analisar a evolução do ambiente no tempo e no espaço e que possa facilitar a interpretação de extensas listas de variáveis e indicadores (GASTALDINI; SOUZA, 1994).

Para se avaliar o índice do estado trófico do reservatório da UHE Barra dos Coqueiros foram utilizadas as propostas de Carlson (1977) e adaptada por Lamparelli (2004). O IET segundo proposta original pode ser calculado com uma ou mais variável, neste trabalho foi utilizado a clorofila *a* para mensuração do IET.

Portanto, a avaliação da qualidade da água através do índice do estado trófico do reservatório da UHE Barra dos Coqueiros, que entrou em funcionamento em junho de 2010, além de servir para o estabelecimento de políticas ambientais, os resultados desta pesquisa podem ser utilizados para informar o público usuário do reservatório, práticas de atividades de lazer, que fazem uso da água para consumo humano e animal, e a empresa responsável pela UHE da real situação do grau de trofia do reservatório, visto que a resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005 estabelece parâmetros aceitável para cada classe de água.

OBJETIVO

Verificar a variação espaço temporal da concentração de clorofila *a*, no período chuvoso no reservatório da UHE Barra dos Coqueiros.

Avaliar o índice de trofia do reservatório a partir da variável clorofila *a* segundo Carlson (1977) adaptado por Lamparelli (2004).

METODOLOGIA

Clorofila *a*

Foi realizado trabalho de campo no dia 12 de janeiro de 2012, onde ocorreu a coleta das amostras que foram resfriada e preservadas em isopor e sob pouca iluminação até o momento da filtragem.

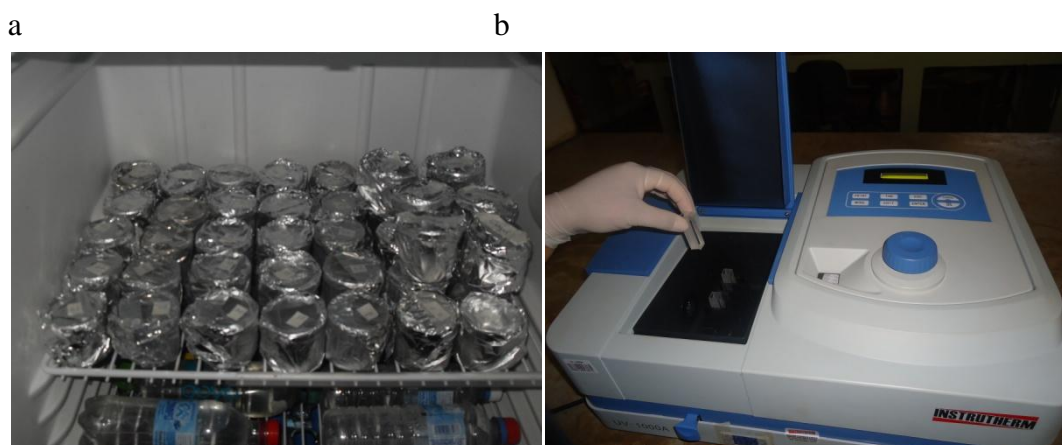
O método para a determinação da Clorofila *a* foi o apresentado por Yunes e Araújo [s/d] com base em Mackinney (1941), Paranhos (1996) e Chorus (1999). As amostras de água foram coletadas e mantidas resfriadas até a filtragem, que ocorreu logo após, no final da coleta. Recomenda-se que caso não possa ser filtradas imediatamente, deverão ficar mantidas no escuro e sob refrigeração, por não mais que 8 horas.

Os procedimentos de filtragem e extração de pigmentos foram realizados sempre sob fraca iluminação. Para a filtragem utilizou se filtro de fibra de vidro AP20 Millipore de 47 mm de diâmetro com capacidade de retenção nominal 0,8 a 8,0 micra. O volume da amostra, 200 ml, deve ser despejado até que o filtro não permita mais a passagem da amostra, ou seja, alcançado um volume previamente estabelecido (a filtragem não deve demorar mais de 15 minutos). O filtro então foi removido e colocado sobre um papel absorvente para retirada do excedente da umidade. A extração dos pigmentos não foram feitas na sequência por isso foram envolvidos em papel alumínio (dobrando - os ao meio com os pigmentos voltados para dentro) a metodologia descreve que pode congelá-los por no máximo 3 meses.

