

ANÁLISE ESPACIAL E AVALIAÇÃO DO ESTADO TRÓFICO DO LAGO DA UHE CAÇU-GO

PIBIC 2011/2012

POLLYANNA FARIA NOGUEIRA¹, JOÃO BATISTA PEREIRA CABRAL², FLAVIO
WACHHOLZ³, SUSY FERREIRA OLIVEIRA CORDEIRO⁴.

pollypam@hotmail.com, jbcabral2000@yahoo.com.br, fwalmeão@gmail.com,
susyufg@yahoo.com.br

PALAVRAS-CHAVE: EUTROFIZAÇÃO, CLOROFILA, UHE

INTRODUÇÃO

O presente relatório de iniciação-científica descreve as atividades acadêmicas realizadas no período de Agosto de 2011 a Julho de 2012, em relação ao programa de iniciação científica 2011-2012 da UFG. Através do desenvolvimento do trabalho foi possível avaliar o estado trófico (IET), fósforo total (PT), transparência de Secchi (Transp) e clorofila “a” (CHL), no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) Caçu, utilizando-se a metodologia de Carlson modificada por Toledo (1990) e Lamparelli (2004) no período de chuva.

De acordo com Lamparelli (2004), o IET funciona como um registro das atividades humanas na bacia hidrográfica, fornecendo subsídios para a formulação de planos de manejo e gestão de ecossistemas aquáticos, por meio de estratégias que visem à sustentabilidade dos recursos hídricos, o IET tem por intuito classificar corpos hídricos em diferentes graus de trófia, avaliando a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes.

¹ Aluna Bolsista PIBIC

² Orientador – Professor do curso de Geografia do CAJ/UFG

³ Coorientador – Bolsista Pós-Doutorado do Programa de Mestrado em Geografia do CAJ/UFG

⁴ Mestranda em Geografia – CAJ/UFG

Os ecossistemas aquáticos sofrem diariamente a ação de uma série de variáveis humanas que são capazes de alterar toda a sua dinâmica natural. Silveira (2004) destaca que o despejo de efluentes domésticos e agrícolas em rios aumenta a concentração de matéria orgânica e de nutrientes, aumentando a disponibilidade nitrogênio e fósforo, o que leva a um aumento da população de microrganismos, podendo gerar eutrofização em reservatórios.

De acordo com Esteves (1998) a eutrofização representa o aumento da concentração de nutrientes, especialmente fósforo e nitrogênio, e algumas das principais influências são decorrentes das descargas de esgotos, presença de gados no entorno do reservatório, e também pela erosão hídrica que carrega partículas de solo para o reservatório estas podem conter nutrientes, que tem como consequência o aumento de suas produtividades, levando ao crescimento excessivo das plantas aquáticas com consequente desequilíbrio do ecossistema aquático e progressiva degeneração da qualidade da água dos corpos lânticos.

Segundo Cabral *et al.* (2011) a atual forma de uso do solo na bacia hidrográfica do Rio Claro contribui para a degradação do meio físico e aceleração do processo de eutrofização do lago da UHE Caçu. A presente bacia sofre com elevado grau de antropização no uso da terra devido ao modelo agropastoril implantado a partir da década de 70 do século passado, sendo que o cerrado foi destruído para dar origem a imensos campos de pastagem extensiva, áreas de agricultura, proporcionando a degradação e compactação do solo e um escoamento superficial elevado, podendo ocasionar maior índice de erosão em áreas de baixa vulnerabilidade.

