

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E RECURSOS  
NATURAIS**

**O fitoplâncton como instrumento de biomonitoramento da qualidade da  
água do Reservatório de Cachoeira Dourada - Rio Paranaíba - GO/MG.**

**MÁRCIA TEIXEIRA DE OLIVEIRA**

**SÃO CARLOS**

**2010**

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**MÁRCIA TEIXEIRA DE OLIVEIRA**

**O fitoplâncton como instrumento de biomonitoramento da qualidade da  
água do Reservatório de Cachoeira Dourada GO/MG.**

Há uma oração interior que nunca se cala:  
teu desejo. Se queres orar sem cessar, não  
cesses nunca de desejar.

**Santo Agostinho**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E RECURSOS  
NATURAIS**

**MÁRCIA TEIXEIRA DE OLIVEIRA**

**A utilização do fitoplâncton como ferramenta no controle da qualidade da  
água do reservatório de Cachoeira Dourada GO/MG.**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Ciências Biológicas, Área de Concentração em Ecologia e Recursos Naturais.

**Orientador: Prof. Dr. Alberto Carvalho Peret**

**SÃO CARLOS**

**2010**

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da  
Biblioteca Comunitária/UFSCar**

O482fi

Oliveira, Márcia Teixeira de.

O fitoplâncton como instrumento de biomonitoramento da qualidade da água do Reservatório de Cachoeira Dourada - Rio Paranaíba - GO/MG. / Márcia Teixeira de Oliveira. -- São Carlos : UFSCar, 2010.

149 f.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2010.

1. Fitoplancton. 2. Alga. 3. Limnologia. I. Título.

CDD: 589.4 (20<sup>a</sup>)

Márcia Teixeira de Oliveira

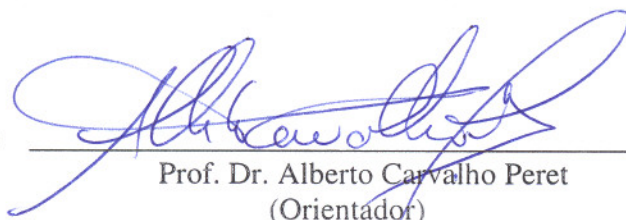
**O fitoplâncton como instrumento de biomonitoramento da qualidade da água do  
Reservatório de Cachoeira Dourada – Rio Paranaíba - GO/MG**

Tese apresentada à Universidade Federal de São Carlos, como parte dos  
requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciências.


Aprovada em 24 de maio de 2010

BANCA EXAMINADORA

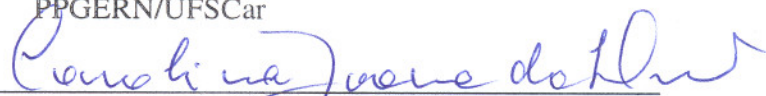
Presidente

  
Prof. Dr. Alberto Carvalho Peret  
(Orientador)


1º Examinador

  
Prof. Dra. Odete Rocha  
PPGERN/UFSCar

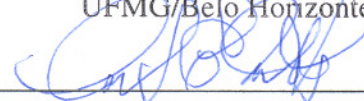
2º Examinador

  
Prof. Dra. Carolina Joana da Silva  
PPGERN/UFSCar

3º Examinador

  
Prof. Dra. Evelise Nunes Fragoso de Moura  
UFMG/Belo Horizonte-MG

4º Examinador

  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Matheus  
USP/São Carlos-SP

## **DEDICATÓRIA**

Aos grandes amores da minha vida:

Ao meu esposo Jean Martins Pereira

Ao meu filho Henrique Teixeira Martins Pereira

Ao meu pai José Ivan Diniz Teixeira e a

A minha mãe Francisca de Oliveira Diniz

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus pelas graças recebidas e força espiritual que me sustentaram durante a realização deste trabalho. À Nossa Senhora pela intercessão e benção constante em minha vida.

À FAPEMAT e ao CNPq pelo apoio financeiro.

Ao reitor da UNEMAT na pessoa do Taisir Mahmudo Karim por acreditar na capacitação dos docentes do estado de Mato Grosso.

À professora Dra. Carolina Joana da Silva pela oportunidade de participação do Programa de Pós Graduação, pelas orientações profissionais e amizade.

Ao professor Dr. Alberto Carvalho Peret pela orientação, apoio e conselhos que são para uma vida toda. OBRIGADA PERET.

À professora Dra. Odete Rocha pela orientação, apoio e dedicação. Pela oportunidade de desfrutar de seus conhecimentos sobre ecologia de fitoplâncton, pela ajuda e amizade. Conviver com ela foi um grande privilégio profissional e pessoal.

Ao professor Dr. José Eduardo dos Santos pelo acompanhamento em todas as fases do nosso doutoramento e pelas valiosas sugestões.

À professora Dra. Lúcia Aparecida de Fátima Mateus pela amizade, pelo apoio e por acreditar em meu trabalho.

À Dra. Andrea Tucci do Instituto de Botânica de São Paulo pelos valiosos conselhos, parceria e amizade.

À Professora Dra. Ermelinda De Lamônica Freire pelo apoio e incentivo nos momentos de decisão e conflitos.

A minha sogra Valdith Martins Pereira e ao meu sogro Antônio Pereira Trindade pelo apoio incondicional oferecido durante toda a realização deste trabalho.



À Marilene Moura pelo incentivo, amizade e ensinamentos valiosos.

Aos meus colegas de turma pela amizade e pelos grandes momentos de alegria.

Ao meu amigo prof. Dr. Christiano Verola, pelo incentivo e pela ajuda.

À minha Chefe e amiga Carmem Eugenia Ortiz pelo apoio na etapa final deste trabalho.

A toda a minha família e em especial minha mãe, meu pai e meu esposo, sempre confiantes, acreditando no meu trabalho e na minha capacidade.

A todos a aqueles que de maneira direta ou indireta ajudaram e contribuíram para a realização deste trabalho.

## RESUMO

A comunidade fitoplanctônica tem seu uso recomendado como ferramenta para as avaliações da qualidade da água. A relevância dos estudos ecológicos e sanitários do fitoplâncton em saúde pública deve-se ao fato de que eles atestam a qualidade e possibilitam o monitoramento das águas utilizadas para usos múltiplos, principalmente aqueles ligados diretamente à saúde humana. A caracterização da comunidade fitoplanctônica do reservatório de Cachoeira Dourada foi realizada nos meses de dezembro de 2006, maio de 2007 e novembro de 2007 em cinco pontos amostrais, quatro deles dentro do reservatório e um ponto a jusante. A amostragem do fitoplâncton foi baseada nos princípios do AquaRAP, com o objetivo de avaliar a qualidade da água utilizando índices baseados em características físicas, químicas e biológicas, e com ênfase na comunidade fitoplânctônica. Os resultados evidenciaram que o fitoplâncton foi dominado por cianobactérias em todos os períodos de coleta. As cianobactérias apresentaram maior riqueza e densidade em relação às demais classes fitoplanctônicas. As espécies potencialmente tóxicas estiveram representadas por *Anabaena* sp. e *Microcystis* sp., com maior ocorrência na estiagem, entretanto com baixas densidades. Não houve registro de florações e as densidades analisadas estiveram dentro do limite estipulado pela CONAMA. O conhecimento da diversidade, equitabilidade, riqueza e densidade da comunidade fitoplanctônica permitiu avaliar o reservatório como oligotrófico. Esta classificação foi confirmada pela análise das variáveis físicas e químicas do reservatório e de vários outros índices aplicados utilizando ou não a comunidade fitoplanctônica. O índice de Nygaard dentre aqueles aplicados foi o único considerado ineficiente para a avaliação do grau trófico do reservatório, por negligenciar a densidade das espécies. Os fitoflagelados mostraram ser um bom indicador de ambientes com baixa transparência (CCA). Ficou evidenciado que as principais interferências na qualidade da água do reservatório dependem de fatores climáticos, da operação, das atividades antrópicas nas áreas adjacentes e na bacia hidrográfica, refletindo de modo dinâmico na composição e estrutura comunidade fitoplanctônica nos diferentes períodos estudados. É importante também ressaltar que o curto tempo de residência da água provavelmente é o fator preponderante para que o reservatório apresente esse estado oligotrófico.

## ABSTRACT

The phytoplankton community is one of the communities recommended as a tool for evaluations of water quality. The relevance of ecological and sanitary studies of phytoplankton to public health is due to the fact that they attest to water quality and allow waters to be monitored for multiple uses, especially those linked directly to human health. The phytoplankton community of the Cachoeira Dourada reservoir was characterized in the months of December 2006, May 2007 and November 2007 at five sampling points, four of them in the reservoir and one downstream. The phytoplankton sampling, which was based on the principles of the AquaRAP, aimed to evaluate water quality using indices based on physical, chemical and biological characteristics, with emphasis on the phytoplankton community. The results revealed that the phytoplankton was dominated by cyanobacteria in the three sampling periods. Cyanobacteria exhibited higher significance in terms of richness and greater density than the other classes of phytoplankton. Potentially toxic species were represented by *Anabaena* sp. and *Microcystis* sp., with higher occurrence during the dry season, albeit in low densities. There was no record of blooming and the analyzed densities lay within the limit established by CONAMA (National Environmental Agency). The reservoir was classified as oligotrophic, based on its phytoplankton diversity, equitability, richness and density. This classification was confirmed by an analysis of the reservoir's physical and chemical variables and by several other indices applied with or without the use of the phytoplankton community. Among the various indices employed, Nygaard's index was the only one considered inefficient in evaluating the trophic degree of the reservoir, because it neglects species density. Phytoflagellates proved to be a good indicator of environments with low transparency (CCA). The main interferents in the reservoir's water quality were found to depend on factors of climate, the dam's operation, and anthropic activities in adjacent areas and in the drainage basin, which were dynamically reflected in the composition and structure of the phytoplankton community in the different periods under study. It is also important to note that the brief residence time of the water is probably the preponderant factor for this oligotrophic state of the reservoir.

## LISTA DE TABELAS

<b>TABELA 1.</b>	Subdivisão dos organismos planctônicos de acordo com o tamanho (SIEBURTH, 1978).....	34
<b>TABELA 2.</b>	Tabela extraída do trabalho de Reynolds et al., (2002), apresenta a classificação atualizada em relação ao trabalho do mesmo autor de 1997...	36
<b>TABELA 3.</b>	Limites para classes de estados tróficos baseados em Salas e Martino (2001).....	40
<b>TABELA 4.</b>	Classificação dos níveis de saprobidade da água em função das variáveis físicas e químicas como proposto por Harmn (1969), para as variáveis ambientais selecionadas: DSO: Déficit de saturação do oxigênio e N-NH <sub>4</sub> : Concentração de íon amônio.....	41
<b>TABELA 5.</b>	Ponderações, níveis e categorias apresentadas pelos Índices de Comunidades aquáticas.....	42
<b>TABELA 6.</b>	Valores máximo, mínimo, médio e desvio padrão da extensão da zona eufótica nos meses de dezembro de 2006 (verão), maio de 2007 (outono) e novembro de 2007 (primavera), do reservatório de Cachoeira Dourada GO/MG.....	44
<b>TABELA 7.</b>	Valores máximo, mínimo, média e desvio padrão da vazão média mensal nos meses de dezembro de 2006 (verão), maio de 2007 (outono) e novembro de 2007 (primavera), do reservatório de Cachoeira Dourada GO/MG.....	46
<b>TABELA 8.</b>	Valores máximo, mínimo, média e desvio padrão de profundidade (m), nos meses de dezembro de 2006 (verão), maio de 2007 (outono) e novembro de 2007 (primavera), do reservatório de Cachoeira Dourada GO/MG.....	46
<b>TABELA 9.</b>	Valores máximo, mínimo, média e desvio padrão da temperatura da água (°C), nos meses de dezembro de 2006 (verão), maio de 2007 (outono) e novembro de 2007 (primavera), do reservatório de Cachoeira Dourada GO/MG.....	47
<b>TABELA 10.</b>	Valores máximo, mínimo, média e desvio do oxigênio dissolvido mg/L nos meses de dezembro de 2006 (verão), maio de 2007 (outono) e novembro de 2007 (primavera), do reservatório de Cachoeira Dourada GO/MG.....	49
<b>TABELA 11.</b>	Valores máximo, mínimo, média e desvio do pH nos meses de dezembro de 2006 (verão), maio de 2007 (outono) e novembro de 2007 (primavera), do reservatório de Cachoeira Dourada GO/MG.....	50

Cont...da Lista de Tabela.

<b>TABELA 12.</b>	Valores máximo, mínimo, média e desvio da condutividade nos meses de dezembro de 2006 (verão), maio de 2007 (outono) e novembro de 2007 (primavera), do reservatório de Cachoeira Dourada GO/MG.....	51
<b>TABELA 13.</b>	Valores máximo e mínimo, média e desvio padrão do nitrogênio total $\mu\text{g/L}^{-1}$ nos meses de dezembro de 2006 (chuvoso), maio de 2007 (outono) e novembro de 2007 (primavera).....	52
<b>TABELA 14.</b>	Valores máximo e mínimo, média e desvio padrão do nitrato $\mu\text{g/L}^{-1}$ nos meses de dezembro de 2006 (chuvoso), maio de 2007 (outono) e novembro de 2007 (primavera).....	53
<b>TABELA 15.</b>	Valores máximo e mínimo, média e desvio padrão do nitrito $\mu\text{g/L}^{-1}$ para a água do reservatório de Cachoeira Dourada (GO/MG) obtidos para os meses de dezembro de 2006 (chuvoso), maio de 2007 (outono) e novembro de 2007 (primavera).....	54
<b>TABELA 16.</b>	Valores máximo e mínimo, média e desvios-padrão da amônia $\mu\text{g/L}^{-1}$ para a água do reservatório de Cachoeira Dourada (GO/MG) obtidos nos meses de dezembro de 2006 (chuvoso), maio de 2007 (outono) e novembro de 2007 (primavera).....	55
<b>TABELA 17.</b>	Valores máximo e mínimo, média e desvio padrão das concentrações de fósforo total $\mu\text{g/L}^{-1}$ na água do reservatório de Cachoeira Dourada (GO/MG), registradas nos meses de dezembro de 2006 (chuvoso), maio de 2007 (outono) e novembro de 2007 (primavera).....	56
<b>TABELA 18.</b>	Valores máximo e mínimo, média e desvio padrão das concentrações de fósforo dissolvido $\mu\text{g/L}^{-1}$ registrados na água no reservatório de Cachoeira Dourada (GO/MG), nos diferentes pontos de coleta, nos meses de dezembro de 2006 (chuvoso), maio de 2007 (outono) e novembro de 2007 (primavera).....	57
<b>TABELA 19.</b>	Classificação do Estado Trófico do reservatório de Cachoeira Dourada (GO/MG), com base nas concentrações de fósforo total de acordo com os critérios propostos por Salas e Martino (2001).....	61
<b>TABELA 20.</b>	Variação dos Valores do Índice de Sapróbios (IS) proposto por Hamm (1969) no reservatório de Cachoeira Dourada, (GO/MG), de acordo com as variáveis ambientais selecionadas: saturação de oxigênio dissolvido (DSO %); N-NH <sub>4</sub> : % Concentração de íon amônio.....	63

Cont...da Lista de Tabela

<b>TABELA 21.</b> Número de táxons por Classe Taxonômica na comunidade fitoplanctônica do reservatório de Cachoeira Dourada GO/MG, amostrada nos meses de dezembro de 2006 (verão), maio de 2007 (outono) e novembro de 2007 (primavera).....	65
<b>TABELA 22.</b> Freqüência de ocorrência das espécies amostradas no reservatório de Cachoeira Dourada no mês de dezembro de 2006 (verão – n= 65 táxons) em 5 pontos amostrais (Onde: C = constantes, * = frequentes, + = comuns e R = raros , segundo os critérios estabelecidos por Lobo e Leighton, 1986).....	66
<b>TABELA 23.</b> Freqüência de ocorrência das espécies amostradas no reservatório de Cachoeira Dourada no mês de maio de 2007 (outono – n= 60 táxons) em 5 pontos amostrais (Onde: C = constantes, * = frequentes, + = comuns e R = raros, segundo os critérios estabelecidos por Lobo e Leighton, 1986).....	67
<b>TABELA 24.</b> Freqüência de ocorrência das espécies amostradas no reservatório de Cachoeira Dourada no mês de novembro de 2007 (outono – n= 63) em 5 pontos amostrais (Onde: C = constantes, * = frequentes, + = comuns e R = raros segundo os critérios estabelecidos por Lobo e Leighton, 1986).....	68
<b>TABELA 25.</b> Principais Grupos Funcionais (GF) e táxons com maior contribuição relativa (%) para a densidade da comunidade fitoplanctônica no reservatório de Cachoeira Dourada GO/MG nos períodos de dezembro de 2006, maio de 2007 e novembro de 2007.....	71
<b>TABELA 26.</b> Distribuição espacial qualitativa do número de táxons pertencentes às diferentes Classes fitoplanctônicas para os pontos amostrados no eixo longitudinal do reservatório de Cachoeira Dourada (GO/MG), no período de novembro de 2006 a dezembro de 2007.....	72
<b>TABELA 27.</b> Distribuição espacial e número total de táxons fitoplanctônicos das Classes Cyanophyceae e Bacillariophyceae inventariados em diferentes pontos no reservatório de Cachoeira Dourada GO/MG nos meses de novembro de 2006, maio de 2007 e dezembro de 2007 – Análise qualitativa.....	73
<b>TABELA 28.</b> Coeficiente simples proposto por Nygaard (1949) aplicado a comunidade fitoplanctônica nos meses de dezembro de 2006, maio de 2007 e novembro de 2007 em todos os pontos amostrais do reservatório de Cachoeira Dourada GO/MG.....	90
<b>TABELA 29.</b> Coeficiente Múltiplo proposto por Nygaard (1949) aplicado a comunidade fitoplanctônica nos meses de dezembro de 2006, maio de 2007 e novembro de 2007 em todos os pontos amostrais do reservatório de Cachoeira Dourada GO/MG.....	90

Cont... da Lista de Tabela

- TABELA 30.** Coeficiente de Diatomáceas proposto por Nygaard (1949) aplicado a comunidade fitoplanctônica nos meses de dezembro de 2006, maio de 2007 e novembro de 2007 em todos os pontos amostrais do reservatório de Cachoeira Dourada GO/MG..... 91
- TABELA 31.** Média total das variáveis químicas e do IET para os reservatórios de Cachoeira Dourada (GO), São Simão (GO), Cachoeira (SP), Billings (SP), Segredo (PR) e Capivari (PR) Atibainha (SP) . Legenda \* = Calculados com base nos dados disponíveis..... 99
- TABELA 32.** Tabela comparativa da contribuição relativa (%) do rio Uberabinha (SUPRAM, 2010) e reservatórios de Cachoeira Dourada (TEIXEIRA DE OLIVEIRA, 2010) e São Simão (PINTO-COELHO,2004) todos pertencente a bacia do rio Paranaíba (GO/MG)..... 103
- TABELA 33.** Frequência de ocorrência das espécies amostradas no reservatório de Cachoeira Dourada nos meses de dezembro de 2006, maio de 2007 e novembro de 2007 em 15 pontos amostrais (Onde: C = constantes, \* = frequentes, + = comuns, R = raro, segundo os critérios estabelecidos por Lobo e Leighton, 1986)..... 146