Para a extração do pigmento da clorofila *a* colocou-se filtros dentro de frascos, adicionou 10 ml de metanol, tampou e os envolveu em papel alumínio que permaneceu refrigerado, por um período cerca de 12 a 24 horas (foto 4 a). Para a leitura da absorbância, no espectrofotômetro os filtros foram retirados da refrigeração, e o sobrenadante foi pipetado e colocado nas cubetas do espectrofotômetro. Com base em Mackinney (1941), Yunes e Araújo [s/d] explica que a absorbância

da Chl-a ocorre em 663 nm e a turbidez das células das cianobactérias em 750 nm. Para o cálculo da concentração de clorofila em $\mu\text{g.L}^{-1}$ é levado em consideração as medições do espectrofotômetro, o volume de pigmentos extraídos e o volume filtrado, conforme apresentado na Equação 1. Nos experimentos realizados utilizou-se o Espectrofotômetro modelo UV – 1000A com faixa de operação entre 320 a 1100 nm da Instrutherm (foto 1 b).

Foto .1 a b –frascos com os filtros mergulhados em metanol envolvidos em papel alumínio e sendo refrigerados(a); Espectrofotômetro utilizado para leitura da absorvância (b);



A leitura realizada pelo espectrofotômetro é através da absorvância que aplicada a formula obtém – se a concentração de clorofila *a*.

$$Chl\ a\ (mg/L) = \frac{[A(663-750) \cdot 12,63\ Vol.\ Extração\ (mL) \cdot 1000]}{Vol.\ Filtrado\ (mL)} \quad (01)$$

Onde: A: absorvância em 663 e 750 nm; 12,63: constante; Vol. Extração: volume de metanol utilizado; Vol. Filtrado: volume de água filtrada.

De posse dos dados de clorofila *a* calculou-se o IET segundo Lamparelli (2004), na seguinte formula:

$$IET\ (CL) = 10 \cdot \left(6 - \frac{(0,92 - 0,34 \cdot (\ln CL))}{\ln 2} \right) \quad (02)$$

Os valores equivalentes a cada classe determinados por Lamparelli (2004), está na Tabela 1e sua respectiva classificação trófica.

Tabela 1 - equivalência do IET para as medidas da variável clorofila *a* em reservatórios.

NÍVEL TRÓFICO	IET	Clorofila <i>a</i> $\mu\text{g.L}^{-1}$
Ultraoligotrófico	≤ 47	$\leq 1,17$
Oligotrófico	$47 < IET \leq 52$	$1,17 < Cl \leq 3,24$

Mesotrófico	52<IET≤59	3,24<CI≤11,03
Eutrófico	59<IET≤63	11,03<CI≤30,55
Supereutrófico	63<IET≤67	30,55<CI≤69,05
Hipereutrófico	>67	>69,05