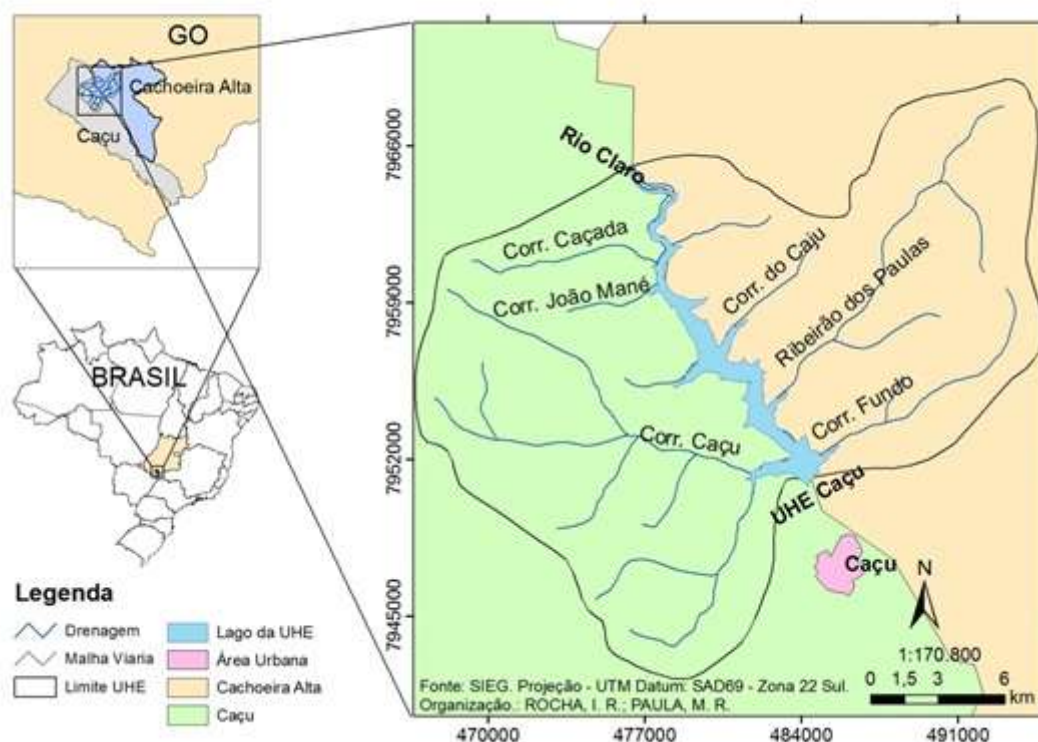
De acordo com os itens descrito anteriormente, a presente pesquisa teve por objetivo aplicar o índice de estado trófico (IET) proposto por Carlson (1977), modificado por Toledo *et al.* (1983) e Lamparelli (2004) para o reservatório da UHE Caçu no período de chuva.

Localização e Caracterização da área de estudo,.

A UHE Caçu encontra-se situada entre os municípios Caçu e Cachoeira Alta (Figura 1), na microrregião de Quirinópolis no estado de Goiás, no Rio Claro, Sub-bacia do Rio Paranaíba entre as coordenadas 18°31'50" S e 51°08'52" W. Construída pelo grupo Novelis Brasil Ltda no ano de 2010, a UHE opera no modo fio d'água, o reservatório da UHE Caçu possui um espelho d'água de 16,93 km² e com potencia instalada de 65 MW.

Os afluentes da bacia da margem direita são: Córrego Caçada, João Mané e Ribeirão Caçu e da margem esquerda o Córrego Caju, Ribeirão dos Paulas e Córrego do Fundo.

Figura 1: Mapa de localização da UHE Caçu-GO



Segundo dados do SIEG (2011) área de estudo esta situada Geologicamente na Bacia Sedimentar do Paraná apresenta dois grandes grupos litoestratigráficos da idade Mesozóica, formado pelo basalto da Formação Serra Geral do Grupo São Bento. (Jurássico Cretáceo) e pelo arenito da Formação Vale do Rio do Peixe e Formação Marília do Grupo Bauru (Cretáceo Superior).

Identificam-se entre os principais tipos de solos da bacia hidrográfica do reservatório Caçu: Neossolos Quartzarenicos, Gleissolos, Latossolos Vermelhos, Latossolos Roxos, Argissolos Vermelho-Amarelos e Neossolos-Litólicos.

Segundo o IBGE (2006) na área estudo é possível verificar a presença de culturas de ciclo de curta e média duração, geralmente inferiores a um ano, e após a produção o terreno fica disponível para o novo plantio.

Segundo Novelis (2006) O uso da terra predominante na bacia corresponde às pastagens (74,93% da área). A atividade com influencia marcante nessa área é o pastoreio

desde a década de 1960 com maior intensidade na década de 1970, com substituição das pastagens naturais pelas pastagens plantadas assim podendo causar perdas de solos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os parâmetros avaliados de acordo com IET são: fósforo total (PT), transparência de Secchi (Transp) e clorofila “a” (CHL). Foram determinados trinta e cinco pontos de amostragem no lago da UHE de Caçu, devido à sua extensão e para compreender a distribuição espacial e temporal dos nutrientes. As coletas de campo foram realizadas em julho de 2011 no período seco do cerrado brasileiro.

Em cada ponto de amostragem, foram realizadas medidas de transparência com o disco de secchi, e coletada amostras de água para realização da clorofila “a” e fósforo total, as amostras de água coletadas em cada ponto de amostragem foram condicionadas em frascos plásticos de 500 ml, armazenados em uma caixa de isopor com gelo até o dia seguinte, sendo realizadas as análises no Laboratório de Geociências Aplicada (LGA) do Departamento de Geografia do Campus Jataí da Universidade Federal de Goiás (CAJ/UFG), e assim avaliar o estado trófico nas estações amostrais.