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 1.</b>	Mapa de localização do reservatório de Cachoeira Dourada entre a divisa dos estados GO/MG e mapa do reservatório com a localização dos 5 pontos de coleta para o presente estudo.....	26
<b>FIGURA 2.</b>	Mapa do reservatório de Cachoeira Dourada evidenciando o corpo do reservatório e os tributários.....	27
<b>FIGURA 3.</b>	Vista aérea (foto de satélite) da barragem da Usina Hidrelétrica de Cachoeira Dourada GO/MG.....	28
<b>FIGURA 4.</b>	Imagem de satélite demonstrativa dos pontos de coleta do fitoplâncton ao longo do reservatório de Cachoeira Dourada nos meses de dezembro de 2006, maio de 2007 e novembro de 2007. ....	28
<b>FIGURA 5.</b>	Vista da barragem com as comportas abertas no período chuvoso da Usina Hidrelétrica de Cachoeira Dourada GO/MG. ....	29
<b>FIGURA 6.</b>	Mapa temático ilustrando a divisa entre os estados de Goiás (acima) e Minas Gerais (abaixo), delimitados pelo rio Paranaíba e o complexo de represas existentes ao longo do rio. O reservatório de Cachoeira Dourada localiza-se entre o reservatório de Itumbiara e São Simão.....	30
<b>FIGURA 7.</b>	Imagem de satélite dos 15 pontos estabelecidos para coleta de água visando à análise das variáveis físicas e químicas no reservatório de Cachoeira Dourada, durante do período de novembro de 2006 a dezembro de 2007.....	32
<b>FIGURA 8.</b>	Variação da precipitação (em barra) e da extensão da zona eufótica (em linha) no reservatório de Cachoeira Dourada, GO/MG, no período de dezembro de 2006 a novembro de 2007.....	43
<b>FIGURA 9.</b>	Variação da extensão da zona eufótica para o período de dezembro de 2006 a dezembro de 2007 no reservatório de Cachoeira Dourada GO/MG (Fonte: INPE, 2009).....	44
<b>FIGURA 10.</b>	Variação no tempo de residência da água do reservatório de Cachoeira Dourada (GO/MG), para o período de dezembro de 2006 a dezembro de 2007.....	45
<b>FIGURA 11.</b>	Variação da vazão média mensal registrada no reservatório de Cachoeira Dourada (GO/MG) durante o período de dezembro de 2006 a novembro de 2007.....	45
<b>FIGURA 12.</b>	Profundidade registrada no reservatório de Cachoeira Dourada (GO/MG) durante o período de dezembro de 2006, maio de 2007 e novembro de 2007.....	46



Cont...Lista de Figuras

<b>FIGURA 13.</b>	Variação dos valores mensais da temperatura da água para o período de dezembro de 2006 a novembro de 2007 no reservatório de Cachoeira Dourada GO/MG.....	47
<b>FIGURA 14.</b>	Perfil de temperatura (°C) do reservatório de Cachoeira Dourada GO/MG, nos pontos amostrados no corpo do reservatório, nos três períodos amostrados, novembro de 2006, maio de 2007 e dezembro de 2007, respectivamente.....	48
<b>FIGURA 15.</b>	Variação dos valores médios da concentração de oxigênio dissolvido na água (mg/L) nos diferentes pontos amostrados no reservatório de Cachoeira Dourada GO/MG, para o período de dezembro de 2006 a novembro de 2007.....	49
<b>FIGURA 16.</b>	Variação do pH nos diferentes pontos para o período de dezembro de 2006 a novembro de 2007 no reservatório de Cachoeira Dourada GO/MG.....	50
<b>FIGURA 17.</b>	Variação da condutividade $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ nos diferentes pontos para o período de dezembro de 2006 a novembro de 2007 no reservatório de Cachoeira Dourada GO/MG.....	51
<b>FIGURA 18.</b>	Variação dos valores médios do Nitrogênio total $\mu\text{g}/\text{L}^{-1}$ , nos diferentes pontos para o período de dezembro de 2006 a novembro de 2007 no reservatório de Cachoeira Dourada GO/MG .....	52
<b>FIGURA 19.</b>	Variação dos valores médios do Nitrato ( $\mu\text{g}/\text{L}^{-1}$ ), nos diferentes pontos para o período de dezembro de 2006 a novembro de 2007 no reservatório de Cachoeira Dourada GO/MG .....	52
<b>FIGURA 20.</b>	Variação dos valores médios das concentrações de Nitrito ( $\mu\text{g}/\text{L}^{-1}$ ) obtidos para os diferentes pontos do reservatório de Cachoeira Dourada GO/MG, para o período de dezembro de 2006 a novembro de 2007.....	53
<b>FIGURA 21.</b>	Variação dos valores médios da concentração de Amônia ( $\mu\text{g}/\text{L}^{-1}$ ) na água do reservatório de Cachoeira Dourada (GO/MG), nos diferentes pontos de coleta, para o período de dezembro de 2006 a novembro de 2007.....	54
<b>FIGURA 22.</b>	Variação dos valores médios Fósforo total ( $\mu\text{g}/\text{L}^{-1}$ ), nos diferentes pontos amostrados no reservatório de Cachoeira Dourada (GO/MG), para o período de dezembro de 2006 a novembro de 2007.....	55

Cont...Lista de Figuras

<b>FIGURA 23.</b>	Variação dos valores médios da concentração de Fósforo dissolvido ( $\mu\text{g/L}^{-1}$ ), registrados na água no reservatório de Cachoeira Dourada (GO/MG), nos diferentes pontos de coleta, para o período de dezembro de 2006 a novembro de 2007.....	56
<b>FIGURA 24.</b>	Análise de componentes principais (PCA) aplicada para os nutrientes do reservatório de Cachoeira Dourada nos meses de dezembro de 2006, maio de 2007 e novembro de 2007.....	58
<b>FIGURA 25.</b>	Análise de Componentes Principais (PCA) aplicada às variáveis ambientais do reservatório de Cachoeira Dourada GO/MG, nos meses de dezembro de 2006, maio de 2007 e novembro de 2007.....	59
<b>FIGURA 26.</b>	Variação dos valores do Índice de estado trófico segundo (CARLSON, 1977), modificado por Toledo Jr. et al (1983) nos cinco pontos amostrais no Reservatório de Cachoeira Dourada GO/MG, em diferentes meses do ano, para o período de dezembro de 2006 a novembro de 2007.....	60
<b>FIGURA 27.</b>	Contribuição das classes fitoplânctônicas (%) para a riqueza de espécies do reservatório de Cachoeira Dourada (GO/MG), nos meses de dezembro de 2006, maio de 2007 e novembro de 2007 conjuntamente.....	69
<b>FIGURA 28.</b>	Contribuição das classes fitoplanctônicas para a densidade média total ( $\text{ind. mL}^{-1}$ ) do reservatório de Cachoeira Dourada (GO/MG). Valores médios das densidades registradas nos meses de dezembro de 2006, maio de 2007 e novembro de 2007.....	69
<b>FIGURA 29.</b>	Densidade total dos táxons fitoplanctônicos mais abundantes com ocorrência no reservatório de Cachoeira Dourada GO/MG, nos meses de dezembro de 2006, maio de 2007 e novembro de 2007.....	70
<b>FIGURA 30.</b>	. Número de táxons da comunidade fitoplanctônica nos diferentes pontos amostrais, do reservatório de Cachoeira Dourada GO/MG, para três períodos de amostragem: dezembro de 2006; maio de 2007 e novembro de 2007. ....	75
<b>FIGURA 31.</b>	Densidade da comunidade fitoplanctônica nos diferentes pontos amostrais, do reservatório de Cachoeira Dourada GO/MG, para três períodos de amostragem: dezembro de 2006; maio de 2007 e novembro de 2007.....	76

Cont...Lista de Figuras

<b>FIGURA 32.</b>	Densidade média total e dos organismos de diferentes classes da comunidade fitoplanctônica amostradas nos diferentes pontos amostrais do reservatório de Cachoeira Dourada nos meses de dezembro de 2006, maio de 2007 e novembro de 2007.....	76
<b>FIGURA 33.</b>	Densidade relativa (%) dos táxons agrupados nas diferentes Classes taxonômicas da comunidade fitoplanctônica do reservatório de Cachoeira Dourada, registrados nos cinco pontos distribuídos ao longo do reservatório GO/MG no mês de dezembro de 2006.....	78
<b>FIGURA 34.</b>	Densidade relativa (%) dos táxons agrupados nas diferentes Classes taxonômicas da comunidade fitoplanctônica do reservatório de Cachoeira Dourada, registrados nos cinco pontos distribuídos ao longo do reservatório GO/MG no mês de maio de 2007.....	78
<b>FIGURA 35.</b>	Densidade relativa (%) dos táxons agrupados nas diferentes Classes taxonômicas da comunidade fitoplanctônica do reservatório de Cachoeira Dourada, registrados nos cinco pontos distribuídos ao longo do reservatório GO/MG no mês de novembro de 2007.....	79
<b>FIGURA 36.</b>	Densidade média das espécies abundantes no ponto 5 do reservatório de Cachoeira Dourada,GO/MG, nos meses de dezembro de 2006, maio de 2007 e novembro de 2007.....	80
<b>FIGURA 37.</b>	Densidade média das espécies abundantes no ponto 1 do reservatório de Cachoeira Dourada,GO/MG, nos meses de dezembro de 2006, maio de 2007 e novembro de 2007.....	82
<b>FIGURA 38.</b>	Densidade média das espécies abundantes no ponto 2 do reservatório de Cachoeira Dourada,GO/MG, nos meses de dezembro de 2006, maio de 2007 e novembro de 2007.....	83
<b>FIGURA 39.</b>	Densidade média das espécies abundantes no ponto 3 do reservatório de Cachoeira Dourada, GO/MG, nos meses de dezembro de 2006, maio de 2007 e novembro de 2007.....	84
<b>FIGURA 40.</b>	Densidade média das espécies abundantes no ponto 4 do reservatório de Cachoeira Dourada, GO/MG, nos meses de dezembro de 2006, maio de 2007 e novembro de 2007.....	85
<b>FIGURA 41.</b>	Índice de equitabilidade e o desvio padrão para a comunidade fitoplanctônica nos diferentes pontos amostrais do reservatório de Cachoeira Dourada (GO/MG) nos meses de dezembro de 2006, maio de 2007 e novembro de 2007.....	85
<b>FIGURA 42.</b>	Índice de diversidade e o desvio padrão para a comunidade fitoplânctonica nos diferentes pontos amostrais do reservatório de Cachoeira Dourada GO/MG, no período de dezembro de 2006, maio de	86

	2007 e novembro de 2007.....	
<b>FIGURA 43.</b>	Análise de Agrupamento hierárquico, utilizando o coeficiente de correlação de Pearson, para os dados de densidade dos táxons da comunidade fitoplanctônica, nos diferentes pontos de amostragem, no reservatório de Cachoeira Dourada GO/MG.....	87
<b>FIGURA 44.</b>	Ordenação pela CCA nos diferentes pontos do reservatório de Cachoeira Dourada, correlacionando os nutrientes, as variáveis físicas e as variáveis biológicas.....	88
<b>FIGURA 45.</b>	Mapa temático ilustrando a qualidade de água dos reservatórios de São Simão, Cachoeira Dourada, Itumbiara e Emborcação todos no Rio Paranaíba, Minas Gerais mapa traz ainda a qualidade de água dos principais tributários do lado mineiro do Rio Paranaíba (mapa obtido junto ao web site do IGAM e modificado por Pinto-Coelho 2004) - ANEXO A.....	144
<b>FIGURA 46.</b>	Mapa temático ilustrando a qualidade de água dos reservatórios de São Simão, Cachoeira Dourada, Itumbiara e Emborcação todos no Rio Paranaíba, Minas Gerais mapa traz ainda a qualidade de água dos principais tributários do lado mineiro do Rio Paranaíba (mapa obtido junto ao web site do IGAM e modificado por Teixeira de Oliveira, 2010).....	145
<b>FIGURA 47.</b>	Figura ilustrativa de <i>Aphanothece</i> sp. ....	148
<b>FIGURA 48.</b>	Figura ilustrativa de <i>Merismopedia glauca</i> .....	148
<b>FIGURA 49.</b>	Figura ilustrativa de <i>Microcystis</i> sp. ....	149
<b>FIGURA 50.</b>	Figura ilustrativa de <i>Coelastrum microporum</i> .....	149
<b>FIGURA 51.</b>	Figura ilustrativa de <i>Trachelomonas volvocina</i> .....	149

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	19
<b>2 OBJETIVO</b> .....	24
2.1 Hipótese .....	24
2.2 Estratégias.....	25
2.3 Etapas .....	25
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	26
3.1 Área de estudo .....	26
3.2 Metodologia de campo e laboratório .....	31
3.3 Caracterização dos pontos de coletas .....	32
3.4 Amostragem Biológica: Fitoplâncton.....	33
3.5 Variáveis abióticas.....	38
3.6 Índices de Comunidades Aquáticas.....	41
<b>4 RESULTADOS</b> .....	43
<b>5 DISCUSSÃO</b> .....	92
<b>6 CONCLUSÕES</b> .....	117
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	119
<b>8 REFERÊNCIAS</b> .....	120
<b>ANEXOS</b> .....	144

## APRESENTAÇÃO

O reservatório de Cachoeira Dourada faz parte de uma série de reservatórios artificiais do rio Paranaíba GO/MG e tem como finalidade a geração de energia elétrica, mas, também é utilizado nas atividades de lazer, despejos orgânicos, irrigação para agricultura e abastecimento das cidades de Cachoeira Dourada/GO e Cachoeira Dourada /MG.

Apresenta um volume de 519.000.000 m<sup>3</sup> e intensas atividades agrícolas (milho, cana, arroz e sorgo) e pecuárias. Atualmente é influenciado pela descarga do efluente da estação de tratamento de esgoto do município de Itumbiara que fica a 30 Km do canal, principal de entrada do rio Paranaíba ao reservatório.

A usina entrou em funcionamento em 1959, e na ocasião não havia sido realizado o estudo de impacto ambiental, assim, o sistema PCH de Cachoeira Dourada ficou sem licenciamento para operação por muitos anos, o que gerou interdição de funcionamento pelo IBAMA em 2003. Em 2005 iniciou os estudos ecológicos que dariam início ao processo de licenciamento e regulamentação de funcionamento.

Esses estudos são importantes em sistemas como o Reservatório de Cachoeira Dourada, na tentativa de garantir o controle da qualidade da água e fornecer água de qualidade aos municípios do entorno.

Atualmente novas técnicas de controle de qualidade da água vêm sendo estudadas e aplicadas no Brasil e no mundo. Os esforços conjunto, de pesquisadores, empreendedores e governo em descobrir ferramentas de menor custo e de fácil monitoramento estimulam estudantes de várias Universidades do País.

Um ecossistema sujeito a despejos orgânicos e a fertilizantes agrícolas apresenta uma forte predisposição a apresentar florações de microalgas planctônicas capazes de produzir toxinas prejudiciais ao homem e a biota aquática. Neste contexto o fitoplâncton torna-se um dos elementos que contribui no processo de contaminação da água. O controle da densidade desses organismos auxilia no processo de gestão do reservatório.

## 1 INTRODUÇÃO

Os reservatórios são corpos de água semi-fechados considerados ecossistemas com características de, rios e lagos e têm importância, econômica, ecológica e social interferindo qualitativa e quantitativamente com as redes hidrográficas de grande importância econômica e social (TUNDISI, 1981 e 1993). Os reservatórios brasileiros foram construídos com diferentes propósitos: armazenamento de água, produção de energia elétrica, navegação, recreação, irrigação e para controlar o curso e a vazão do rio (TUNDISI, 1984; BARBOSA, BICUDO and HUSZAR, 1995 e ESTEVES, 1998).

Criado a partir de recursos preexistentes, um reservatório também não se assemelha a um lago natural. Os lagos em geral são antigos, complexos e estáveis. Os reservatórios apresentam oscilações mais bruscas no nível hídrico e perdas constantes de biomassa e nutrientes pelo vertedouro (TUNDISI, 1985, 1990 e 1993; THORNTON, KIMMEL e PAYNE, 1990; KENNEDY, 1999; STRASKRABA and TUNDISI, 1999; TUNDISI, MATSUMURA-TUNDISI e ROCHA, 1999).

O represamento de um rio produz modificações nas condições básicas e na dinâmica de sua água. As condições hidrodinâmicas que se estabelecem após a formação dos reservatórios, aliadas ao aumento das concentrações de nutrientes, devido à decomposição da vegetação inundada e de aportes, a montante, favorecem o desenvolvimento algal (TRAIN et al., 2005), e esta biomassa pode ser exportada para o trecho a jusante dos mesmos (SILVA et al., 2001).

O transporte de sedimentos, nutrientes e a aeração do rio são alterados quando o curso do rio é interrompido por uma barragem. Ocorrem mudanças longitudinais devido à morfologia dos reservatórios e na velocidade de fluxo, resultando em diferentes profundidades da zona de mistura e alterações na disponibilidade de luz e concentração de nutrientes que, dentre outros aspectos, promovem a ocorrência de gradientes verticais e longitudinais dos fatores abióticos e das comunidades bióticas desses sistemas (KIMMEL et al., 1990). TUNDISI, MATSUMURA-TUNDISI e ROCHA (2002), destacam os impactos causados pelas construções de represas, entre eles, problemas de saúde pública devido à deterioração ambiental, os quais estão relacionados ao tamanho, volume, tempo de retenção do reservatório, localização geográfica e outros.

No Brasil, em razão da extensa rede hidrográfica há um elevado número de reservatórios, importantes em se tratando do fornecimento de água para sistemas de produção agrícola e industrial, consumo humano e pesca (CARVALHO et al., 2003). Como os grandes rios exercem um importante papel no desenvolvimento da sociedade humana, eles estão entre os ecossistemas mais intensamente fragmentados que existem, sendo a maioria deles atualmente barrados por reservatórios (JAGER et al., 2001), o que constitui um risco elevado à extinção de espécies, pois a conectividade longitudinal dos rios implica em conectividade biológica de montante a jusante.

Diversos processos definem ainda mecanismos básicos de funcionamento destes ecossistemas bem como as condições de vida e de desenvolvimento das comunidades aquáticas, dentre elas o fitoplâncton (TUNDISI, TUNDISI e ROCHA, 2002). Desta forma, a bem documentada auto-ecologia das comunidades bióticas, a sua distribuição e abundância de espécies em determinadas áreas de amostragem, são fatores importantes para indicar a qualidade da água (CHELLAPA, CÂMARA e ROCHA, 2009).

A comunidade fitoplanctônica é uma das comunidades recomendada como ferramenta para as avaliações da qualidade da água (COSTE et al., 1991 e PRYGIEL, 1991). O fitoplâncton consiste em uma grande variedade de algas com diferentes históricos de vida e estratégias para maximizar a produtividade (CHELLAPA, CÂMARA e ROCHA, 2009).

Quando os reservatórios e lagos tornam-se mais eutrofizados a diversidade da composição do fitoplâncton gradualmente diminui, o que leva em últimas instâncias para a dominância de cianobactérias e a produção de toxinas (CHELLAPP, 1990; ANDERSEN, 1997 e AZEVEDO et al., 1994). A relevância dos estudos ecológicos e sanitários do fitoplâncton em saúde pública deve-se ao fato de que eles atestam a qualidade e possibilitam o monitoramento das águas utilizadas para usos múltiplos, principalmente aqueles ligados diretamente à saúde humana (MATSUZAKI, MUCCI e ROCHA, 2004).

O fitoplâncton em reservatórios pode ser estudado sob o ponto de vista qualitativo, onde os aspectos taxonômicos e de estrutura populacional são enfocados. Os estudos quantitativos do fitoplâncton abordam os padrões de avaliação da qualidade de água dos recursos hídricos. Além disto, o curto tempo de geração das algas (horas-dias) permite que importantes processos sejam mais bem compreendidos, tornando a comunidade fitoplanctônica útil como modelo para um melhor entendimento de outras comunidades e dos ecossistemas em geral (HARRIS, 1986; SOMMER, 1989 e REYNOLDS, 1997).



O crescimento do fitoplâncton normalmente é influenciado por fatores limitantes (nitrogênio e fósforo) e controladores. No ambiente aquático, cada espécie de alga apresenta características inferiores e superiores que constituem os seus limites de tolerância, entretanto, a composição física e química da água de um reservatório apresenta variações que dependem da estação do ano, do período do dia, do local e da profundidade. O fósforo é o nutriente que potencialmente limita o crescimento do fitoplâncton e, a liberação deste composto nos ecossistemas aquáticos produz uma variedade de respostas complexas nos organismos.

Quando ocorrem altas concentrações de fósforo, o nitrogênio e o carbono passam a ser nutrientes limitantes (MARGALEF, 1983). Durante esse processo, o excesso de macronutrientes na água promove o crescimento exacerbado de algas, especialmente as cianofíceas, ou cianobactérias.