RESULTADOS

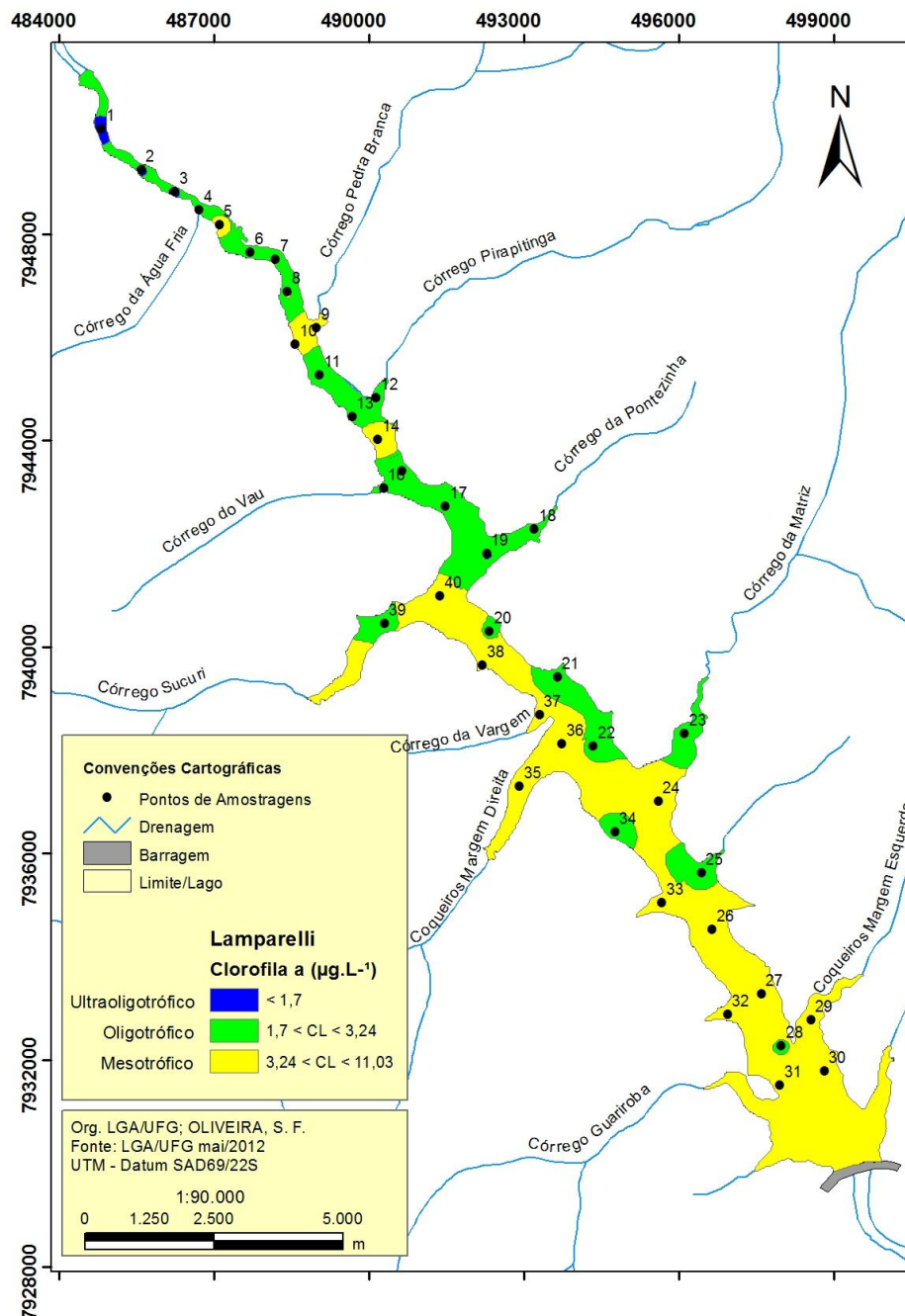
As menores concentrações de clorofila *a*, estão entre 0,4 a 1,3 $\mu\text{g.L}^{-1}$, que foram nos pontos 1, 2, 3, 16, 18, 19 e 21, que foram classificadas em ultraoligotrófica. A maior concentração de clorofila *a* foi no ponto 38 com 8 $\mu\text{g.L}^{-1}$ que foi classificada como mesotrófico. Mesmo a maior concentração é inferior a média encontrada por Lamparelli (2004) que foi de 18,24 $\mu\text{g.L}^{-1}$, sendo que mínimo foi de 0,05 $\mu\text{g.L}^{-1}$ e o máximo foi 566,57 $\mu\text{g.L}^{-1}$, portanto, muito superior ao desta pesquisa.

Delello (2008), encontrou concentrações de clorofila *a* entre 8,13 a 12,20 $\mu\text{g.L}^{-1}$, sendo que os menores valores foram no mês de maio e as maiores no mês novembro, No mês de maio foram encontrados valores com a máxima de concentração de 0,21 $\mu\text{g.L}^{-1}$ e de mínima de 0,01 $\mu\text{g.L}^{-1}$ em pontos distintos, a autora atribuí tal fator ao aumento da concentração da fração orgânica do material em suspensão.

Lopes (2007), no estudo em três lagos no Parque Estadual da Fonte do Ipiranga – SP, obteve uma variação entre 0,001 a 601,42 $\mu\text{g.L}^{-1}$, as concentrações mais altas foram encontradas no período da primavera ocorrendo um decréscimo no verão.