IET de Carlson, modificado por Toledo (IETm) é expresso pela seguinte equação:

$$\text{IET (Transp)} = 10 [6 - (0,64 + \ln \text{DS}) / \ln 2]$$

$$\text{IET (PT)} = 10 [6 - \ln (80,32 / \text{PT}) / \ln 2]$$

$$\text{IET (CHL)} = 10 \{6 - [(2,04 - 0,695 \ln \text{CHL}) / \ln 2]\}$$

Em que: Transp = Transparência, calculada a partir do DS (Disco de Secchi)

PT = concentração de fósforo total em $\mu\text{g.L}^{-1}$.

CHL = concentração de clorofila-a em $\mu\text{g.L}^{-1}$.

IET de Carlson, modificado por Lamparelli (IETm) é expresso pela seguinte equação:

$$\text{IET (S)} = 10 * (6 - ((\ln \text{S}) / \ln(2)))$$

$$\text{IET (PT)} = 10 (6 - (1,77 - 0,42.(\ln \text{PT}) / \ln 2))$$

$$\text{IET (CHL)} = 10 (6 - ((0,92 - 0,34.(\ln \text{CHL})) / \ln 2))$$

Em que: Transp = Transparência, calculada a partir do DS (Disco de Secchi)

PT = concentração de fósforo total em mg/m^3 ;

CHL = concentração de clorofila-a em mg/m^3 .

Análise da Clorofila *a* ($\mu\text{g/L}$) foi realizada a partir da coleta de amostras de água do reservatório, em seguida efetuou-se a filtragem de 200 ml de água em filtros de microfibra de vidro da marca Milipore AP20 com 47mm de diâmetro, após a filtragem foram devidamente embalado e congelado até o procedimento de análise em laboratório. Os filtros, correspondentes as amostras filtradas, foram imersos no metanol 100% (10 ml) para extração do pigmento, deixando em recipiente fechado a uma temperatura de 4°C de 12 a 24 horas. Após foi realizada a medida de absorbância, segundo o método espectrofotométrico sem acidificação (sem a determinação da feofitina) proposto por Mackinney (1941) em comprimento de onda de 663 nm e em 750 nm é calculado pela fórmula:

$$\text{Chl } a \text{ } (\mu\text{g/L}) = \frac{\text{Abs (663 - 750)} \times 12,63 \times V_{\text{met}}(\text{ml}) \times 1000}{V(\text{ml})}$$

$V(\text{ml})$

Onde:

Chl *a* =clorofila *a*;

Abs = medida de absorbância;

12,63 = constante;

V_{met} = Volume de metanol;

1000 = constante;

V = volume da amostra;

As medidas de transparência da água foram realizadas através de um disco branco de 20 cm de diâmetro, denominado disco de Secchi.

Segundo Esteves, (1998) A medida de transparência é obtida ao mergulhar o disco branco no lado oposto a sombra do barco, através de uma corda marcada. A profundidade de desaparecimento do disco de Secchi é inversamente proporcional à quantidade de compostos orgânicos e inorgânicos no caminho óptico. Em outras palavras, a profundidade de desaparecimento do disco de Secchi corresponde àquela profundidade na qual a radiação de 400-740 nm (faixa visível), refletida do disco não é mais visível ao olho humano. A

profundidade obtida (em metros) é denominada transparência do disco de Secchi ou profundidade do disco de Secchi.

A análise do fósforo foi realizada através do aparelho HANNA HI 83099 Fotômetro de Bancada Multiparâmetro e COD, utilizando 10 ml de amostra de água conservada com H₂SO₄, as análises foram realizadas no Laboratório de Geociências Aplicada (LGA) do Departamento de Geografia do Campus Jataí da Universidade Federal de Goiás (CAJ/UFG).

Para a classificação dos Índices de estado trófico, foram adotados os estados de trófia segundo Toledo (1990) que apresenta 5 graus de trófia (Tabela 1) e Lamparelli (2004) que apresenta 6 graus de trófia (Tabela 2 e Quadro 1)

Tabela 1 Limites do estado trófico segundo o sistema de classificação proposto por Toledo (1990)

Critério	Estado trófico	Transparência (m)	Fósforo Total (mg. L ⁻¹)	Clorofila <i>a</i> (µg.L ⁻¹)
$IET \leq 24$	Ultraoligotrófico	$\geq 7,8$	$\leq 0,006$	≤ 51
$24 < IET \leq 44$	Oligotrófico	$7,7 - 2,0$	$0,007 - 0,026$	$0,51 - 3,81$
$44 < IET \leq 54$	Mesotrófico	$1,9 - 1,0$	$0,027 - 0,052$	$3,82 - 10,34$
$54 < IET \leq 74$	Eutrófico	$0,9 - 0,3$	$0,053 - 0,211$	$10,35 - 76,06$
$IET > 54$	Hipereutrófico	$< 0,3$	$> 0,211$	$> 76,06$