O excesso de cianofíceas (TUNDISI e TUNDISI, 2008) leva à formação de um filme que impede a entrada de luz na camada limnética, além de causar toxicidade ao sistema devido à produção de neurotoxinas, hepatotoxinas e dermatotoxinas (BRANDÃO e DOMINGOS, 2006) as quais causam danos à saúde humana e de outros organismos.

No Brasil o marco legal para o monitoramento de cianobactérias para água de consumo humano foi à implantação da portaria 1469, de 20 de dezembro de 2000 (BRASIL, 2001b), sendo mais tarde substituídas pela portaria 518, de 25 de março de 2004 (BRASIL, 2005a). Entretanto, inexistente uma proposta legal para águas recreacionais ou para a avaliação de ecossistemas lênticos artificiais. É importante se ter a noção de que a ausência visível das células não implica na ausência de toxinas, uma vez que a lise celular leva à sua liberação, por isso a extrema importância dos estudos e monitoramento dos corpos hídricos, uma vez que permitirão um controle adequado para seus múltiplos usos.

Huszar e Silva (1999) realizaram um levantamento de publicações referentes aos ecossistemas aquáticos continentais brasileiros, e foi possível visualizar um cenário de dominância de cianobactérias em 52% dos ambientes, quando de seus máximos de biomassa e/ou densidade. Algumas dessas espécies são aquelas usualmente registradas em ambientes de região temperadas como espécies de *Microcystis* e *Anabaena*. Outras, entretanto, são mais comuns em ambientes tropicais e subtropicais (*Cylindrospermopsis*, *Synechocystis*, *Synechococcus*, *Jaaginema*). De acordo com esse levantamento, a dominância dessas algas foi mais marcante em reservatórios (48%) e lagoas costeiras (50%) (HUSZAR e SILVA, 1999).

Tem sido crescente a demanda por parte da sociedade, de informações relativas às possíveis conseqüências de ações antrópicas sobre os ecossistemas aquáticos voltados ao

uso pela população humana, bem como informações sobre os grupos de algas indicadoras da qualidade da água (BOZELLI e HUSZAR, 2003). As associações fitoplanctônicas têm sido apontadas como eficientes indicadores de alterações ambientais (ALVAREZ-COBELAS et al., 1998).

Um dos objetivos dos profissionais que atuam em manejo de lagos e reservatórios é controlar a composição de espécies de algas, favorecendo espécies “inócuas”, em detrimento daquelas reportadas como tóxicas (BOZELLI e HUSZAR, 2003). As pesquisas sobre cianotoxinas têm documentado, de maneira crescente, o registro de espécies de cianobactérias tóxicas em águas brasileiras (AZEVEDO et al., 1994; AZEVEDO et al., 1996 e YUNES et al., 1996).

WETZEL (2000) argumenta que a pesquisa limnológica, a descrição da biota aquática e das condições ambientais podem ajudar a enfrentar a deterioração dos corpos hídricos, um dos graves problemas da sociedade humana atual. A caracterização da biodiversidade aquática serve como um importante agente indicador da saúde do ecossistema. O estudo da composição taxonômica do fitoplâncton e da diversidade da comunidade proporciona informações básicas sobre gradientes horizontais referentes à eutrofização, poluição e variações na estrutura da ficoflórula. Essas variações na composição do fitoplâncton, e as diversas associações que ocorrem no tempo no espaço, constituem uma resposta rápida e preditiva às modificações nas condições ambientais.

No Brasil, as primeiras pesquisas limnológicas datam da década de 1930 e tinham forte caráter taxonômico (SBL, 2003). Os primeiros estudos sobre a ecologia do fitoplâncton foram iniciados na década de 50. A produção científica aumentou gradativamente e, ao final da década de 90, estavam disponíveis mais de 150 trabalhos sobre a ecologia do fitoplâncton, metade destes em reservatórios. Hoje, dentre todos os ambientes limnológicos, os reservatórios das regiões sul e sudeste são os mais estudados (ARCIFA et al., 1981; HUSZAR; SILVA e ESTEVES, 1990; BARBOSA, BICUDO e HUSZAR, 1995; CALIJURI e SANTOS, 1996; HENRY, 1999).

Os dados gerados para estes ambientes têm mostrado que a comunidade fitoplanctônica é controlada basicamente pela sazonalidade, períodos de chuva e seca, quantidade de nutrientes na água, estratificação e circulação (dependente da profundidade) e conseqüente camada de mistura. A velocidade e a duração dos ventos determinam alterações na estrutura da comunidade algal. Efeitos do tempo de retenção nos reservatórios influenciam os parâmetros físicos e químicos da água e, em conseqüência, a variabilidade do fitoplâncton (STRASKRABA, 1999).

A maioria dos estudos e modelos descritivos e preditivos existentes sobre a distribuição e abundância do fitoplâncton tem sido realizada considerando-se a comunidade total uniforme ou então os grandes grupos taxonômicos (Filos ou Classes), a despeito da elevada diversidade morfológica e funcional entre as espécies (MARINHO e HUSZAR, 2002). No entanto, estudos que enfocam as mudanças do fitoplâncton abordando suas estratégias adaptativas (C, S, R-estrategistas) e grupos de espécies (grupos funcionais) descritoras das condições ambientais são mais apropriados, pois o tamanho e a forma das algas estão diretamente ligados às suas adaptações fisiológicas, permitindo prever de maneira mais efetiva as condições do ambiente do que os grupos filogenéticos (REYNOLDS, 1988; 1997; PADISÁK e REYNOLDS, 1998; HUSZAR e CARACO, 1998; HUSZAR et al., 2000; REYNOLDS et al., 2002; MARINHO e HUSZAR, 2002 and BORGES, TRAIN e RODRIGUES, 2008).

O fitoplâncton tornou-se uma ferramenta biotecnológica simples e eficaz na elaboração de modelos capazes de responder prontamente às características diagnósticas dos sistemas (HUSZAR et al., 1998). A compreensão dos eventos a luz da ecologia do fitoplâncton, permite a predição, prevenção e controle de problemas relacionados ao funcionamento dos corpos hídricos. A partir da utilização da teoria fitossociológica para as algas, realizada por Reynolds (1997) e revisada por Reynolds et al., (2002), o uso das associações fitoplanctônicas na caracterização dos ecossistemas aquáticos, tornou-se um importante instrumento para auxiliar, dentre outras funções, na determinação da qualidade da água.

De acordo com a frequência e a intensidade dessas mudanças, os aspectos quantitativos da biota podem ser modificados selecionando espécies por meio de mecanismos de concorrência que permite a sobrevivência das espécies favorecidas por suas estratégias adaptativas (REYNOLDS, 1988).

As estratégias de sobrevivência podem ser consideradas como grupos de características morfológicas, fisiológicas, reprodutivas e comportamentais características que se desenvolveram entre as espécies e populações, levando a uma resposta mais adequada às diferentes condições ambientais (GRIME, 1979). A palavra associação é usada por ecologistas de vegetação terrestre para grupo de espécies que têm respostas semelhantes a um conjunto de condições ambientais. Em águas doces a co-existência de espécies que têm exigências ecológicas semelhantes ocorre frequentemente, formando os denominados grupos funcionais (REYNOLDS, 1997; REYNOLDS et al., 2002 e PADISÁK et al., 2006).

A aplicação do conceito de grupos funcionais fitoplanctônicos em regiões de clima temperado tem sido realizada por vários autores (ARAUZO e COBELAS, 1994; REYNOLDS, 1997; HUSZAR et al., 2003; PADISÁK et al., 2003). REYNOLDS et al., (2002) propuseram uma lista de grupos funcionais, com base em suas tolerâncias, sensibilidade e ocorrência em diferentes condições ambientais. Estes autores incluíram 31 grupos que reúnem espécies pertencentes a distintas classes, mas com estratégias semelhantes, que permitem sua sobrevivência em condições ambientais específicas (GEMELGO; MUCCI e NAVAS-PEREIRA, 2009).

Nas regiões tropicais e subtropicais esta abordagem tem sido aplicada. Estudos realizados por Kruk et al., (2002), Melo e Huszar (2000), Tucci (2002), Huszar et al., (2003), Crossetti e Bicudo (2005), Lopes et al., (2005), Borges et al., (2008) e Gemelgo; Mucci e Navas-Pereira (2009) podem ser mencionados. A utilização de grupos funcionais para avaliar as mudanças ambientais tem se mostrado muito útil e eficaz.

## **2 OBJETIVO**

O objetivo deste estudo é avaliar a qualidade da água do reservatório de Cachoeira Dourada utilizando índices baseados em características físicas, químicas e biológicas, com ênfase na comunidade fitoplânctônica.

### **2.1 Hipótese**

Assim, a hipótese deste estudo é:

A comunidade fitoplanctônica serve como uma ferramenta para a avaliação da qualidade da água do reservatório de Cachoeira Dourada.

### **2.2 Estratégias**

Caracterizar a estrutura da comunidade fitoplanctônica em escala sazonal e espacial, verificar a ocorrência de grupos funcionais, bem como analisar a qualidade da água através de índices de qualidade de água e através da caracterização da comunidade e finalmente a análise da correlação da comunidade fitoplanctônica com as variáveis físicas e químicas, no reservatório de Cachoeira Dourada GO/MG.

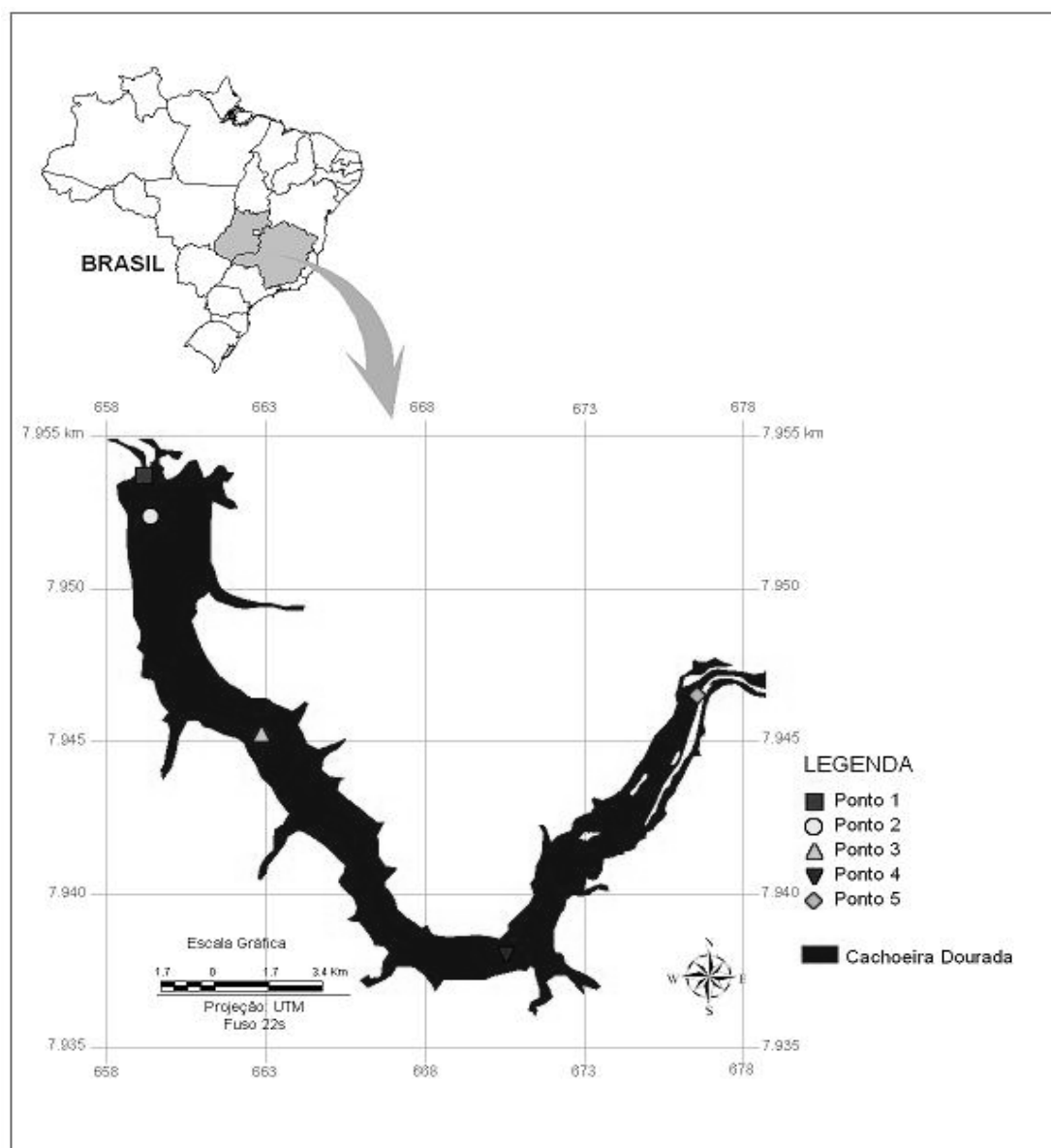
### **2.3 Etapas**

- Caracterizar a composição, a densidade, a diversidade, a equitabilidade, riqueza e a estrutura de tamanho da comunidade fitoplanctônica do Reservatório de Cachoeira Dourada, com base nos princípios do Programa Aqua rap.
- Analisar a relação existente entre as variáveis físicas e químicas da água e a comunidade fitoplanctônica.
- Analisar e caracterizar a comunidade fitoplanctônica nas escalas espacial e temporal.
- Diagnosticar a ocorrência de grupos funcionais com o intuito de auxiliar na caracterização da qualidade da água do reservatório através dos conhecimentos e agrupamentos fitossociológicos.
- Aplicar índices de qualidade de água utilizando, a comunidade fitoplanctônica e as características físicas e químicas do reservatório.

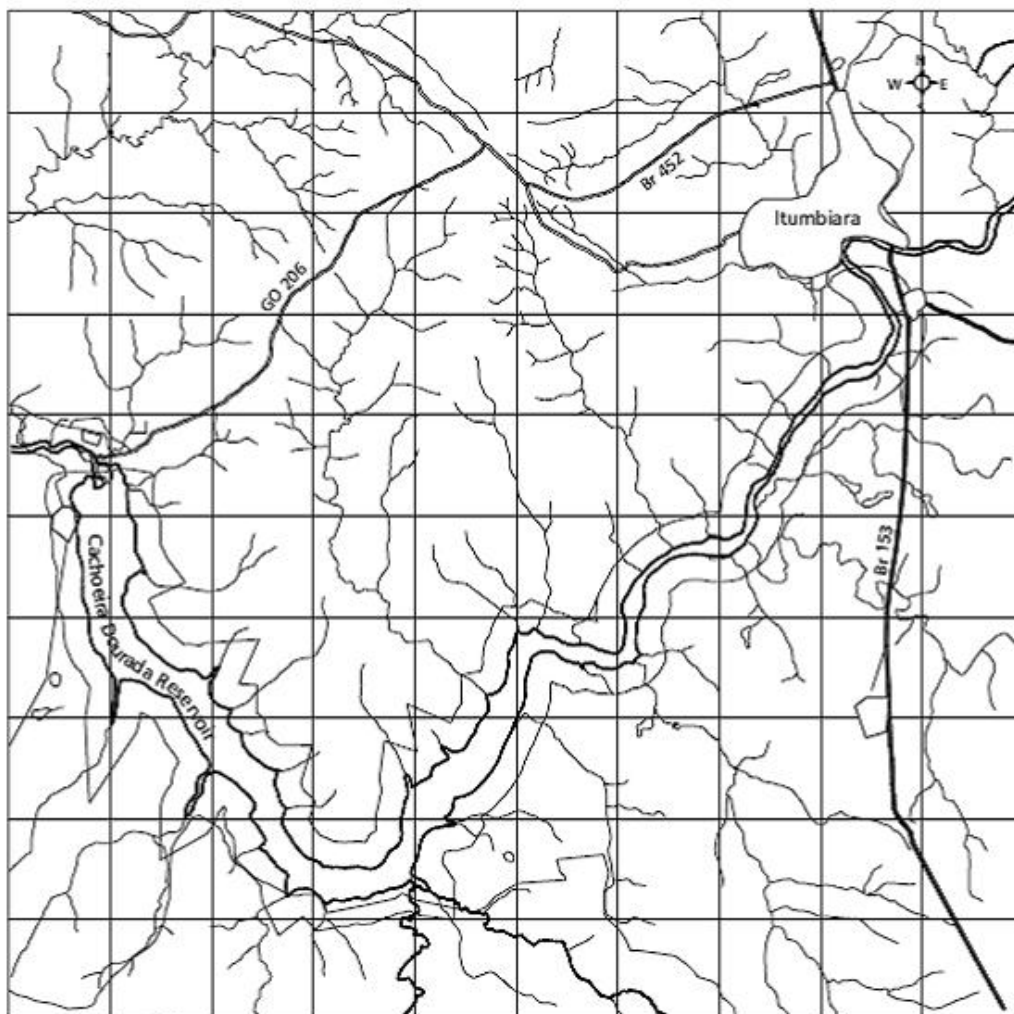
### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Área de estudo

A bacia hidrográfica do reservatório da usina hidrelétrica (UHE) de Cachoeira Dourada GO/MG (Figuras 1 e 2), localiza-se na divisa entre os estados de Goiás e Minas Gerais, estando delimitada pela coordenadas em UTM's - 650.000 a 760.000 m e 7.910.000 a 7.965.000m (CABRAL et al., 2005).



**Figura 1.** Mapa de localização do reservatório de Cachoeira Dourada entre a divisa dos estados GO/MG e mapa do reservatório com a localização dos 5 pontos de coleta para o presente estudo.



**Figura 2.** Mapa do reservatório de Cachoeira Dourada evidenciando o corpo do reservatório e os tributários. Fonte: Bini et al., (2005).

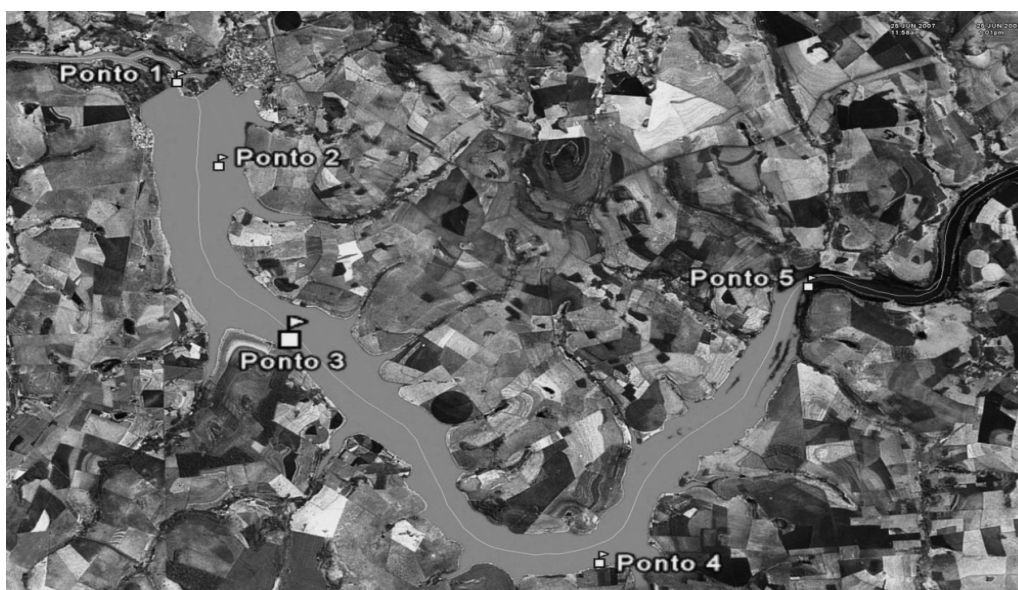
O clima dominante na área de estudo, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cwa, ou seja, quente e úmido, com estação chuvosa no verão e seca no inverno, com temperatura média anual entre 22°C e 24° C e máxima podendo ultrapassar 35° C.