Na classificação feita, utilizando os valores de equivalência proposto por Lamparelli (2004), da variável clorofila *a* obteve-se três classes ultraoligotrófico, oligotrófico e mesotrófico, que proporcionalmente foi de 2,93%, 31,44% e 67,64% respectivamente, do total da área analisada, figura 1.

Figura 1: Espacialização da concentração de clorofila *a* no reservatório da UHE Barra dos

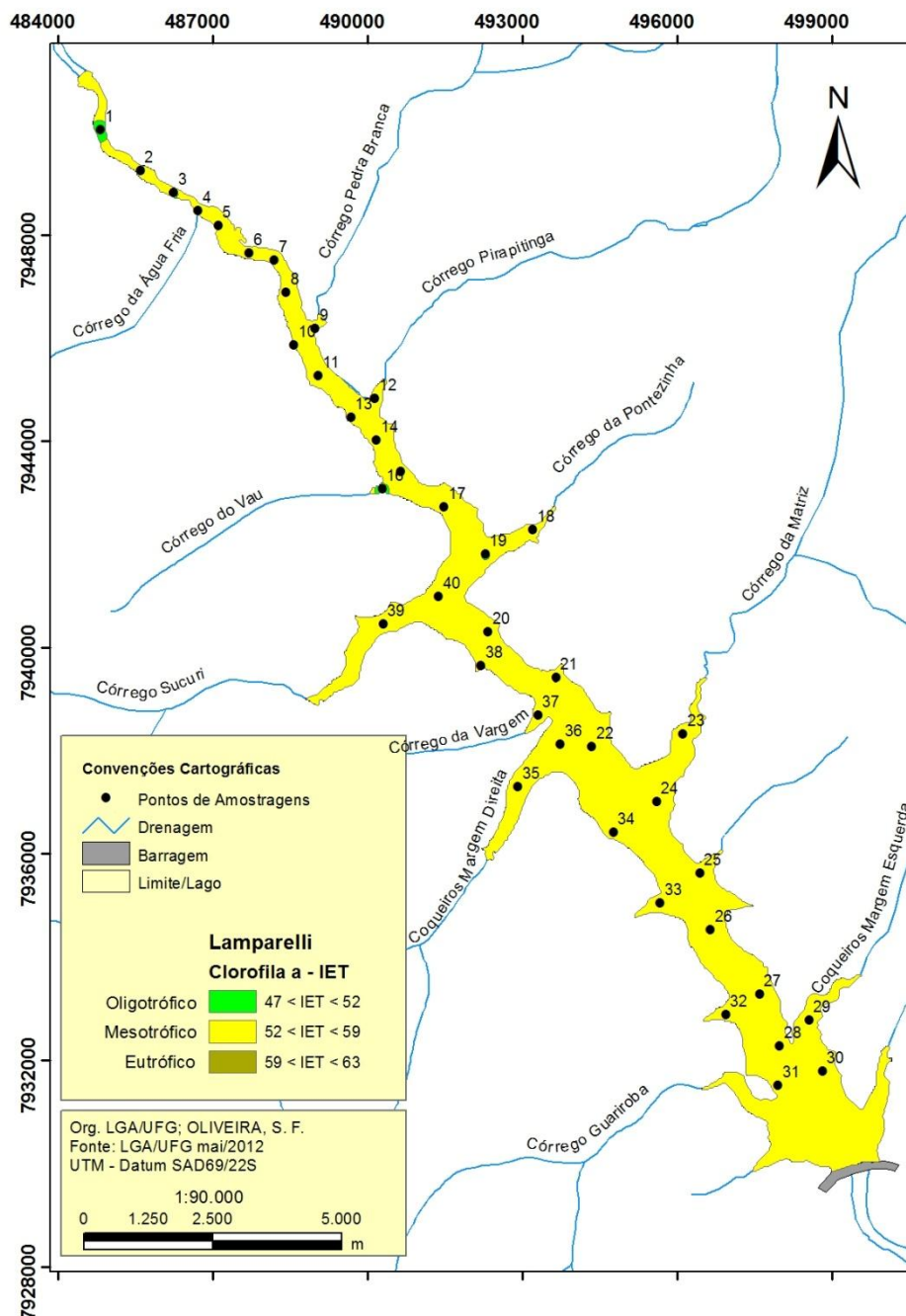


Coqueiros

O índice do estado trófico calculado a partir da variável clorofila *a* está acima de 90% de toda a área do reservatório na classificação como mesotrófico, as demais classes tem uma representatividade menor que 3% do total da área do reservatório, figura 2.