Tabela 2 Classificação do Estado Trófico segundo Lamparelli (2004)

Critério	Estado Trófico	Transparência (m)	Fósforo Total (mg. L ⁻¹)	Clorofila <i>a</i> (µg.L ⁻¹)
≤ 47	Ultraoligotrófico	$\geq 2,4$	$\leq 0,008$	$\leq 1,17$
$47 < IET \leq 52$	Oligotrófico	$2,4 > S \geq 1,7$	$0,008 < FT \leq 0,019$	$1,17 < Cl \leq 3,24$
$52 < IET \leq 59$	Mesotrófico	$1,7 > S \geq 1,1$	$0,019 < FT \leq 0,052$	$3,24 < Cl \leq 11,03$
$59 < IET \leq 63$	Eutrófico	$1,1 > S \geq 0,8$	$0,052 < FT \leq 0,120$	$11,03 < Cl \leq 30,55$
$63 < IET \leq 67$	Supereutrófico	$0,8 > S \geq 0,6$	$0,120 < FT \leq 0,233$	$30,55 < Cl \leq 69,05$
> 67	Hipereutrófico	$< 0,6$	$> 0,233$	$> 69,05$

Quadro 1: Classe de estado trófico e suas características principais de acordo com Lamparelli (2004).

Valor do IET	Classes de Estado Trófico	Características
--------------	---------------------------	-----------------

= 47	Ultraoligotrófico	Corpos d'água limpos, de produtividade muito baixa e concentrações insignificantes de nutrientes que não acarretam em prejuízos aos usos da água.
47<IET= 52	Oligotrófico	Corpos d'água limpos, de baixa produtividade, em que não ocorrem interferências indesejáveis sobre os usos da água, decorrentes da presença de nutrientes.
52 <IET= 59	Mesotrófico	Corpos d'água com produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis, na maioria dos casos.
59<IET=63	Eutrófico	Corpos d'água com alta produtividade em relação às condições naturais, com redução da transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, nos quais ocorrem alterações indesejáveis na qualidade da água decorrentes do aumento da concentração de nutrientes e interferências nos seus múltiplos usos.
63<IET=67	Supereutrófico	Corpos d'água com alta produtividade em relação às condições naturais, de baixa transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, nos quais ocorrem com frequência alterações indesejáveis na qualidade da água, como a ocorrência de episódios florações de algas, e interferências nos seus múltiplos usos
> 67	Hipereutrófico	Corpos d'água afetados significativamente pelas elevadas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, com comprometimento acentuado nos seus usos, associado a episódios florações de algas ou mortandades de peixes, com conseqüências indesejáveis para seus múltiplos usos, inclusive sobre as atividades pecuárias nas regiões ribeirinhas.

DISCUSSÃO DOS DADOS

Segundo Lamparelli (2004) quando o processo de eutrofização deixa de ser natural, os ambientes tendem a passar de uma condição oligotrófica para a mesotrófica e finalmente para a eutrófica colaborando futuramente para o processo de assoreamento e desaparecimento do lago. O fenômeno de aceleração antrópica do processo de eutrofização pode ser observado em uma escala de tempo mais curta que pode ocorrer em décadas.

De acordo com os dados obtidos, foi possível observar nas análises realizada para o lago da UHE Caçu, a partir da proposta de Lamparelli (2004), que o ambiente lacustre apresenta-se mais heterogêneo, em relação à proposta de Toledo (1990) que se apresenta mais homogêneo, isso pode ser observado através dos mapas elaborados para esta comparação sendo confeccionados mapas para a Clorofila, transparência, fósforo e IET. Os mapas de

clorofila-a (Figura 2 A e B) com graus de trófia segundo Lamparelli e Toledo são apresentados a seguir.