A usina entrou em funcionamento em 1959 com a finalidade principal de gerar energia elétrica, fazendo parte do complexo de barragens situadas ao longo do rio Paranaíba, tendo o lago um volume de 519.000.000 m<sup>3</sup> (5,19 x 10<sup>8</sup> m<sup>3</sup>) cuja bacia de drenagem abrange uma área de 3.111 km<sup>2</sup>, possibilitando a geração de 635 MW (CABRAL et al., 2005), localiza-se predominantemente no município de Cachoeira Dourada no estado de Goiás (Figuras, 3,4 e 5).



Fonte: Sthéverton, B. Mendes

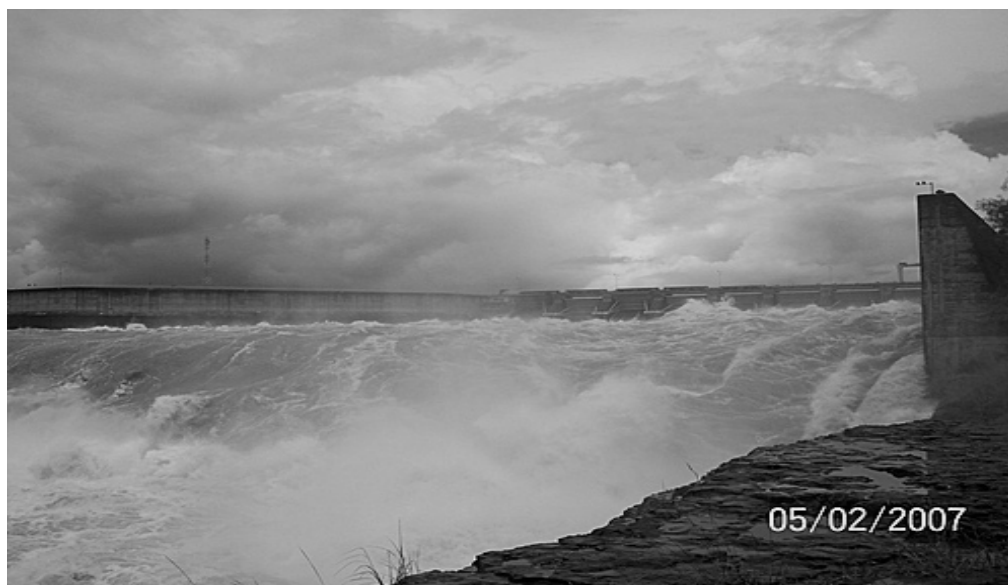
**Figura 3.** Vista aérea da barragem da Usina Hidrelétrica de Cachoeira Dourada GO/MG.



Fonte: Google Earth.

**Figura 4.** Imagem de satélite demonstrativa dos pontos de coleta do fitoplâncton ao longo do reservatório de Cachoeira Dourada nos meses de dezembro de 2006, maio de 2007 e novembro de 2007. Ponto 1 a jusante da barragem; Ponto 2 corpo da represa fora da influência da cidade de Cachoeira Dourada MG e Cachoeira Dourada GO; Ponto 3 no meio da primeira parte da represa; Ponto 4 na curva principal da represa e na região de depósito de sedimento pela correnteza e Ponto 5 na área de influência do rio Paranaíba a montante da represa. (Fonte: Google Earth, acessado em novembro de 2009)





Fonte: Fernando Zoi

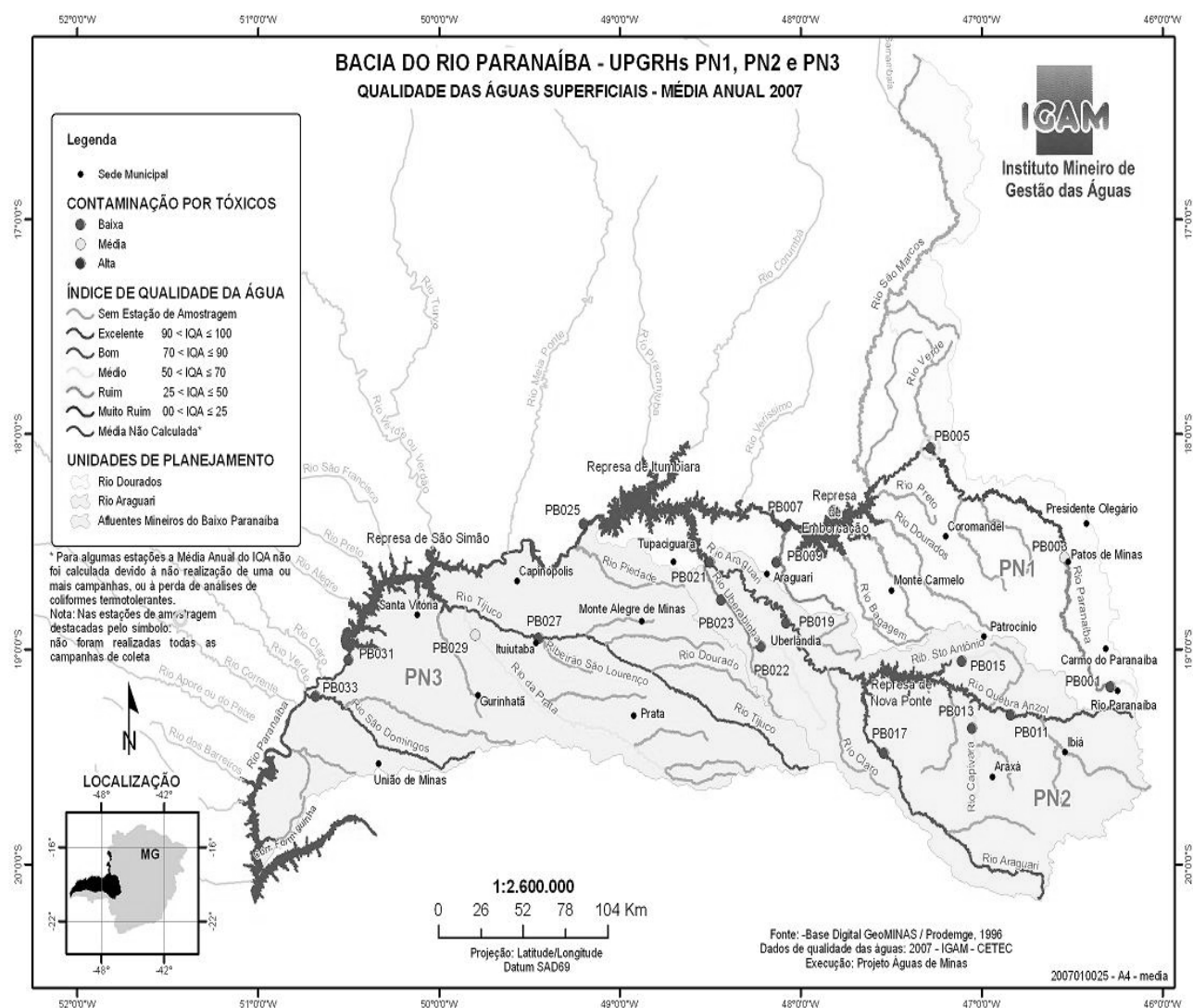
**Figura 5.** Vista da barragem com as comportas abertas no período chuvoso da Usina Hidrelétrica de Cachoeira Dourada GO/MG.

A Bacia hidrográfica do rio Paranaíba apresenta uma área total de 222.767 Km<sup>2</sup>. É a segunda maior bacia hidrográfica do rio Paraná, com 25,4%, sua área abrange 4 estados: Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul e Distrito Federal. Apresenta ao longo de seu curso um total de 16 reservatórios (UHEs) e contribuindo com uma produção aproximada de 7 mil MW (WIKIPÉDIA, 2009).

O rio Paranaíba nasce no estado de Minas Gerais, é o principal formador do rio Paraná. Nasce na Serra da Mata da Corda, município de Rio Paranaíba, estado de Minas Gerais, na altitude de 1.148m, ao longo do seu percurso divide-se em três trechos distintos: Alto Paranaíba, Médio Paranaíba e Baixo Paranaíba (WIKIPÉDIA, 2009).

No baixo rio Paranaíba está localizada a barragem de Cachoeira Dourada à confluência com o rio Grande, com 330 Km de extensão. Entre os Km 195 e 330, tem declividade de 33cm/Km, no limite deste trecho, existe o aproveitamento hidrelétrico de Cachoeira Dourada, o qual foi pertencente às Centrais Elétricas de Goiás (CELG), foi privatizada e hoje pertence à empresa Endesa Cachoeira, é uma usina geradora de 658 mil KW e apresenta 19 m de queda, fornece energia elétrica para a CELG (WIKIPÉDIA, 2009).

Abaixo de Cachoeira Dourada, encontra-se o chamado Canal de São Simão, estreita garganta cortada no basalto, com 23 Km de extensão e 35m de profundidade, situada no limite dos estados de Minas e Goiás. Neste trecho situa-se a hidrelétrica de São Simão, que está em operação, gerando 2.680 mw (WIKIPÉDIA, 2009) (Figura 6).



Fonte: IGAM,2010.

**Figura 6.** Mapa temático ilustrando a divisa entre os estados de Goiás (acima) e Minas Gerais (abaixo), delimitados pelo rio Paranaíba e o complexo de represas existentes ao longo do rio. O reservatório de Cachoeira Dourada, identificado como Capinópolis, localiza-se entre o reservatório de Itumbiara e São Simão.

O rio Paranaíba é navegável apenas no remanso da barragem de Ilha Solteira, numa extensão de 180 Km até a barragem de São Simão. Desde a foz até o final do remanso de Emborcação, apresenta um desnível de 262 m com cinco aproveitamentos hidroelétricos: São Simão, Cachoeira Dourada, Itumbiara, Anhanguera e Emborcação. Apresenta dificuldades na implantação da navegação, devido a presença ao longo de seu percurso de elevadas quedas, deflexões de níveis acentuados e remansos de uma barragem que não alcança o pé da próxima situada a montante, entretanto, há muito vem sendo apontado como possível via de navegação, interior, que daria acesso à região mais central do Brasil, inclusive à Capital Federal (WIKIPEDIA, 2009).

### 3.2 Caracterização dos pontos de coletas

Os pontos abaixo relacionados foram distribuídos ao longo do reservatório e a jusante do mesmo.

**Ponto 1.** Localiza-se a jusante da barragem, recebe a influência da turbina e da água que sai do reservatório.

**Ponto 2.** Corpo da represa fora da influência da cidade de Cachoeira Dourada MG e Cachoeira Dourada GO.

**Ponto 3.** Localizado no meio da primeira parte da represa influenciada pelos impactos na área de entorno da bacia (agricultura e pecuária).

**Ponto 4.** Localizado na curva principal da represa, caracterizado como região de depósito de sedimento pela correnteza.

**Ponto 5.** Localiza-se a montante da represa na área de influência do rio Paranaíba e da estação de tratamento de água do Município de Itumbiara/GO.

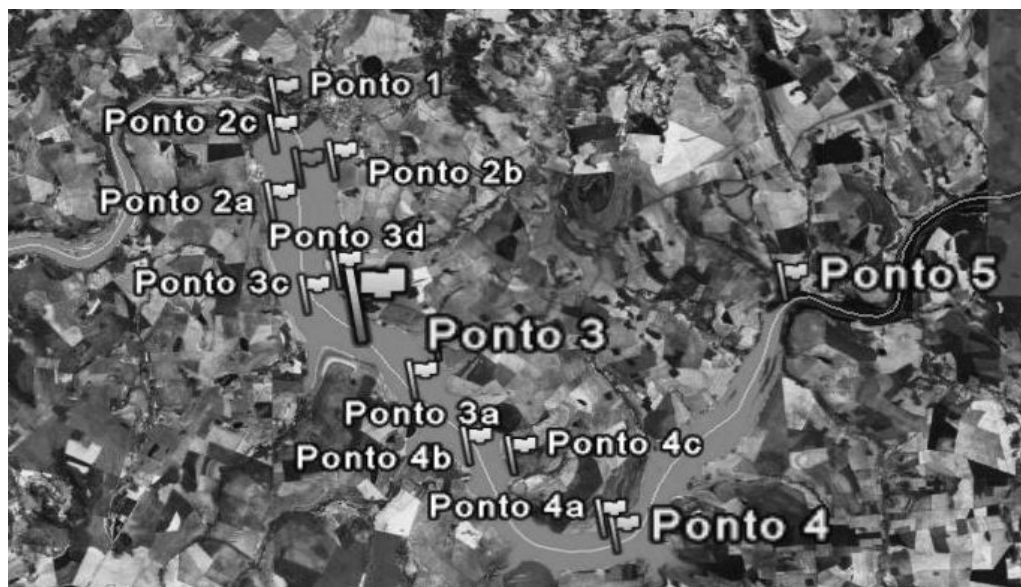
### 3.3 Metodologia de campo e laboratório

Amostragens:

O estudo foi desenvolvido no período de dezembro de 2006 a novembro de 2007, abrangendo análises das variáveis físicas e químicas da água, com exceção do mês de janeiro de 2007 e três campanhas, realizadas nos meses de dezembro de 2006, maio de 2007 e novembro de 2007 para análise da comunidade fitoplanctônica.

As amostras de fitoplâncton foram coletadas em cinco pontos amostrais, com as seguintes coordenadas geográficas: (Ponto 1: S 18°30'15.05'' e O 49°29'25.99''; Ponto 2: S 18°31'32.86'' e O 40°28'46.39''; Ponto 3: S 18°34'45.40'' e O 49°28'1.50''; Ponto 4: S 18°38'51.04'' e O 49°22'23.97'' e Ponto 5: S - 18° 33'41.80'' e O 49° 19'24.82''), distribuídos ao longo da represa (Figura 7).

As amostras de água para análise das variáveis físicas e químicas foram coletadas inicialmente nos cinco pontos anteriormente mencionados, a partir do mês de maio de 2007 a amostragem foi ampliada para 15 pontos, conforme representados na Figura 7. O aumento no número de pontos foi necessário devido ao alto coeficiente de variação obtido para as variáveis físicas e químicas, o que poderia comprometer a confiabilidade dos dados.



Fonte: Google Earth

**Figura 7.** Imagem de satélite dos 15 pontos estabelecidos para coleta de água visando à análise das variáveis físicas e químicas no reservatório de Cachoeira Dourada, durante do período de novembro de 2006 a dezembro de 2007.

### 3.4 Amostragem Biológica: Fitoplâncton

As amostragens do fitoplâncton foram realizadas nos meses de dezembro de 2006/verão, maio de 2007/outono e novembro de 2007/primavera, nos cinco pontos de amostragem pré-estabelecidos (pontos 1, 2, 3, 4 e 5) distribuídos ao longo do gradiente longitudinal no reservatório de Cachoeira Dourada (Figura 4).

A amostragem do fitoplâncton foi baseado nos princípios do AquaRAP, um projeto internacional e multidisciplinar destinado a identificar áreas prioritárias para conservação e manejo sustentável nos ecossistemas aquáticos. Seu objetivo principal é determinar o valor biológico e o estado de conservação dos ecossistemas de água doce tropicais, para divulgar os resultados o mais rápido possível a autoridades, conservacionistas, cientistas e agências internacionais de financiamento.

Baseado nestes princípios as coletas de fitoplâncton foram realizadas apenas em períodos considerados determinantes na mudança das variáveis físicas, químicas e biológicas na área do reservatório de Cachoeira Dourada.

As coletas para análise quantitativa foram realizadas com auxílio da garrafa de Van Dorn, e as foram amostras foram fixadas em lugol acético a 1% e armazenadas em frascos de vidro tipo âmbar de 150 ml de volume e preservados com 7,5 ml de formaldeído a 40% neutralizado, resultando em uma concentração final de 2% segundo Norma Técnica L5.303 (CETESB, 1990 b).

Em laboratório foi realizada a análise da densidade com auxílio de câmaras de sedimentação de 2ml, segundo o método descrito por Utermöhl (1958). A contagem do fitoplâncton foi feita pelo método dos transectos, utilizando-se microscópio invertido da marca Zeiss, modelo Axiovert, com aumento máximo de 1000 vezes.

O volume sedimentado foi definido de acordo com a concentração de algas e/ou detritos presentes na amostra e o tempo de sedimentação conforme a altura da câmara, sendo de no mínimo três horas para cada centímetro de altura da câmara, segundo o procedimento proposto Wetzel e Likens (1991). A contagem foi realizada aleatoriamente, por campos .

O limite de contagem foi determinado por meio da estabilização da curva de espécies, no qual um número suficiente de campos é contado até que se estabilize o número de espécies adicionadas por campo (SANT'ANNA et al., 2006), quando possível obtendo o número de 100 indivíduos por espécie.

Os indivíduos (células, cenóbios, colônias ou filamentos) foram enumerados em campos aleatórios (UHELINGER, 1964). Os resultados foram expressos em densidade ( $\text{org.mL}^{-1}$ ) e calculados de acordo com a fórmula descrita por Ross (1979).

$$\text{Organismos.mL}^{-1} = (n/sc). (1/h).(F)$$

Em que:

**n** = número de indivíduos efetivamente contados

**s** = área do campo em  $\text{mm}^2$  no aumento de 40X

**c** = número de campos contados (40 campos)

**h** = altura da câmara de sedimentação em mm.

**F** = fator de correção para mililitro ( $10^3 \text{ mm}^3 / 1 \text{ mL}$ )

Para a análise qualitativa, foi utilizada uma rede de plâncton com 20  $\mu\text{m}$  de abertura de malha, realizando-se varreduras horizontais e verticais combinadas (Fig. 3), visando concentrar o material para a análise taxonômica. Os organismos retidos na rede foram acondicionados em frascos de polietilenos e fixados em solução de formaldeído a 4 %.

Em laboratório as amostras foram analisadas utilizando-se lâminas e lamínulas, sob microscópio binocular comum da marca Carl Zeiss, modelo Axioscop, com resolução máxima de 2560 vezes, e identificadas sempre que possível, ao menor nível taxonômico, utilizando-se bibliografia especializada.

Para a identificação dos organismos, foram consultadas especialmente as obras de Anagnostidis e Komárek (1988), Azevedo et al., (1996), Bourrelly (1968, 1970, 1972),

Cromberg e Komárek (1994), Desikachary (1959), Komárek (1974), Komárek e Anagnostidis (1986, 1989, 1999), Komárek e Fott (1983), Komárek e Kilng (1991), Komárková-Legnerová e Eloranta (1992), Krammer e Lance-Bertalot (1986, 1991), Phillipose (1967), Prescott (1962) e Weber (1971), entre outros.

As categorias de tamanho (nano e micro) identificadas na comunidade fitoplanctônica seguiram a classificação de Sieburth (1978) (Tabela 1).

**Tabela 1.** Subdivisão dos organismos planctônicos de acordo com o tamanho (SIEBURTH, 1978).

<b>Dimensão</b>	<b>Nome</b>	<b>Forma de vida</b>
0,2- 2	Picoplâncton	Algas unicelulares e bactérias
2-20	Nanoplâncton	Algas unicelulares e protistas
20-200	Microplâncton	Células grandes e cenóbios
200 - 2mm	Mesoplâncton	Grandes algas coloniais

### Índice de Diversidade (H')

O Índice de diversidade permite estabelecer métricas que se relacionam com a riqueza, o número de espécies presentes e a uniformidade da distribuição das abundâncias relativas dos indivíduos de cada espécie (PIELOU, 1966 citado por BRANCO, 1991).

O índice de Shannon-Wiener (1963), foi calculado pela fórmula:

$$H' = - \sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i$$

Em que:  $p_i = n_i/n$

$n_i$  = número total de indivíduos de cada táxon na amostra

$n$  = número total de indivíduos na amostra

### Equitabilidade

Segundo Pielou (1975), a diversidade máxima pode ser encontrada quando todas as espécies estiverem igualmente distribuídas. Neste caso, o índice de diversidade pode ser considerado como uma medida da equitabilidade, a qual é expressa como a razão entre a diversidade real e a diversidade hipotética (distribuição uniforme das espécies), de acordo com a seguinte fórmula:

$$E = \frac{H'}{H'' \text{ Max}}$$

**Em que:**

$H''$  = índice de diversidade de Shannon-Wiener

$$H'' \text{ Max} = \log_2 S$$

Os valores de equitabilidade variam entre zero e 1 sendo que o valor do índice de equitabilidade igual a 1 representa a condição em que as espécies estão igualmente distribuídas. A equitabilidade expressa a forma com que os indivíduos estão distribuídos entre os táxons e a riqueza de uma amostra equivale ao número total de táxons nela presente.