Tal fato demonstra que sendo a classificação do IET da clorofila *a*, possivelmente é justificado devido o reservatório ser ainda “novo” houve pouca proliferação de macrófitas, fitoplanctons e algas, mas tais valores provavelmente sofrerá alteração em função da variável, caso permaneça ou se intensifique a concentração em período de seca em que o nível do reservatório esteja menor.

Figura 2: Espacialização do IET a no reservatório da UHE Barra dos Coqueiros



CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Tais resultados apresentados neste trabalho de avaliação da qualidade da água do reservatório Barra dos Coqueiros, é uma parcial de uma serie de estudos feitas semestralmente, período seco e período chuvoso;
- Outros parâmetros são correlacionados a clorofila a e ao IET, em outros trabalhos;

REFERÊNCIAS

- BRANCO, S.M; ROCHA, A. A. **Poluição, proteção e usos múltiplos de represas**. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 1977. p. 185.
- CARLSON, R. E. A trophic state index for lakes. *Limnology and Oceanography*, v.22 (2), 1977. p. 361 – 369.
- CONAMA. **Conselho Nacional do Meio Ambiente. Ministério do Meio Ambiente**. Resolução nº 357, 17 de março de 2005. Disponível em: <www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf> Acesso em: 05 out.2011.
- DELELLO, D. **Composição e distribuição (espacial e temporal) de macrófitas aquáticas no reservatório do Lobo (Broa), Itirapina, SP**. 2008. 160 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.
- ESTEVES, F. de A. **Fundamentos de limnologia**. Interciência. 2, Ed. Rio de Janeiro RJ, 1998.
- GASTALDINI, M. C.C; SOUZA, M.D.S. Diagnóstico do Reservatório do Vacaí-Mirim através de índices de qualidade de água. In: Seminário sobre qualidade de águas continentais no Mercosul, 1. 994., Porto Alegre. Anais... Porto Alegre, 1994. p. 86-90.
- GUIMARÃES JR, C; LEOPOLDO, R. P; CRUZ, A. J; FONTANA, S. C. Aspecto limnológico do reservatório de Ibitinga-SP. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. V.3 n.1 jan/mar, 1998. p.89-103
- LAMPARELLI, M. C. Grau de trofia em corpos d'água do Estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento. São Paulo, 2004. Tesse (Doutorado em Ciências na Área de Ecossistemas Terrestres e aquáticos) – USP. 2004.
- LOPES, A. G. D. **Estudos da comunidade fitoplanctônica como bioindicador de poluição em três reservatório em série do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI), São Paulo, SP**. 2007. 137 f. Dissertação (Mestre em Saúde Pública) Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.
- STRASKRABA, M; TUNDISI, J. G; DUNCAN, A. **Comparative reservoir limnology and water quality management**. Kluwer Academic Publisher. 1993.
- TUNDISI, J. G; MATSUMURA-TUNDISI, T; ROCHA, O. Ecossistemas de águas interiores. In: REBOUÇAS, A. da C; BRAGA, B; TUNDISI, J. G. (org.) **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. Escrituras: São Paulo, 2006. p. 161-202.
- TUNDISI, J. G.; MATSUMURA TUNDISI, T. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. p. 631.
- TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. RiMa, iie. 2, Ed. São Carlos, 2005.
- TUNDISI, J. G. Reservatórios como sistemas complexos: teorias, aplicações e perspectivas para usos múltiplos. In: HENRY, R. (Ed.) **Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais**. Botucatu: FUNDIBIO, 2007. p. 19-38.
- YUNES, J. S; ARAÚJO, E. A. C. **Protocolo para análise de clorofila-a na água**. Rio Grande do Sul: Unidade de Pesquisa em Cianobactérias da Fundação Universidade Federal de Rio Grande. [s/d].