Figura 2A Clorofila Lamparelli

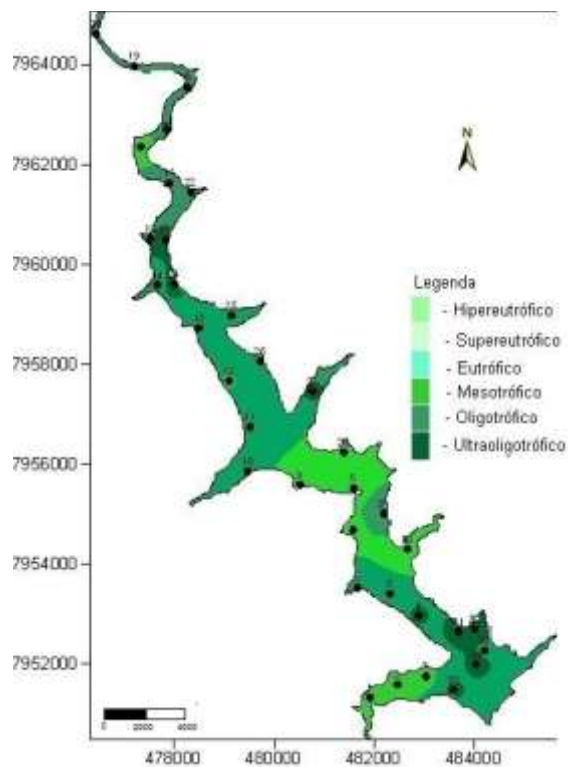
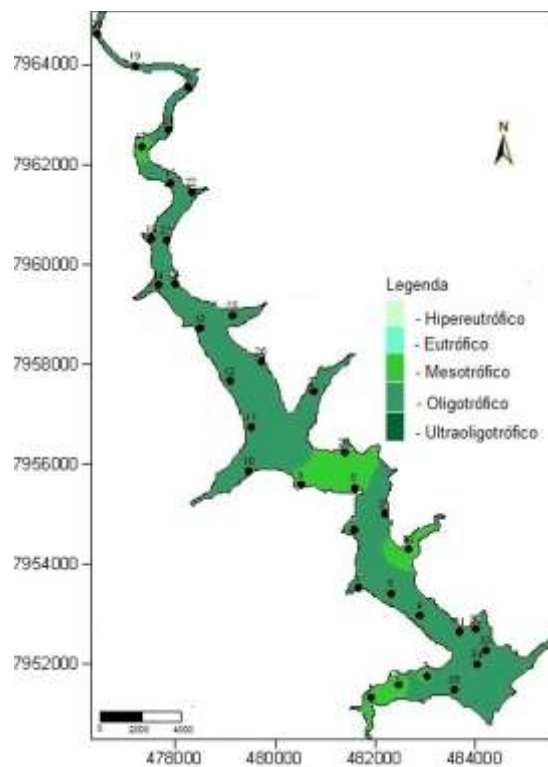


Figura 2B Clorofila Toledo



Conforme pode se notar na figura 2A é possível perceber que para o método modificado por Lamparelli o grau de trófia para a Clorofila pode ser classificada como Ultraoligotrófico, oligotrófico e mesotrófico, e para Toledo o lago apresenta se somente os graus Oligotrófico e Mesotrófico.

Pode ser notado que dois córregos apresentam estar influenciando a entrada de nutrientes no lago, são os Córregos Caçu localizados nos pontos de amostragem 1,2,3 e Ribeirão dos Paula no ponto e amostragem 30, pois nos trabalhos de campo pode ser notado que os dois córregos possuem uma grande concentração de vegetação na margem do rio, e que no período seco tem a ocorrência de folhas e vegetação seca que entram em decomposição nos afluentes do lago e são carregadas para dentro do reservatório, o que acarreta no aumento da matéria orgânica, e possivelmente colaborando para a mudança no estado trófico nestes pontos.

Segundo KURODA *et al.*(2010).Clorofila-a é o pigmento fotossintético presente em todos os organismos fitoplactônicos sejam eucarióticos (algas) ou procarióticos (cianobactérias) e é utilizado como parâmetro de biomassa algal em diversos trabalhos, tanto

nos experimentais quanto nas caracterizações de ambientes aquáticos e monitoramento da qualidade de água. Um dos problemas na determinação da clorofila-a é que este pigmento varia na célula fitoplanctônica conforme o estado fisiológico e a espécie.

Os valores encontrados para o disco de Secchi podem ser visualizados nas figuras 3 A e B