### **Riqueza (S)**

Foi considerada como o número total de táxons encontrados por amostra.

### **Abundância e dominância de espécies**

O critério utilizado para a determinação de grupos abundantes e dominantes foi aquele descrito por Lobo e Leighton (1986).

De acordo com este critério são considerados abundantes aqueles táxons cuja densidade foi maior do que o valor da densidade média, em função do número total de indivíduos das espécies ou grupos presentes na amostra, e dominantes aqueles cuja densidade supera 50% do número total de indivíduos presentes na amostra.

### **Frequência de ocorrência (F) (%)**

As espécies foram classificadas de acordo com o índice proposto por Dajoz (1973), adotando-se os critérios de Tucci (2002).

**Constantes:** Espécies presentes em 80% ou mais das amostras

**Frequentes:** Espécies presentes em 50% ou mais e em menos de 80% das amostras

**Comuns:** Espécies presentes em mais de 20% e em menos de 50% das amostras

**Raras:** Espécies presentes em 20% ou menos das amostras

$$F = Pa/P * 100$$

Onde: Pa = número de amostras em que a espécie “a” está presente

P = número total de amostras analisadas.

### **Grupos funcionais**

O agrupamento das espécies em diferentes grupos funcionais foi baseado nos critérios sugeridos por Reynolds et al., (2002). Esse agrupamento e discussão dos grupos funcionais foram realizados para as espécies classificadas como espécies abundantes de acordo com os critérios de Lobo e Leighton (1986) (Tabela 2).

**Tabela 2.** Tabela extraída do trabalho de Reynolds et al., (2002), apresenta a classificação atualizada em relação ao trabalho do mesmo autor de 1997.

Códon	Habitat	Representantes típicos	Tolerâncias	Sensibilidades
A	Lagos transparentes freqüentemente bem misturados, pobres em base	<i>Urosolenia</i> , <i>Cyclotella comensis</i>	Baixas concentrações de nutrientes	Aumento do pH
B	Lagos mesotróficos, pequenos a médios, mistos verticalmente,	<i>Aulacoseira subarctica</i> , <i>Aulacoseira islandica</i>	Pouca luz	Aumento do pH, depleção de Si, estratificação
C	Lagos eutróficos mistos, pequenos a médios	<i>Asterionella formosa</i> <i>Aulacoseira ambigua</i> <i>Stephanodiscus rotula</i>	Pouca luz e carbono	Esgotamento de Si, estratificação
D	Águas rasas, enriquecidas e turvas, incluindo rios	<i>Synedra acus</i> <i>Nitzschia spp</i> <i>Stephanodiscus hantzschii</i>	Águas correntes	Depleção de nutrientes
N	Epilímnio mesotrófico	<i>Tabellaria</i> <i>Cosmarium</i> <i>Staurodesmus</i>	Baixas concentrações de nutrientes	Estratificação, aumento do pH
P	Epilímnio eutrófico	<i>Fragilaria crotonensis</i> <i>Aulacoseira granulata</i> <i>Closterium aciculare</i> <i>Staurastrum pingue</i>	Luz suave e deficiência de carbono	Estratificação, depleção de Si
T	Epilímnio profundo e bem misturado	<i>Geminella</i> <i>Mougeotia</i> <i>Tribonema</i>	Pouca luz	Deficiência de nutrientes
S1	Camadas mistas turvas	<i>Planktothrix agardhii</i> <i>Limnothrix redekei</i> <i>Pseudanabaena</i>	Alta deficiência de luz	Águas correntes
S2	Camadas rasas, mistas e turvas	<i>Spirulina</i> <i>Arthrospira</i> <i>Raphidiopsis</i>	Deficiência de luz	Águas correntes
S <sub>N</sub>	Camadas mistas quentes	<i>Cylindrospermopsis</i> <i>Anabaena minutissima</i>	Deficiência de luz e nitrogênio	Águas correntes
Z	Camadas mistas claras	<i>Synechococcus</i> picoplâncton procariotípico	Poucos nutrientes	Pastejo com deficiência de luz
X3	Camadas rasas, claras e mistas	<i>Koliella</i> <i>Chrysococcus</i> picoplâncton eucariótico	Condição de base baixa	Mistura, pastejo
X2	Camadas rasas, claras e mistas em lagos meso-eutróficos	<i>Plagioselmis</i> <i>Chrysochromulina</i>	Estratificação	Mistura, alimentação por filtração
X1	Camadas rasas mistas em condições enriquecidas	<i>Chlorella</i> , <i>Ankyra</i> <i>Monoraphidium</i>	Estratificação	Deficiência de nutrientes, alimentação por filtração
Y	Geralmente lagos pequenos, enriquecidos	<i>Cryptomonas</i>	Pouca luz	Fagótrofos!



**Cont...Tabela 2.** Tabela extraída do trabalho de Reynolds et al., (2002), apresenta a classificação atualizada em relação ao trabalho do mesmo autor de 1997.

Códon	Habitat	Representantes típicos	Tolerâncias	Sensibilidades
E	Geralmente lagos oligotróficos pequenos, pobres em base, ou lagoas heterotróficas	<i>Dinobryon</i> <i>Mallomonas</i> ( <i>Synura</i> )	Poucos nutrientes (recorrem à mixotrofia)	Deficiência de CO <sub>2</sub>
F	Epilímnio claro	Clorófitos coloniais, p.ex. <i>Botryococcus</i> , <i>Pseudosphaerocystis</i> , <i>Coenochloris</i> , <i>Oocystis lacustris</i>	Poucos nutrientes, elevada turbidez	Deficiência de CO <sub>2</sub>
G	Colunas d'água curtas, ricas em nutrientes	<i>Eudorina</i> <i>Volvox</i>	Alta tolerância à luz	Deficiência de nutrientes
J	Lagos, lagoas e rios rasos e enriquecidos	<i>Pediastrum</i> , <i>Coelastrum</i> , <i>Scenedesmus</i> , <i>Golenkinia</i>		Sedimentação em condições de pouca luz
K	Colunas curtas ricas em nutrientes	<i>Aphanothece</i> <i>Aphanocapsa</i>		Profundidade de mistura
H1	Nostocales fixadores de dinitrogênio	<i>Anabaena flos-aquae</i> <i>Aphanizomenon</i>	Baixo nitrogênio, baixo carbono	Mistura, pouca luz, baixo fósforo
H2	Nostocales fixadores de dinitrogênio de grandes lagos mesotróficos	<i>Anabaena lemmermanni</i> <i>Gloeotrichia echinulata</i>	Baixo nitrogênio	Mistura, pouca luz
U	Epilímnio de verão	<i>Uroglena</i>	Poucos nutrientes	Deficiência de CO <sub>2</sub>
L <sub>O</sub>	Epilímnio de verão em lagos mesotróficos	<i>Peridinium</i> , <i>Woronichinia</i> <i>Merismopedia</i>	Nutrientes segregados	Mistura prolongada ou profunda
L <sub>M</sub>	Epilímnio de verão em lagos eutróficos	<i>Ceratium</i> <i>Microcystis</i>	C muito baixo	Mistura, luz fraca de estratificação
M	Camadas mistas bialélicas de pequenos lagos eutróficos de baixas latitudes	<i>Microcystis</i> <i>Sphaerocavum</i>	Alta insolação	Águas correntes, pouca luz total
R	Metalímnio de lagos mesotróficos estratificados	<i>P. rubescens</i> <i>P. mougeotii</i>	Luz baixa, forte segregação	Instabilidade
V	Metalímnio de lagos eutróficos estratificados	<i>Chromatium</i> , <i>Chlorobium</i>	Muito pouca luz, forte segregação	Instabilidade
W1	Pequenas lagoas orgânicas	Euglenóides, <i>Synura</i> <i>Gonium</i>	Alta DBO	Pastejo
W2	Lagos rasos mesotróficos	<i>Trachelomonas</i> de fundo	?	?
Q	Pequenos lagos húmicos	<i>Gonyostomum</i>	Alta coloração	?

### **3.5 Variáveis abióticas**

Os dados de precipitação pluviométrica para o período de estudos foram obtidos junto ao CPTEC/INPE.

O monitoramento das variáveis físicas e químicas como: temperatura, condutividade elétrica, pH, concentração de oxigênio dissolvido, foi realizado por meio da sonda multiparâmetro YSI, modelo 650 MDS, fabricada pela Yellow Springs Ohio – USA.

A extensão da zona eufótica foi calculada multiplicando-se a profundidade de desaparecimento do Disco de Secchi pelo fator 3,0, de acordo com o proposto por Esteves (1998).

Amostras de água foram coletadas com o auxílio de uma garrafa de Van Dorn nas camadas de superfície e de fundo da coluna d'água, mantidas congeladas até análise em laboratório, para determinação quantitativa, das variáveis: Alcalinidade, por titulação com ácido clorídrico (MACKERETH et al., 1978); concentração de nutrientes, especialmente dos compostos de Nitrogênio e Fósforo: Amônia, segundo a metodologia de Koroleff (1976); Fosfato dissolvido, segundo Murphy (1962); Nitrogênio Orgânico Total, e Nitrogênio Orgânico Dissolvido por digestão utilizando-se o método de Kjelhdal (MACKERETH et al., 1978) e Fósforo total, segundo Murphy (1962).

As análises citadas acima foram realizadas pelo Laboratório de Análises Químicas do Departamento de Hidrobiologia da Universidade Federal de São Carlos.

Com o objetivo de avaliar a relação entre os parâmetros físicos, químicos e biológicos, os dados foram submetidos à análise multivariada. Esta análise foi realizada utilizando o pacote estatístico XLSTAT, na versão 2010, a partir da integração das variáveis abióticas e biológicas, as quais foram submetidas à ordenação indireta e direta.

#### **Análise do gradiente ambiental (PCA)**

A análise de componentes principais (PCA) e coordenadas principais, conforme Legendre e Legendre (1983) foi utilizada com a finalidade de identificar gradientes ambientais no reservatório numa escala sazonal e espacial de acordo com as variáveis mais importantes.

Essa análise é utilizada com o objetivo de simplificar a descrição de um conjunto de variáveis inter-relacionadas. Esta técnica transforma as variáveis originais em novas variáveis não correlacionadas, sendo estas novas variáveis chamadas de Componentes Principais (Jongman et al., 1987 citado por Carvalho, 2003).

### **Análise de correspondência (CCA)**

A análise de correspondência (CCA; TER BRAAK, 1986, 1987) é um método de análise de gradiente multivariado muito utilizado em Ecologia. Ele é calculado utilizando-se a mesma forma de média da análise de correspondência. No entanto, para cada ciclo de processamento de médias, a regressão múltipla é feita dando pesos amostrais sobre as variáveis ambientais. Novos valores dos pontos são calculados baseando-se nesta regressão, e este processo é repetido continuamente até que haja uma estabilização destes pesos. Os eixos resultantes refletem as dimensões da maior variabilidade dos dados das espécies que são oriundos de combinações lineares entre as variáveis ambientais e as espécies.

### **Análise de agrupamento (Cluster)**

Análise de agrupamento ou “cluster” é o termo usado para descrever um grupo de técnicas numéricas, as quais têm o propósito de dividir os objetos de estudo em grupos discretos. Este grupo é baseado nas características dos objetos e das espécies, utilizando-se o coeficiente r-Pearson, que tem por finalidade agrupar as espécies encontradas com as estações de coleta e/ou pontos de coletas, fazendo uma correlação entre as variáveis ambientais e a comunidade fitoplânctônica analisada. Na análise de Cluster, utilizaram-se os dados de densidade das espécies descritoras (abundantes), na tentativa de avaliar a similaridade existente com relação aos táxons algais dos diferentes pontos de amostragem e estações do ano.

### **Índice de Estado Trófico (IET).**

Para a classificação segundo o grau de trofia das quinze estações de amostragens, localizadas ao longo do reservatório de Cachoeira Dourada, foi adotado o índice de estado trófico de CARLSON (1977), modificado por TOLEDO Jr. et al., (1983) de acordo com a equação:

$$IET (PO_4) = 10 \times \left( 6^{-\frac{\ln(21,67 / PO_4)}{\ln 2}} \right)$$

na qual,  $PO_4$  é a concentração de ortofosfato total dissolvido na água.

Conforme o valor do índice obtido, os corpos de água ou trecho deste podem ser classificados nas seguintes categorias ou graus de trofia.

---

Oligotrófico	< 44
Mesotrófico	44 – 54
Eutrófico	54 -74
Hipereutrófico	> 74

---

**Classificação de SALAS e MARTINO (2001) para a classificação de grau trófico baseado nas concentrações de Fósforo Total (PT).**

Salas e Martino publicaram um estudo realizado pelo Centro Pan Americano de Engenharia Sanitária e Ciências Ambientais (CEPIS), ligado à Organização Mundial de Saúde (OMS), o qual foi revisado pelos mesmos autores em 2001 (SALAS e MARTINO, 2001), no qual é proposto um modelo trófico simplificado para fósforo, para lagos e reservatórios tropicais da América Latina e Caribe (Tabela 3).

No trabalho acima citado também é apresentado um sistema de classificação trófica baseado em distribuição probabilística para as concentrações de fósforo total, como o proposto no trabalho da OECD (1981), porém se forem calculados os limites numéricos para as classes, estes diferem bastante dos aplicados para lagos temperado.

**Tabela 3.** Limites para classes de estados tróficos baseados em Salas e Martino (2001).

<b>Categorias Tróficas</b>	<b>Fósforo Total (PT) (<math>\mu\text{g.L}^{-1}</math>)</b>
Oligotrófico	$\leq 28$
Mesotrófico	28 - 72
Eutrófico	$\geq 72$

**Índice de Sapróbios**

Para classificar o ambiente quanto à saprobidade foram utilizados os valores médios obtidos para as variáveis: Déficit de saturação do oxigênio (DSO) e Concentração do íon amônio (N-NH<sub>4</sub>), nos pontos amostrais e nos diferentes períodos amostrados no ano (Tabela 4).

**Tabela 4.** Classificação dos níveis de saprobidade da água em função das variáveis físicas e químicas como proposto por Hamm (1969), para as variáveis ambientais selecionadas: DSO: Déficit de saturação do oxigênio e N-NH<sub>4</sub>: Concentração de íon amônio.

<b>Grau de saprobidade</b>	<b>IS</b>	<b>DSO (%)</b>	<b>N-NH<sub>4</sub> (µg/L)</b>
Oligossapróbico	1.0 – 1.7	0 – 14	0 - 80
β-mesossapróbico	1.8 – 2.6	15 – 49	81 – 470
σ-mesossapróbico	2.7 – 3.4	50 – 89	471 – 780
Polissapróbico	3.5 – 4.0	> 90	> 780

### 3.6 Índices de Comunidades Aquáticas

#### Índice de Comunidades Aquáticas – Fitoplâncton

Este índice foi elaborado pela CETESB, juntamente com o Departamento de Botânica da Universidade Federal de São Carlos – São Paulo, em função da Resolução da Secretaria de Meio Ambiente – SMA/65 de 13/08/1998, que teve como objetivo reavaliar o Índice de Qualidade das Águas – IQA, até então aplicado pela CETESB (CARVALHO, 2003).

Este índice visa categorizar a qualidade da água em *ótima, razoável tendendo para boa, razoável tendendo para ruim, e ruim*, através da proporção dos grupos que compõem o fitoplâncton, da concentração de clorofila-a e da densidade dos organismos.

No presente trabalho, utilizou o índice de Comunidades Aquáticas modificado por Carvalho (2003) que considerou adequado substituir a concentração de clorofila pelo IET como componente do índice para avaliação de comunidades aquáticas – fitoplâncton, por revelar de modo mais fiel a qualidade do ambiente. Assim, estabeleceram-se ponderações de 1 a 4, conforme consta na Tabela 5.

**Tabela 5.** Ponderações, níveis e categorias apresentadas pelos Índices de Comunidades Aquáticas.

Ponderações	Níveis	Categoria
1	Não há dominância entre os grupos Densidade total < 1000 org/ml IET $\leq$ 44	<b>Ótima</b>
2	Dominância de Clorofíceas (Desmídeas) ou Diatomáceas. Densidade total > 1000 e < 5000 org/ml 44 < IET $\leq$ 54	<b>Boa</b>
3	Dominância de Clorofíceas (Chlorococcales) Densidade total > 5000 e < 10000 org/ml 54 $\leq$ IET $\leq$ 74	<b>Regular</b>
4	Dominância de Cianofíceas ou Euglenofíceas Densidade total > 10000 org/ml IET > 74	<b>Ruim</b>

### Índices de Nygaard (1949)

Análise do grau de trofia do ambiente a partir das espécies fitoplanctônicas. Três índices de Nygaard (1949) foram utilizados neste trabalho:

#### Coefficiente Simples:

Q = número de espécies de Chlorococcales/número de espécies de Desmidiaceae  
se Q < 1 = lago oligotrófico e se Q > 1 = lago eutrófico

#### Coefficiente Múltiplo ou Composto:

Q = número de espécies (Cyanophyceae + Chlorococcales + Centrales + Euglenales) / Desmidiaceae se Q < 1 = lago oligotrófico, e se Q > 1 = lago eutrófico

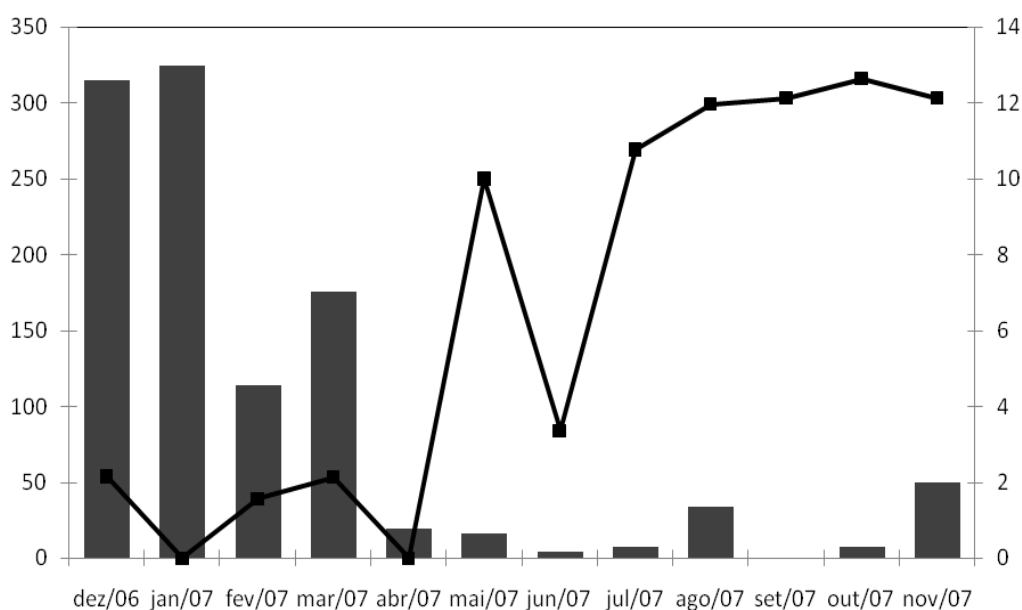
#### Coefficiente de Diatomáceas:

Q = número de espécies de Centrales/número de espécies de Pennales se Q varia de 0,0 a 0,2 = lago oligotrófico e se Q varia de 0,2 a 3,0 = lago eutrófico

## 4 RESULTADOS

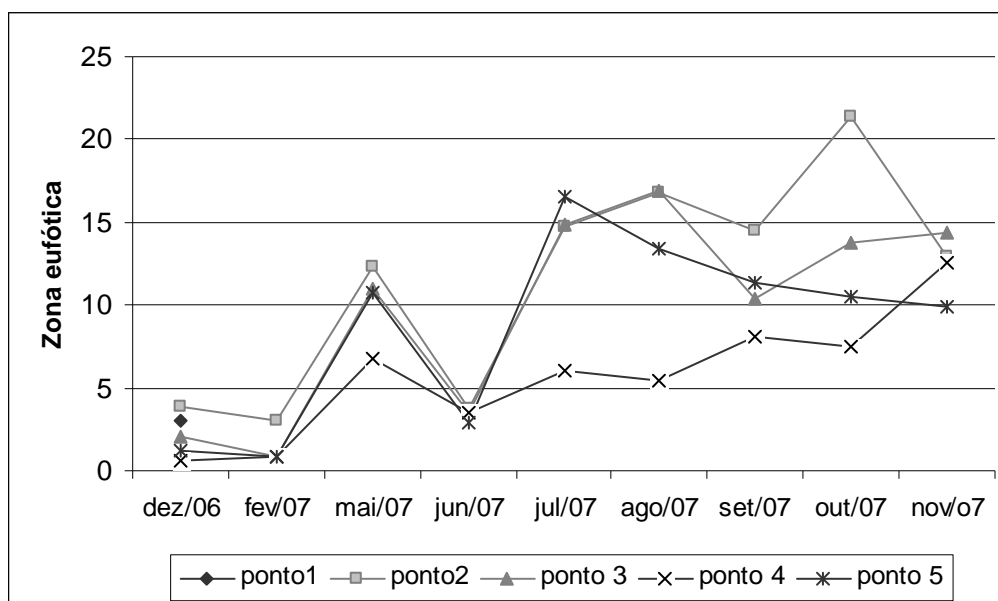
Os dados de precipitação pluviométrica evidenciaram a existência de períodos bem distintos durante o ano (Figura 8).

As primeiras chuvas foram registradas no mês de novembro (primavera) que se estendeu até março de 2007 (verão-chuvoso) (Figura 8). Neste período foram registradas temperaturas mais elevadas e também a redução da zona eufótica. O período mais seco, de menor precipitação acumulada ocorreu de abril a outubro de 2007.



**Figura 8.** Variação da precipitação (em barra) e da extensão da zona eufótica (em linha) no reservatório de Cachoeira Dourada, GO/MG, no período de dezembro de 2006 a novembro de 2007.

A zona eufótica permaneceu baixa nos meses de dezembro/06, janeiro a março/07, e no mês de junho, apesar de ser este um mês de baixa pluviosidade. A maior transparência e extensão da zona eufótica ocorreram no mês de julho e houve maior constância no período de agosto de 2007 a novembro de 2007. Os pontos 2 e 4 apresentaram a maior e a menor transparência respectivamente, na estiagem e no período chuvoso (Figura 9).



**Figura 9.** Variação da extensão da zona eufótica para o período de dezembro de 2006 a dezembro de 2007 no reservatório de Cachoeira Dourada GO/MG (Fonte: INPE, 2009).

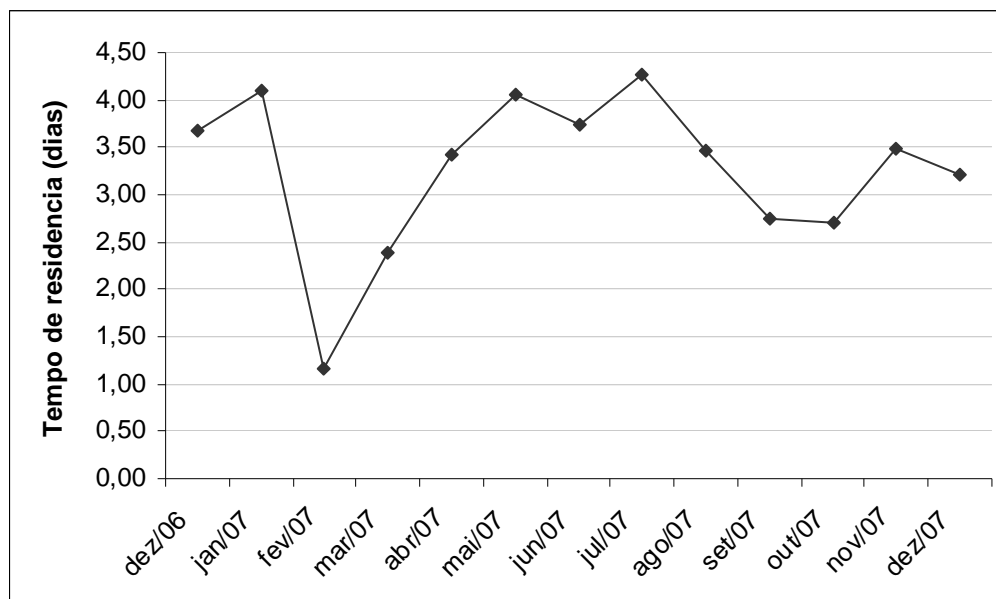
Nos meses em que houve coleta de fitoplâncton a zona eufótica variou entre 0,60 a 3,90 no período chuvoso, entre 6,75 a 12,30 no período de estiagem, e entre 9,90 a 14,40 na primavera, como evidenciam a Figura 9 e os dados brutos apresentados na Tabela 6.

**Tabela 6:** Valores máximo, mínimo, médio e desvio padrão da extensão da zona eufótica nos meses de dezembro de 2006 (verão), maio de 2007 (outono) e novembro de 2007 (primavera), do reservatório de Cachoeira Dourada GO/MG.

Valores	Dez/06-chuvoso	Mai/07-estiagem	Nov/07-primavera
<b>Máximo</b>	3,90	12,30	14,40
<b>Mínimo</b>	0,60	6,75	9,90
<b>Média</b>	2,16	9,99	12,45
<b>Desvio padrão</b>	1,32	2,88	1,87

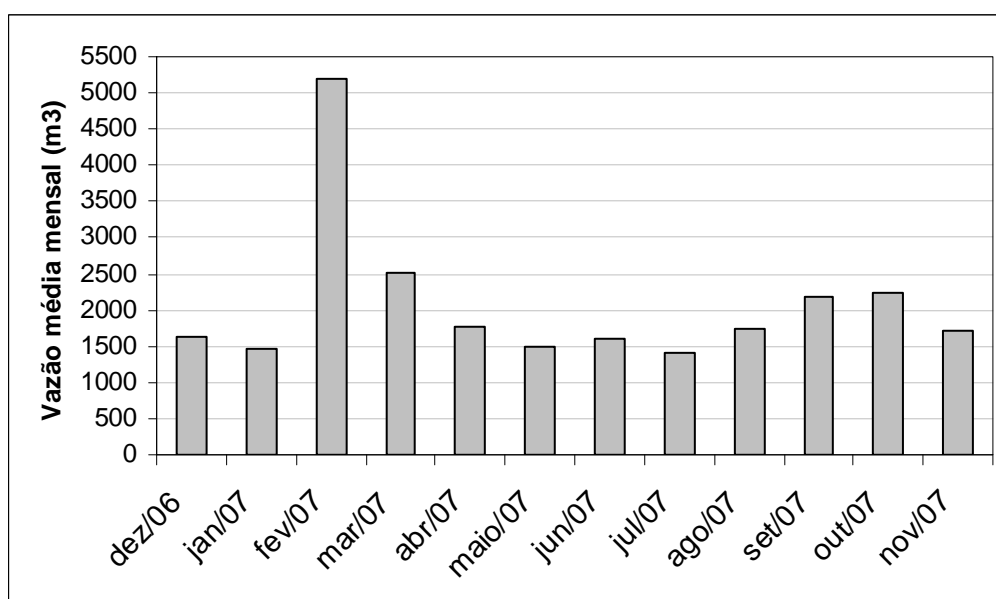
O tempo de residência da água no reservatório variou entre 1,16 a 4,26 dias, com o valor médio de 3,26 dias no período de dezembro de 2006 a dezembro de 2007. A Figura 10 apresenta a variação média mensal do tempo de residência da água no reservatório de Cachoeira Dourada.





**Figura 10.** Variação no tempo de residência da água do reservatório de Cachoeira Dourada (GO/MG), para o período de dezembro de 2006 a dezembro de 2007.

A vazão média mensal entre o período de dezembro de 2006 a novembro de 2007 variou entre 590 m<sup>3</sup> na estiagem (julho/07) a 6494 m<sup>3</sup> em fevereiro (verão-chuvoso) (Figura 11 e Tabela 7). A vazão média mensal nos meses em que houve coleta de fitoplâncton variou entre 425 a 2627 m<sup>3</sup> no mês de dezembro de 2006 (verão-chuvoso), entre 517 a 1798 m<sup>3</sup> no mês de maio de 2007 (estiagem) e 2967 m<sup>3</sup> a 548 m<sup>3</sup> no mês de novembro de 2007 (primavera).

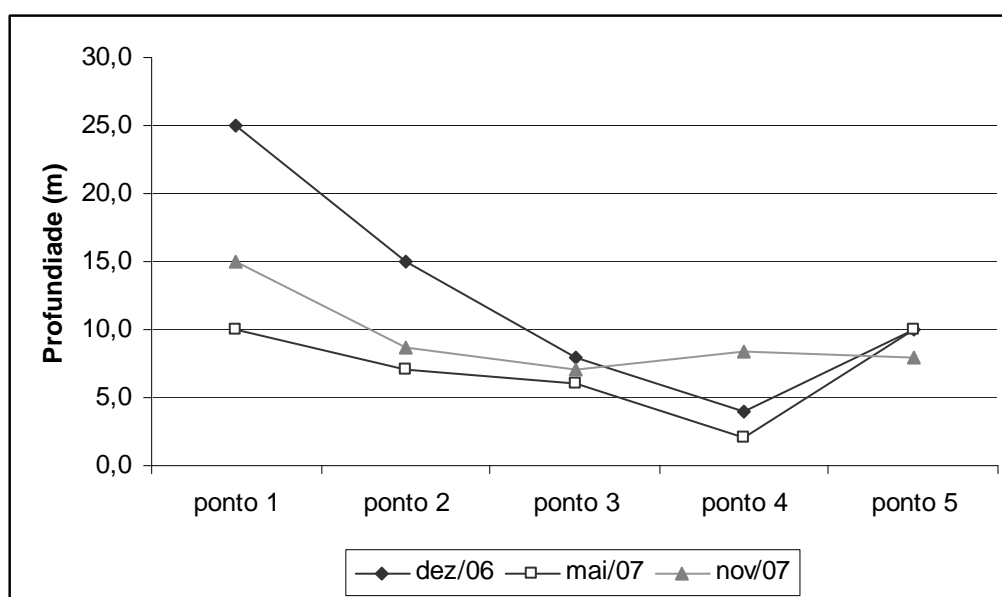


**Figura 11.** Variação da vazão média mensal registrada no reservatório de Cachoeira Dourada (GO/MG) durante o período de dezembro de 2006 a novembro de 2007.

**Tabela 7.** Valores máximo, mínimo, média e desvio padrão da vazão média mensal (m<sup>3</sup>) nos meses de dezembro de 2006 (verão), maio de 2007 (outono) e novembro de 2007 (primavera), do reservatório de Cachoeira Dourada GO/MG.

Valores	Dez/06-chuvoso	Mai/07-estiagem	Nov/07-primavera
<b>Máximo</b>	2627,00	1.798,00	2967,00
<b>Mínimo</b>	425,00	517,00	548,00
<b>Média</b>	1634,65	1481,42	1720,03
<b>Desvio padrão</b>	1557,05	905,80	1710,49

A profundidade do reservatório variou entre 2,0 a 25 m, com profundidade média de 9,6 m, em análise geral dos meses e pontos de coleta (Figura 12). O ponto 1 (próximo a barragem) apresentou as maiores profundidades (média= 16,7) e o ponto 4 evidenciou-se como menos profundo (4,8 m) (Figura 9). As chuvas registradas no mês de dezembro (chuvoso) proporcionaram o aumento da profundidade (média=12,4). Na primavera (nov/07) a média foi de 9,41m e na estiagem (maio/07) de 7,00 m (Tabela 8).



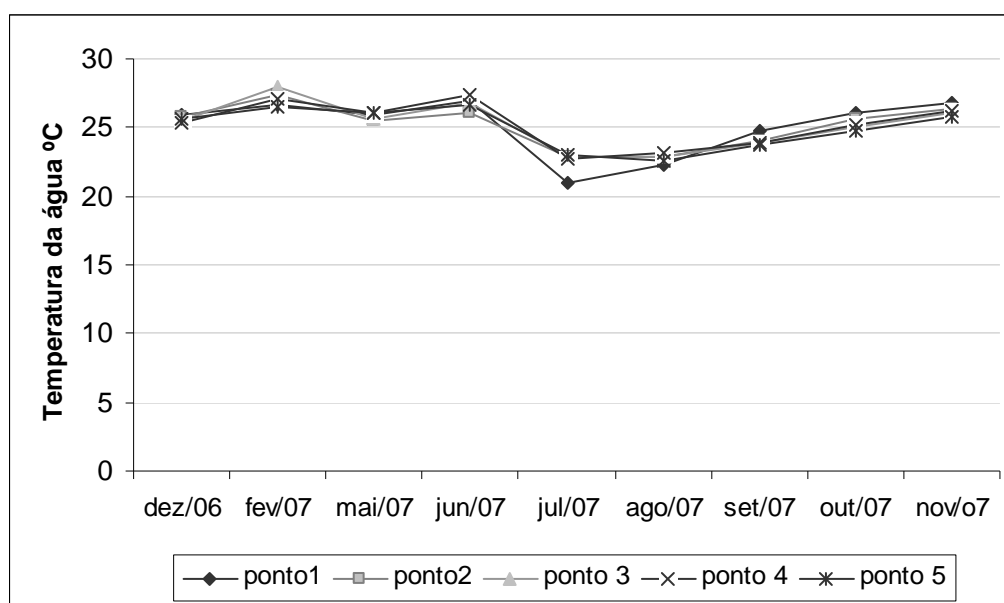
**Figura 12.** Profundidade registrada no reservatório de Cachoeira Dourada (GO/MG) durante o período de dezembro de 2006, maio de 2007 e novembro de 2007.

**Tabela 8.** Valores máximo, mínimo, média e desvio padrão de profundidade (m), nos meses de dezembro de 2006 (verão), maio de 2007 (outono) e novembro de 2007 (primavera), do reservatório de Cachoeira Dourada GO/MG.

Valores	Dez/06-chuvoso	Mai/07-estiagem	Nov/07-primavera
<b>Máximo</b>	25,00	10,00	15,00
<b>Mínimo</b>	4,00	2,00	7,13
<b>Média</b>	12,4	7,00	9,41
<b>Desvio padrão</b>	8,08	3,32	3,18

Na Figura 13 são apresentadas as variações de temperatura da água ocorridas no reservatório de Cachoeira Dourada. Os menores valores médios (20,91 a 24° C) ocorreram em julho de 2007, agosto de 2007 e setembro de 2007. Nos outros meses a temperatura apresentou uma maior constância variando entre 25 e 27,0 ° C.

Quanto à distribuição espacial verificou-se uma variação menor ainda, normalmente inferior a 1,0 °C. Apenas no mês de julho, no Ponto 1 ocorreu uma diferença de 2 °C (20,91° C ) abaixo da temperatura registrada nos demais pontos. O menor valor de temperatura registrado no período de estudo ocorreu no mês de julho de 2007 (Figura 13).



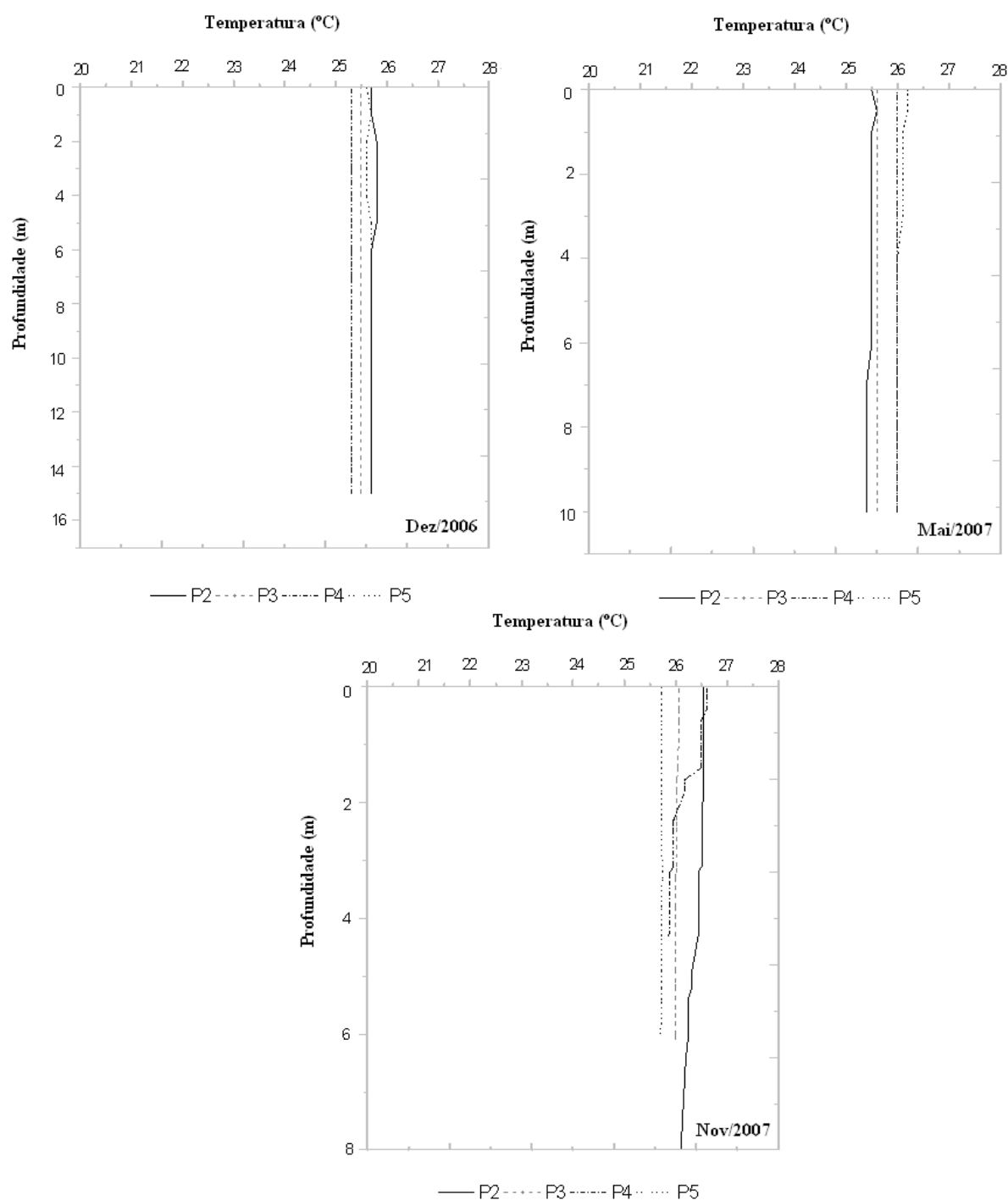
**Figura 13.** Variação dos valores mensais da temperatura da água para o período de dezembro de 2006 a novembro de 2007 no reservatório de Cachoeira Dourada GO/MG (Fonte: INPE, 2009).

Na Tabela 9 são apresentados os resultados relativos às variações da temperatura da água nos meses em que houve coleta de fitoplâncton. No período chuvoso esta variou entre 25,9 e 25,3 °C, no período de estiagem entre 25,5 e 26,05 °C e na primavera entre 25,72 e 26,77 °C.

**Tabela 9.** Valores máximo, mínimo, média e desvio padrão da temperatura da água (°C), nos meses de dezembro de 2006 (verão), maio de 2007 (outono) e novembro de 2007 (primavera), do reservatório de Cachoeira Dourada GO/MG.