Figura 3A Disco de Secchi Lamparelli

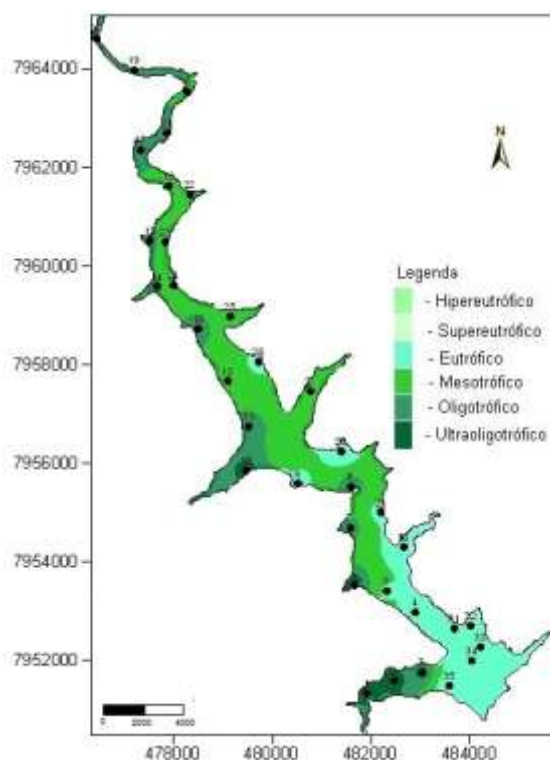
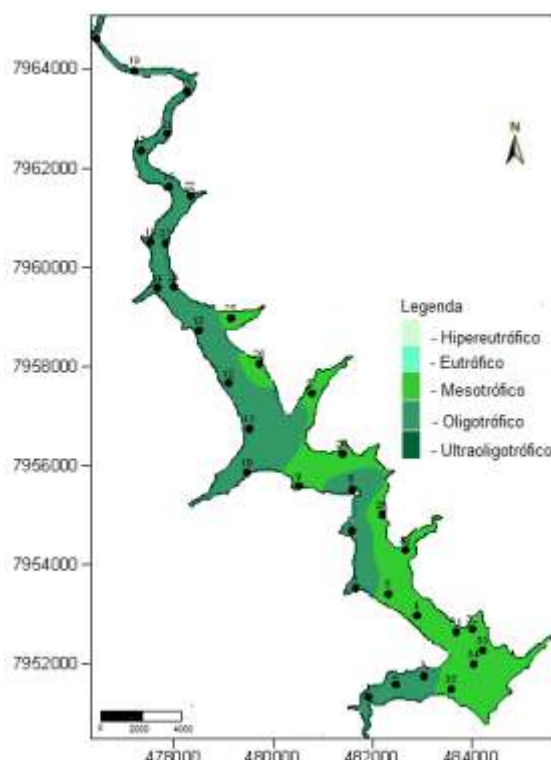


Figura 3B Disco de Secchi Toledo



O lago se apresenta heterogêneo em relação a figura 3A, apresentando as classes de trofia mesotrófico e eutrófico e depois em pontos dispersados como oligotrófico e ainda em pequenos pontos apresenta uma faixa ultraoligotrófico, isso pode ter ocorrido pelo fato do método de Lamparelli (2004) ser mais refinado em termos de classe de trofia que o método proposto por Toledo (1990), apresentando um espaço menor nos valores entre as classes.

Pode ser observado na figura 3B realizada a partir do método de Toledo (1990) que o lago se apresenta como Mesotrófico e Oligotrófico segundo os valores da transparência apresentados.

Os valores apresentados obtidos para o fósforo podem ser observado na figura 4 A e B.

Figura 4 A Fósforo Lamparelli

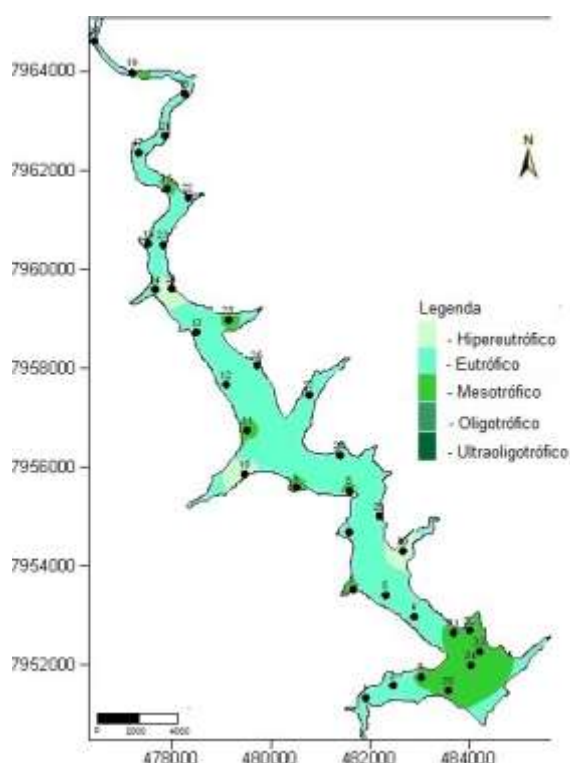
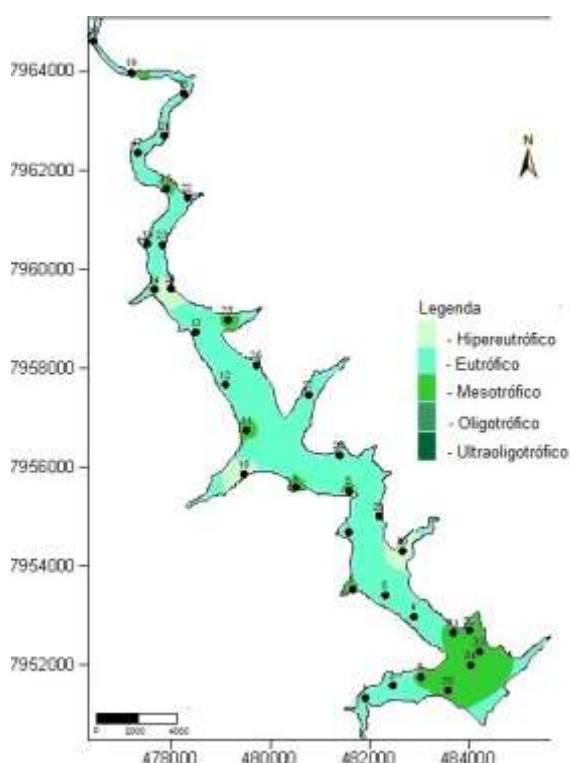