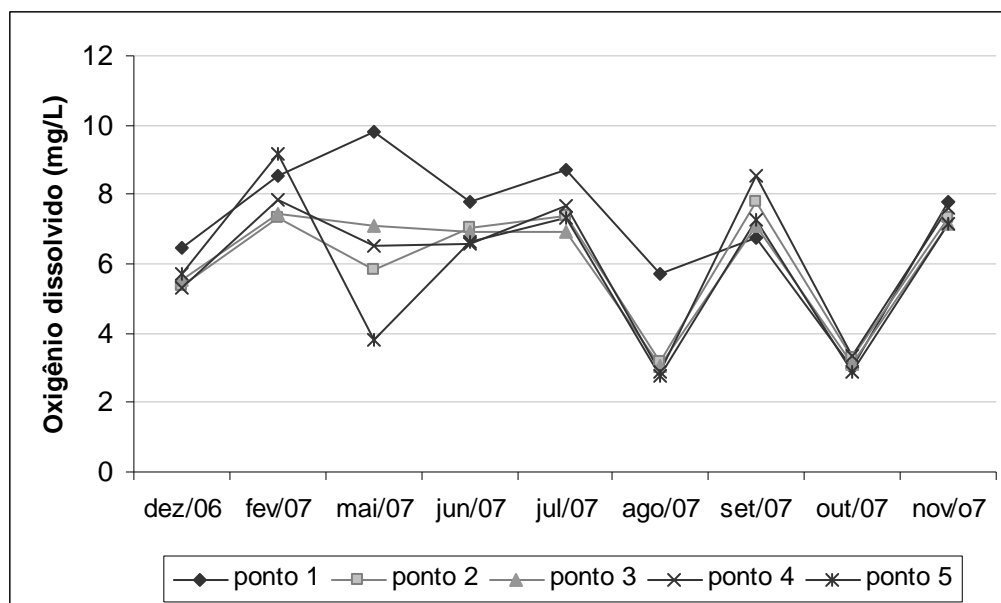
Valores	Dez/06-chuvoso	Mai/07-estiagem	Nov/07-primavera
<b>Máximo</b>	25,9	26,05	26,77
<b>Mínimo</b>	25,3	25,5	25,72
<b>Média</b>	25,62	25,81	26,20
<b>Desvio padrão</b>	0,23	0,24	0,39

Os perfis de temperatura nos quatro pontos amostrados no reservatório são apresentados na Figura 14. Observa-se que há uma grande homogeneidade para a maioria dos perfis, tendo ocorrido estratificação térmica apenas no ponto 4, em dezembro de 2006.



**Figura 14.** Perfil de temperatura (°C) do reservatório de Cachoeira Dourada GO/MG, nos pontos amostrados no corpo do reservatório, nos três períodos amostrados, novembro de 2006, maio de 2007 e dezembro de 2007, respectivamente.

As concentrações de oxigênio dissolvido na água foram menores no período de estiagem. Uma diminuição maior no teor de oxigênio dissolvido na água foi registrada no mês de agosto ( 2,79 a 5,76 mg L<sup>-1</sup>) e no mês de outubro outubro de 2007 ( 2,88 a 3,33 mg L<sup>-1</sup>), períodos em que os níveis registrados estiveram abaixo do limite permitido pela resolução CONAMA (Figura 15).



**Figura 15.** Variação dos valores médios da concentração de oxigênio dissolvido na água (mg/L) nos diferentes pontos amostrados no reservatório de Cachoeira Dourada GO/MG, para o período de dezembro de 2006 a novembro de 2007.

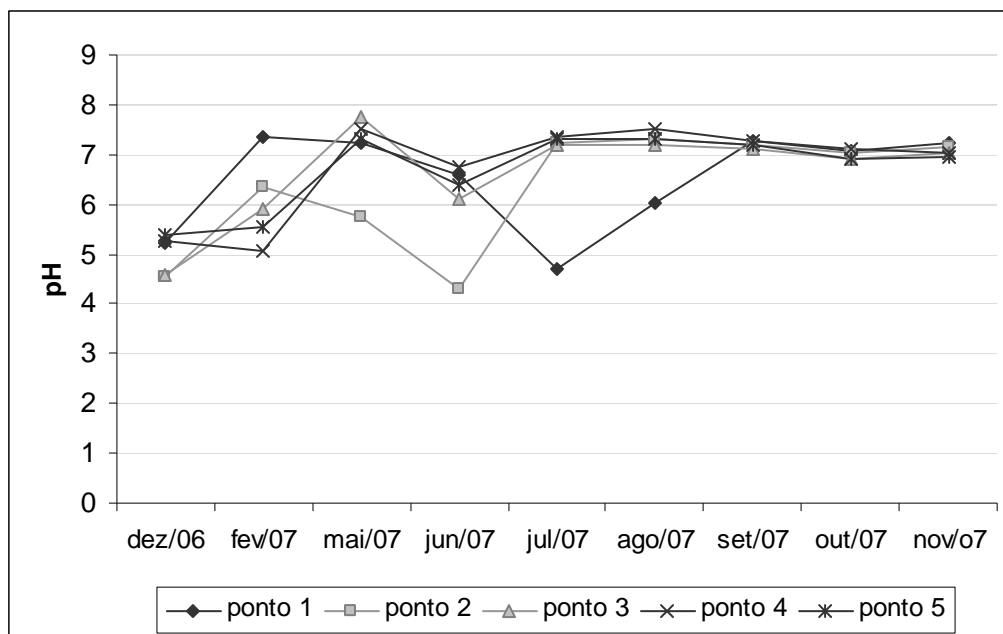
Nos meses em que houve coleta de fitoplâncton a concentração de oxigênio dissolvido variou entre 3,80 mg/L no ponto 5 (área de influência do rio Paranaíba) e 9,80 mg/L no ponto 1 (área de influência da barragem da Usina), ambos valores tendo sido registrados no período de estiagem (Tabela 10).

**Tabela 10.** Valores máximo, mínimo, média e desvio do oxigênio dissolvido mg/L nos meses de dezembro de 2006 (verão), maio de 2007 (outono) e novembro de 2007 (primavera), do reservatório de Cachoeira Dourada GO/MG.

Valores	Dez/06-chuvoso	Mai/07-estiagem	Nov/07-primavera
<b>Máximo</b>	6,46	9,80	7,79
<b>Mínimo</b>	5,28	3,80	7,16
<b>Média</b>	5,66	6,60	7,41
<b>Desvio padrão</b>	0,48	2,18	0,28

O pH da água do reservatório variou de levemente ácido a neutro, com valores entre 4,29 (no Ponto 2, em julho de 2007) e 7,8 (no Ponto 3, em maio de 2007). Nos

pontos 1, 2 e 3 foram registrados os pHs mais ácidos (Figura 16), assim como os meses de dezembro de 2006, junho de 2007 e julho de 2007 (Figura 16).



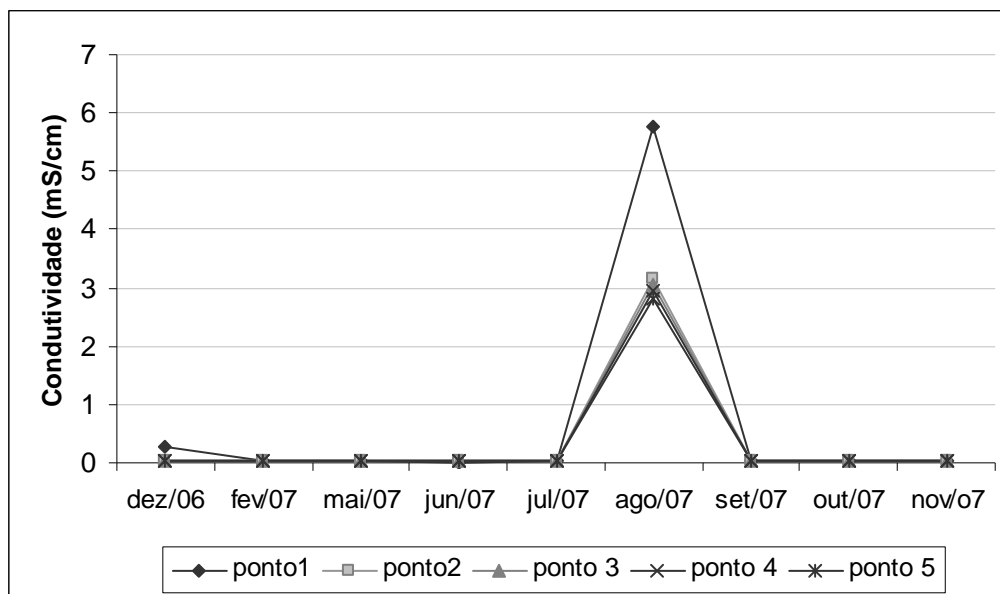
**Figura 16.** Variação do pH nos diferentes pontos para o período de dezembro de 2006 a novembro de 2007 no reservatório de Cachoeira Dourada GO/MG.

No período chuvoso (dezembro de 2006) o pH variou entre 4,55 a 5,37, no período de estiagem (maio de 2006) entre 5,73 e 7,75 e na primavera (novembro de 2007) entre 6,96 a 7,23. O verão registrou o pH mais ácido seguido do período de estiagem (Tabela 11).

**Tabela 11.** Valores máximo, mínimo, média e desvio do pH nos meses de dezembro de 2006 (verão), maio de 2007 (outono) e novembro de 2007 (primavera), do reservatório de Cachoeira Dourada GO/MG.

Valores	Dez/06-chuvoso	Mai/07-estiagem	Nov/07-primavera
<b>Máximo</b>	5,37	7,75	7,23
<b>Mínimo</b>	4,55	5,73	6,96
<b>Média</b>	5,00	7,12	7,08
<b>Desvio padrão</b>	0,39	0,80	0,10

A condutividade da água foi extremamente baixa durante todo o período de estudo. Embora tenha ocorrido uma elevação no mês de agosto, esta aumentou em apenas  $2,87 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  no Ponto 5 e em  $5,76 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  no ponto 1. Nos outros meses e pontos de coletas os valores foram inferiores a  $1,0 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  (Figura 17).



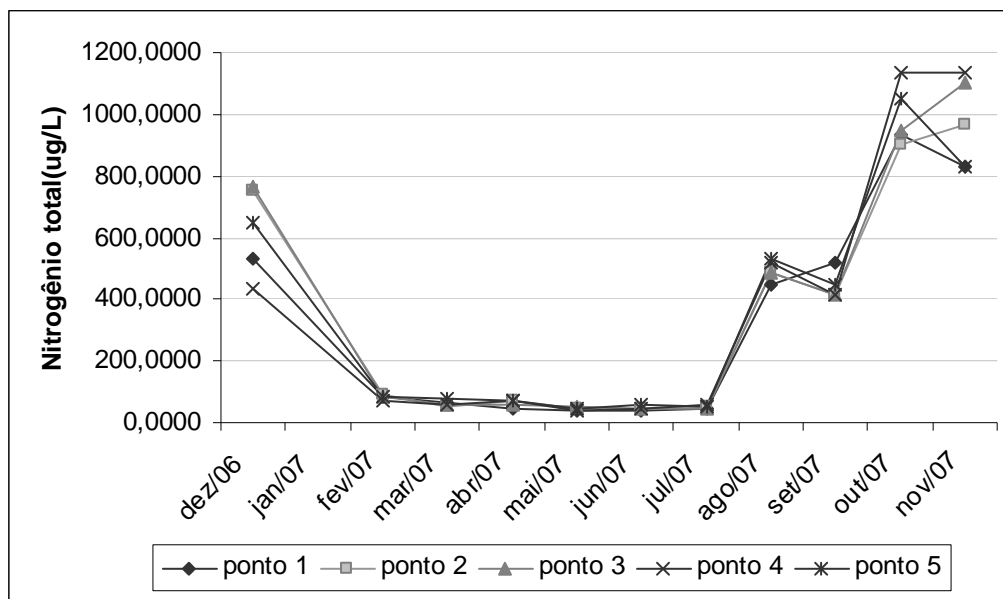
**Figura 17.** Variação da condutividade  $\text{mS/cm}^{-1}$  nos diferentes pontos para o período de dezembro de 2006 a novembro de 2007 no reservatório de Cachoeira Dourada GO/MG.

No período chuvoso a condutividade variou entre  $0,03$  a  $0,29 \text{ mS/cm}^{-1}$ , no período de estiagem (maio de 2007) e na primavera (novembro de 2007) variou entre  $0,02$  a  $0,03 \text{ mS.cm}^{-1}$  (Tabela 12).

**Tabela 12.** Valores máximo, mínimo, média e desvio da condutividade ( $\text{ms/cm}$ ) nos meses de dezembro de 2006 (verão), maio de 2007 (outono) e novembro de 2007 (primavera), do reservatório de Cachoeira Dourada GO/MG.

Valores	Dez/06-chuvoso	Mai/07-estiagem	Nov/07-primavera
<b>Máximo</b>	0,29	0,03	0,03
<b>Mínimo</b>	0,03	0,02	0,02
<b>Média</b>	0,08	0,03	0,03
<b>Desvio padrão</b>	0,12	0,00	0,00

O nitrogênio total variou entre  $1133,00 \mu\text{g/L}^{-1}$  ( $1,2 \text{ mg/l}$ ), a  $40,00 \mu\text{g/L}^{-1}$  ( $0,4 \text{ mg/L}^{-1}$ ), durante o período de coleta (Figura 14). No período chuvoso (dezembro de 2006), o nitrogênio total variou entre  $433,33 \mu\text{g/L}^{-1}$  e  $766,66 \mu\text{g/L}^{-1}$ , no período de estiagem (maio de 2007) variou entre  $40 \mu\text{g/L}^{-1}$  e  $50 \mu\text{g/L}^{-1}$  e na primavera (novembro de 2007) variou entre  $833,33 \mu\text{g/L}^{-1}$  e  $1133,33 \mu\text{g/L}^{-1}$  (Tabela 13). Observa-se que no período de estiagem houve as menores concentrações de nitrogênio total.

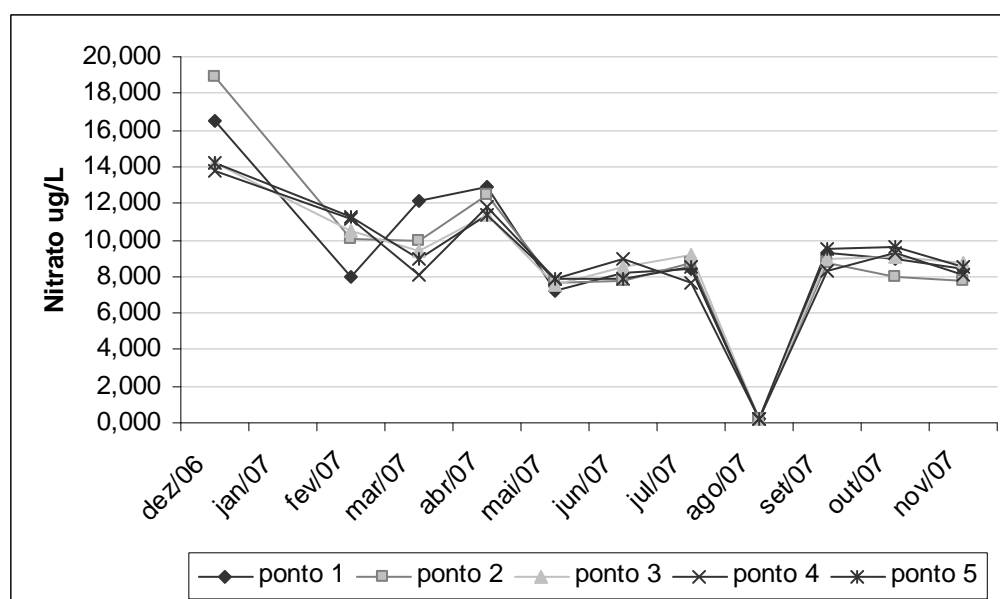


**Figura 18.** Variação dos valores médios do Nitrogênio total  $\mu\text{g/L}^{-1}$ , nos diferentes pontos para o período de dezembro de 2006 a novembro de 2007 no reservatório de Cachoeira Dourada GO/MG .

**Tabela 13.** Valores máximo e mínimo, média e desvio padrão do nitrogênio total  $\mu\text{g/L}^{-1}$  nos meses de dezembro de 2006 (chuvoso), maio de 2007 (outono) e novembro de 2007 (primavera).

Valores	Dez/06-verão	Mai/07-outono	Nov/07-primavera
<b>Máxima</b>	766,66	55	1133,33
<b>Mínimo</b>	433,33	40	833,33
<b>Média</b>	626,66	45,66	973,33
<b>Desvio padrão</b>	142,69	6,19	142,2

Os valores de nitrato variaram de  $0,20 \mu\text{g/L}^{-1}$  no mês de agosto a  $18,85 \mu\text{g/L}^{-1}$  no mês de dezembro, no ponto 3 e 2 respectivamente (Figura 19).





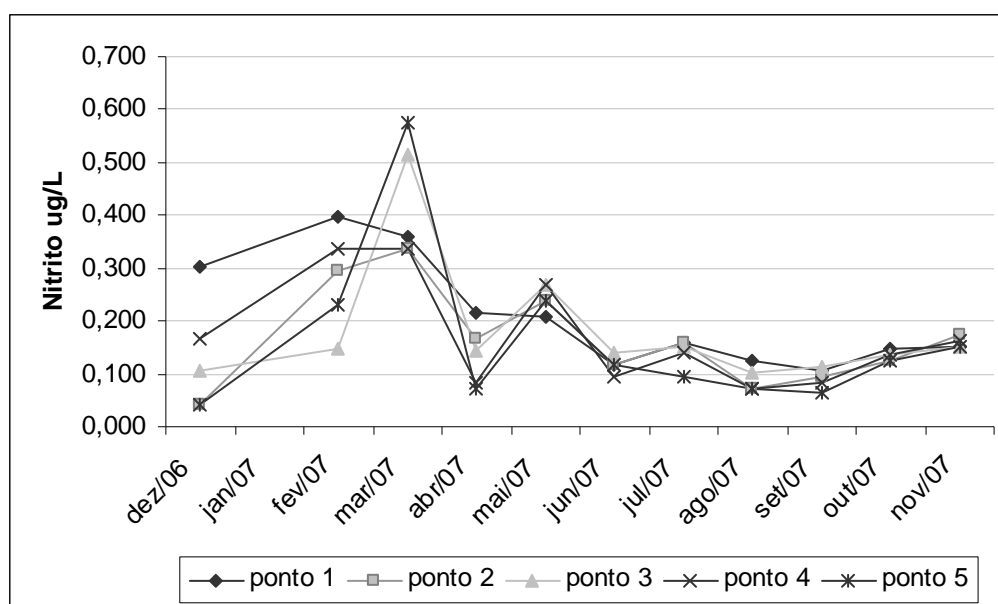
**Figura 19.** Variação dos valores médios do Nitrato ( $\mu\text{g/L}^{-1}$ ), nos diferentes pontos para o período de dezembro de 2006 a novembro de 2007 no reservatório de Cachoeira Dourada GO/MG .

O nitrato variou entre 13,74 a 18,86  $\mu\text{g/L}^{-1}$  no período chuvoso (dezembro de 2006), no período de estiagem variou entre 7,22 a 7,82  $\mu\text{g/L}^{-1}$  e na primavera (novembro de 2007) variou entre 7,81 a 8,76  $\mu\text{g/L}^{-1}$  (Tabela 14).

**Tabela 14.** Valores máximo e mínimo, média e desvio padrão do nitrato  $\mu\text{g/L}^{-1}$  nos meses de dezembro de 2006 (chuvoso), maio de 2007 (outono) e novembro de 2007 (primavera).

Valores	Dez/06-chuvoso	Mai/07-estiagem	Nov/07-primavera
Máximo	18,86	7,82	8,76
Mínimo	13,74	7,22	7,81
Média	15,47	7,60	8,32
Desvio padrão	2,17	0,25	0,38

As concentrações de nitrito na água do reservatório de Cachoeira Dourada variaram desde o valor mínimo de 0,07  $\mu\text{g/L}^{-1}$  registrado no mês de abril de 2007 no ponto 5, a 0,57  $\mu\text{g/L}^{-1}$  registrado no mês de março deste mesmo ano, no ponto 5 (Figura 16).