Figura 4 B Fósforo Toledo



Pode se observar que para os valores de fósforo tanto para a proposta de Lamparelli (2004) quanto para proposta de Toledo (1990) os valores ficaram em Eutrófico em quase todo o lago e mesotrófico somente em pequenos pontos do lago, o ponto de maior destaque para o estado mesotrófico, fica na área próxima a barragem, onde o ambiente torna se lântico.

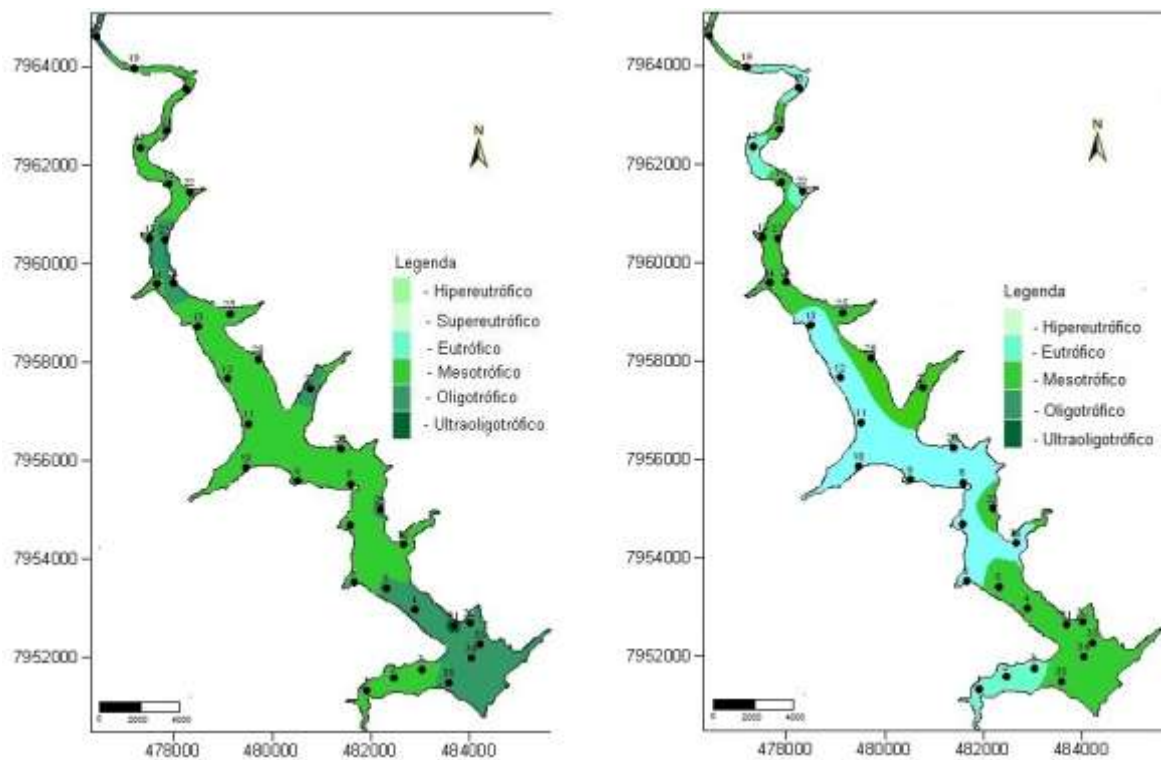
Segundo Lamparelli (2004) a importância da avaliação do fósforo é indiscutível, uma vez que ele é na maioria dos ambientes o fator limitante para este processo, sendo assim o fósforo disponível é um dos fatores mais importantes na regulação da produtividade do sistema.

Esteves (1998) conclui se que na maioria das águas continentais o fósforo é apontado como principal responsável pelo processo de eutrofização.

O IET com as classes segundo Lamparelli e Toledo pode ser observado na figura 4 A e B, este índice tem por finalidade classificar os corpos hídricos em diferentes graus de trófia, ou seja, avaliar a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes.

Figura 4 A IET Lamparelli

Figura 4 B IET Toledo



De acordo com valores do Índice do Estado Trófico, o lago da UHE caçu, apresentam-se como mesotrófico e oligotrófico (Figura 4A) segundo a metodologia de Lamparelli (2004) e como eutrófico e mesotrófico (Figura 4B) segundo Toledo (1990).

De acordo com Esteves (1998) A eutrofização representa o aumento da concentração de nutriente especialmente fósforo e nitrogênio, nos ecossistemas aquáticos, que tem como consequência o aumento de suas produtividades levando ao crescimento excessivo de plantas aquáticas com consequente desequilíbrio de ecossistema aquático e progressiva degeneração da qualidade da água dos corpos lânticos

Na figura 4A pode se entender que o lago apresenta uma produtividade de nutrientes baixa ou intermediária, não causando uma grande interferência para o uso das águas para uso doméstico. Conforme análise da figura 2 o lago pode ser classificado conforme o grau de trofia como eutrófico que são considerados lagos com alta produtividade de nutrientes, sofrendo alterações indesejadas na qualidade da água. O afluente Caçu esta influenciando fortemente para esse grau eutrófico, apresenta ser um afluente que foi totalmente afogado, e por isso pode estar causando essa alteração neste ponto.

CONCLUSÕES.

De acordo com os dados avaliados pode se perceber uma diferença entre os métodos utilizados por Toledo e Lamparelli chegando a um resultado final diferente para cada estudo.

O lago da UHE Caçu pode ser classificado pelo método aplicado para Lamparelli como oligomesotrófico e para Toledo como mesoeutrófico.

Um fator que pode ser levado em consideração para estes resultados diferentes é pelo fato de Toledo utilizar 5 graus de trófia, e Lamparelli 6 graus, podendo ter levado a esta diferença no resultado final.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

BRASIL, LEI Nº 9.433, DE 8 DE JANEIRO DE 1997 Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

CABRAL, J.B.P. **Análise da sedimentação e aplicação de métodos de previsão para tomada de medidas mitigadoras quanto ao processo de assoreamento no reservatório de Cachoeira Dourada – GO/MG.** Curitiba - PR. Tese (Doutorado em Geologia, Área de Concentração Geologia Ambiental) UFPR - Universidade Federal do Paraná – Setor de Ciências da Terra. 194p. 2006.

CABRAL, J.B.P, SANTOS, F.F; BRAGA, C.C; NOGUEIRA, P.F. **Análise de sólidos em suspensão em reservatório do estado de Goiás: Estudo de caso da UHE Caçu e Barra dos Coqueiros.** Revista Geonorte. V4, N4, p1460 a 1471. 2012.

CARVALHO, N. O. (1994). **Hidrossedimentologia prática.** CPRM, Rio de Janeiro - RJ, 372 p.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema Brasileiro de Classificação de solos. Brasília: Embrapa. Produção de informação, Rio de Janeiro: Embrapa solos. 1999.

ESTEVES, F. de A. **Fundamentos de limnologia.** 2ª ed. Rio de Janeiro: Interciência, 548p. 1988.

IBGE. **Manual técnico de uso da terra.** 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE. 91 p.: il. (Manuais técnicos em Geociências, n. 4), 2006.

KURODA, E. K. et al. **Determinação de clorofila pelo método espectrofotométrico visando o monitoramento da eficiência do tratamento de águas para abastecimento.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23. Campo Grande. Anais, Campo Grande: ABES, 2005.

Luiz. S. Vanzela², Fernando B. T. Hernandez³ & Renato A. M. Franco⁴, **Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Córrego Três Barras, Marinópolis 2009**

MANUAL TÉCNICO DE PEDOLOGIA. 2ª ed. Rio de Janeiro 2007

MEDEIROS, P. R. P¹; SOUZA, w.f.l²; Knoppers, B. A.³; Lima, L. L.⁴. **Aporte de sedimentos em suspensão no baixo rio São Francisco (SE/AL), em diferentes condições hidrológicas**, III Congresso Brasileiro de Oceanografia _ CBO' 2010 Rio Grande (RS)

NOVELIS. In **Relatório de Impacto Ambiental –Rima: Complexo energético Caçu/Barra dos Coqueiros..** 2006, 231p.

WETZEL,R.G; LIKENS,G.E. **Limnological analisys**. 2ed. New York. Springer Verlag. 1991.

WILLIAMS, G.P. (1989) **Sediment concentration versus water discharge during single hydrologic events in rivers**. J. Hydrol. 111 (1–4), pp. 89–106.