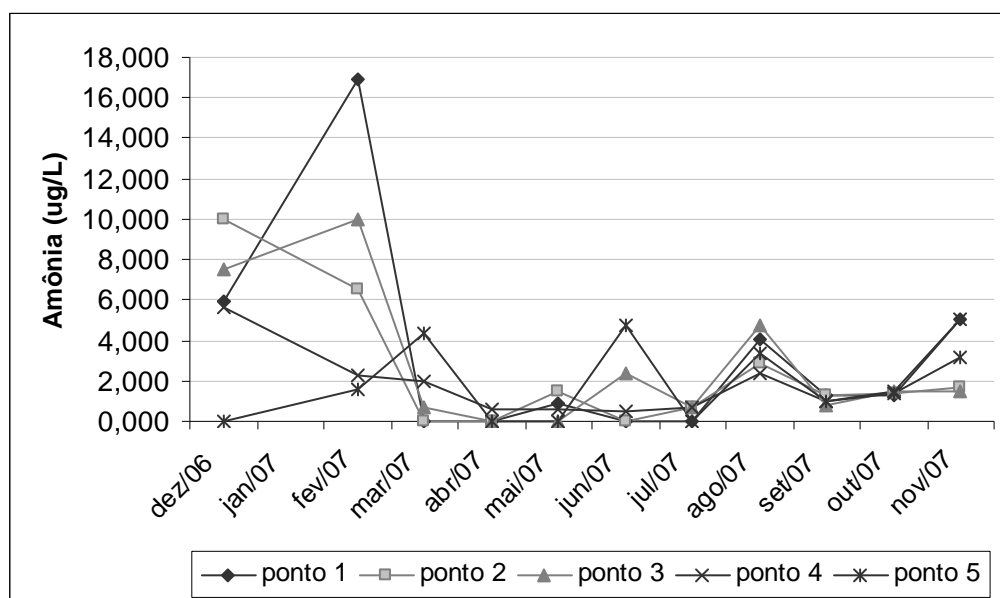
**Figura 20.** Variação dos valores médios das concentrações de Nitrito ( $\mu\text{g/L}^{-1}$ ) obtidos para os diferentes pontos do reservatório de Cachoeira Dourada GO/MG, para o período de dezembro de 2006 a novembro de 2007.

Os valores das concentrações de nitrito variaram entre 0,04 a 0,30  $\mu\text{g/L}^{-1}$  na amostragem realizada no período chuvoso, entre 0,21 a 0,27  $\mu\text{g/L}^{-1}$  no período de estiagem e entre 0,15 a 0,17  $\mu\text{g/L}^{-1}$  no período de primavera (Tabela 15).

**Tabela 15.** Valores máximo e mínimo, média e desvio padrão do nitrito  $\mu\text{g/L}^{-1}$  para a água do reservatório de Cachoeira Dourada (GO/MG) obtidos para os meses de dezembro de 2006 (chuvoso), maio de 2007 (outono) e novembro de 2007 (primavera).

Valores	Dez/06-chuvoso	Mai/07-estiagem	Nov/07-primavera
Máximo	0,30	0,27	0,17
Mínimo	0,04	0,21	0,15
Média	0,13	0,24	0,16
Desvio padrão	0,11	0,03	0,01

A maior concentração de amônia na água do reservatório foi  $16,92 \mu\text{g/L}^{-1}$  registrada no mês de março, no ponto 5 e as menores foram inferiores à sensibilidade do aparelho sensor (Figura 21).



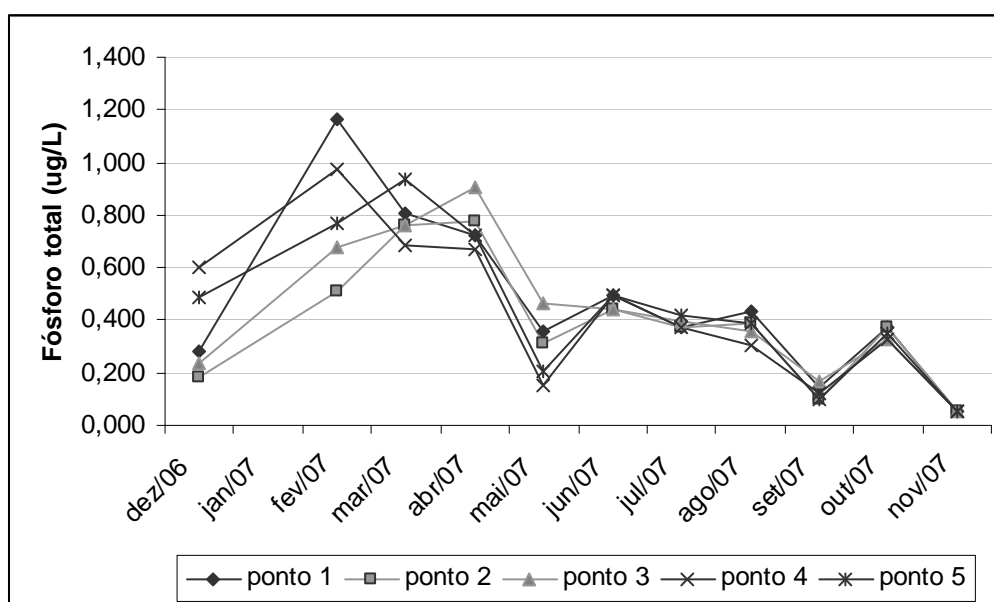
**Figura 21.** Variação dos valores médios da concentração de Amônia ( $\mu\text{g/L}^{-1}$ ) na água do reservatório de Cachoeira Dourada (GO/MG), nos diferentes pontos de coleta, para o período de dezembro de 2006 a novembro de 2007.

Os valores das concentrações de amônia variaram de  $0,0$  a  $10,0 \mu\text{g/L}^{-1}$  no período chuvoso (dezembro de 2006), de  $0,0$  a  $1,47 \mu\text{g/L}^{-1}$  no período de estiagem e de  $1,46$  a  $5,0 \mu\text{g/L}^{-1}$  na primavera (Tabela 16).

**Tabela 16.** Valores máximo e mínimo, média e desvios-padrão da amônia  $\mu\text{g/L}^{-1}$  para a água do reservatório de Cachoeira Dourada (GO/MG) obtidos nos meses de dezembro de 2006 (chuvoso), maio de 2007 (outono) e novembro de 2007 (primavera).

Valores	Dez/06-chuvoso	Mai/07-estiagem	Nov/07-primavera
Máximo	10,00	1,47	5,00
Mínimo	0,00	0,00	1,46
Média	5,82	0,59	3,25
Desvio padrão	3,68	0,62	1,72

As concentrações de fósforo total na água do reservatório de Cachoeira Dourada variaram de  $0,05 \mu\text{g/L}^{-1}$  no mês de novembro de 2006, em todos os pontos amostrados, a  $1,16 \mu\text{g/L}^{-1}$  no mês de fevereiro, no ponto 1 (Figura 22).



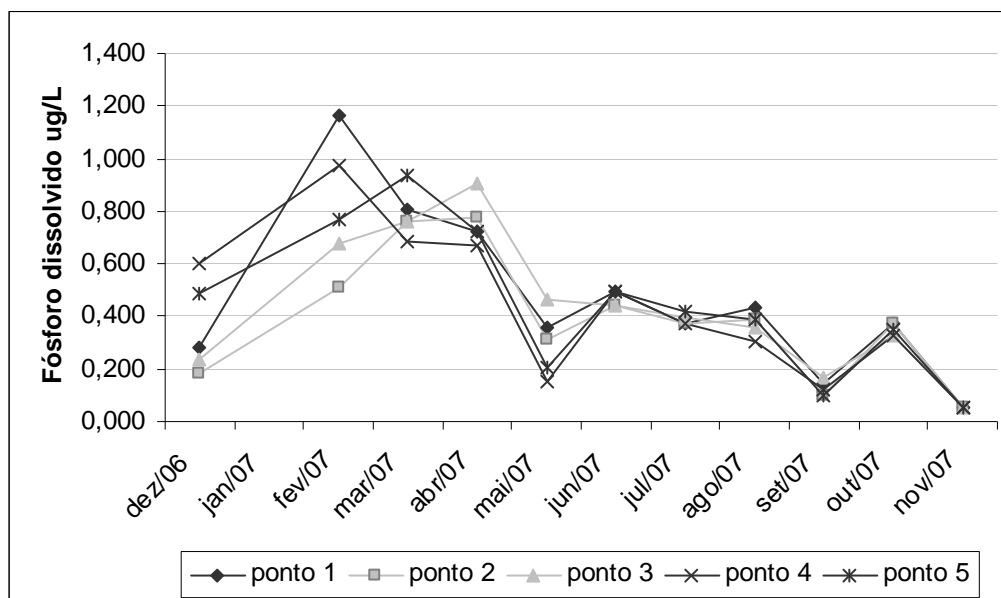
**Figura 22.** Variação dos valores médios Fósforo total ( $\mu\text{g/L}^{-1}$ ), nos diferentes pontos amostrados no reservatório de Cachoeira Dourada (GO/MG), para o período de dezembro de 2006 a novembro de 2007.

Os valores das concentrações de fósforo total variaram entre  $0,19$  a  $0,60 \mu\text{g/L}^{-1}$  no período chuvoso, entre  $0,15$  a  $0,46 \mu\text{g/L}^{-1}$  no período de estiagem e  $0,05 \mu\text{g/L}^{-1}$  em todos os pontos na primavera (novembro de 2007) (Tabela 17).

**Tabela 17.** Valores máximo e mínimo, média e desvio padrão das concentrações de fósforo total  $\mu\text{g/L}^{-1}$  na água do reservatório de Cachoeira Dourada (GO/MG), registradas nos meses de dezembro de 2006 (chuvoso), maio de 2007 (outono) e novembro de 2007 (primavera).

Valores	Dez/06-chuvoso	Mai/07-estiagem	Nov/07-primavera
Máximo	0,60	0,46	0,05
Mínimo	0,19	0,15	0,05
Média	0,36	0,30	0,05
Desvio padrão	0,18	0,12	0,00

As concentrações de fósforo dissolvido variaram de  $0,77 \mu\text{g/L}^{-1}$  no mês de abril no ponto 3 a valores não detectáveis pelo aparelho no mês de dezembro no ponto 1 e 2 (Figura 23).



**Figura 23.** Variação dos valores médios da concentração de Fósforo dissolvido ( $\mu\text{g/L}^{-1}$ ), registrados na água no reservatório de Cachoeira Dourada (GO/MG), nos diferentes pontos de coleta, para o período de dezembro de 2006 a novembro de 2007.

Os valores da concentração de fósforo dissolvido variaram de  $0,0$  a  $0,09 \mu\text{g/L}^{-1}$  no período chuvoso (dezembro de 2006), entre  $0,05$  a  $0,10 \mu\text{g/L}^{-1}$  no período de estiagem (maio de 2007) e entre  $0,29$  a  $0,31 \mu\text{g/L}^{-1}$  na primavera (Tabela 18).

**Tabela 18:** Valores máximo e mínimo, média e desvio padrão das concentrações de fósforo dissolvido  $\mu\text{g/L}^{-1}$  registrados na água no reservatório de Cachoeira Dourada (GO/MG), nos diferentes pontos de coleta, nos meses de dezembro de 2006 (chuvoso), maio de 2007 (outono) e novembro de 2007 (primavera).

<b>Valores</b>	<b>Dez/06-chuvoso</b>	<b>Mai/07-estiagem</b>	<b>Nov/07-primavera</b>
<b>Máximo</b>	0,09	0,10	0,31
<b>Mínimo</b>	0,00	0,05	0,29
<b>Média</b>	0,05	0,06	0,30
<b>Desvio padrão</b>	0,05	0,02	0,01

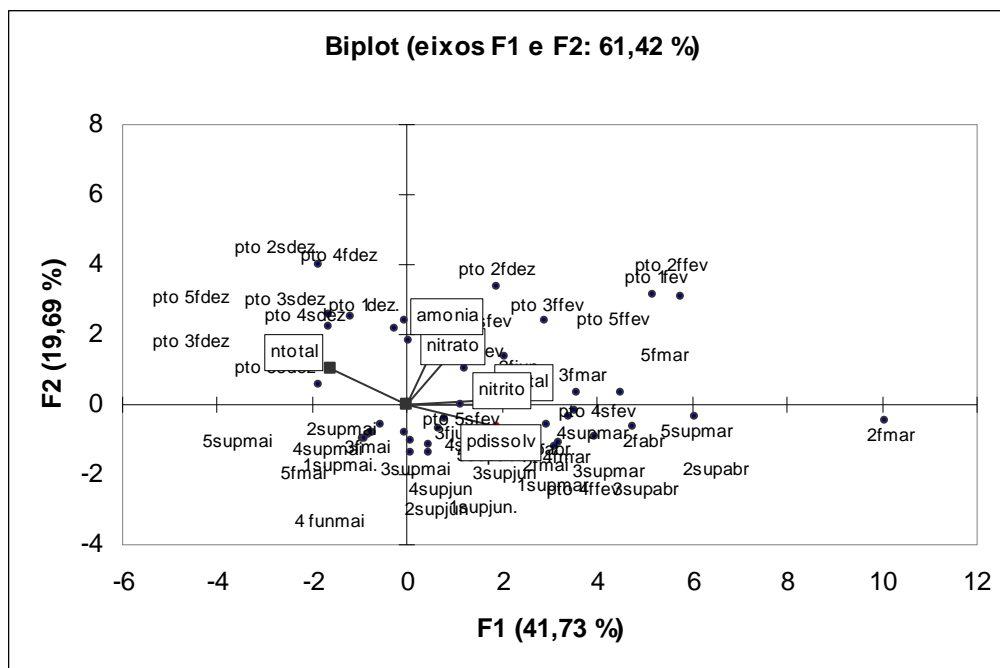
As concentrações dos compostos de fósforo e de nitrogênio registradas na água do reservatório de Cachoeira Dourada não ultrapassaram o limite estabelecido pela CONAMA, para águas de classe 2, durante o período de estudo. O incremento do nitrogênio ocorrido no período chuvoso e do fósforo dissolvido nos meses de março e abril de 2007 (estiagem), não foi suficiente para que as concentrações ultrapassassem os limites norteados pela CONAMA.

A análise de componentes principais para todos os dados de nutrientes demonstraram um gradiente temporal na qualidade química da água (Figura 24) onde os pontos relativos a cada mês se organizam no sentido horário.

É possível verificar que os meses podem ser separados entre períodos chuvoso, influenciado principalmente pelos compostos de nitrogênio, acima da abscissa e seco, abaixo dela, influenciado principalmente pelos compostos de fósforo (Figura 24).

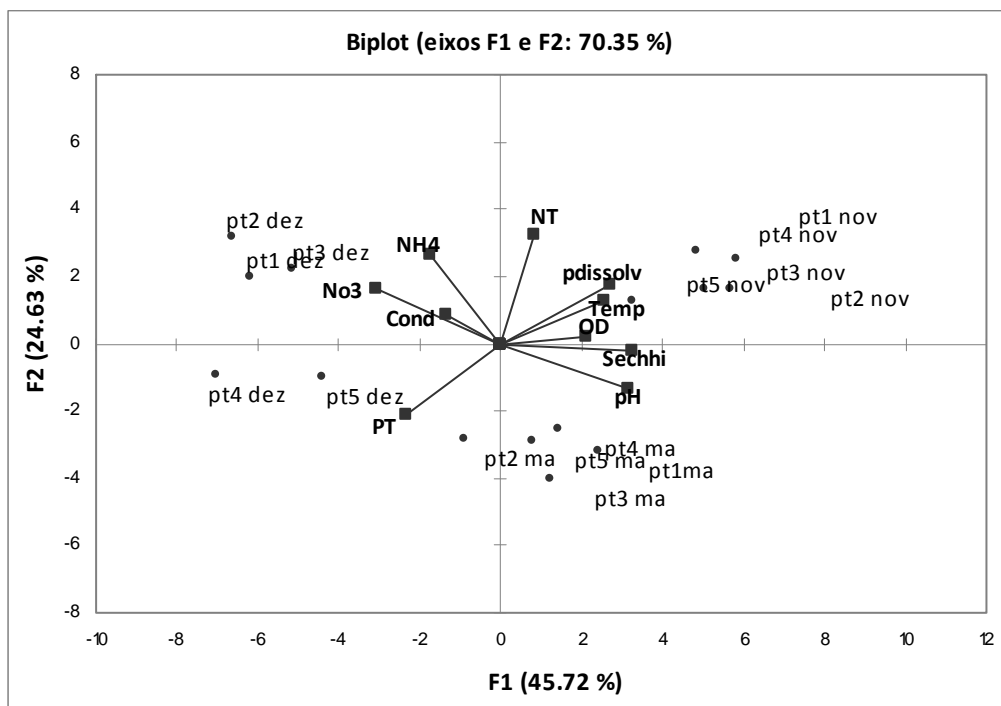
A caracterização final da qualidade da água pode ser contrastada em dois períodos distintos relacionados mais com a carga de nitrogênio e fósforo: os meses de fevereiro a julho, onde os compostos de nitrogênio exerceram maior influência, e os meses de agosto a outubro, onde os nutrientes mais influentes foram os compostos de fósforo.

Estes fatos certamente parecem evidenciar a influência de utilização de fertilizantes agrícolas nas áreas adjacentes à represa. Nos meses chuvosos, o carreamento de compostos de nitrogênio por percolação deve ser mais intenso justificando assim as influências observadas. Crê-se que a falta de mata ciliar favoreça muito a estas cargas de nutrientes aqui observadas.



**Figura 24.** Análise de componentes principais (PCA) aplicada para os nutrientes do reservatório de Cachoeira Dourada nos meses de dezembro de 2006, maio de 2007 e novembro de 2007.

Nos meses em que houve coleta de fitoplâncton, os dois primeiros eixos gerados pela análise de componentes principais explicaram 70,35% da variabilidade total dos dados. O eixo 1 foi influenciado positivamente pela transparência da água (0,90), oxigênio dissolvido (0,59), temperatura da água (0,71), fósforo dissolvido (0,75) e pH (0,86), juntamente com os meses relacionados a essas variáveis (período de estiagem (maio) e primavera (novembro)) e discriminou, à esquerda do diagrama, o período chuvoso (dezembro) com maiores concentrações de amônia (-0,48), nitrato (-0,85) e fósforo total (-0,65). O eixo 2 esteve correlacionado positivamente com o nitrogênio total (0,22), na primavera (Figura 25).

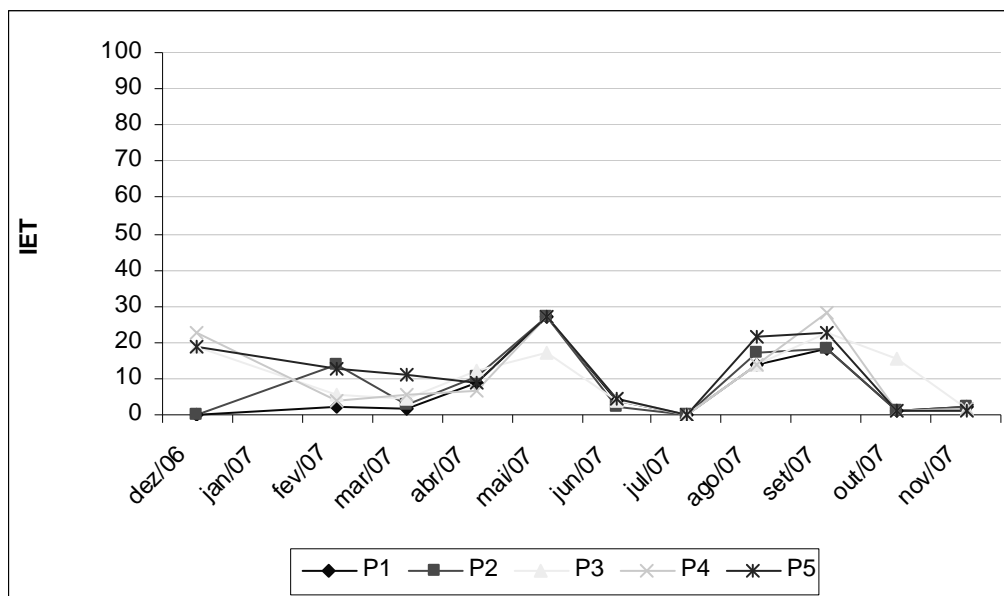


**Figura 25.** Análise de Componentes Principais (PCA) aplicada às variáveis ambientais do reservatório de Cachoeira Dourada GO/MG, nos meses de dezembro de 2006, maio de 2007 e novembro de 2007.

### **Análise do grau de trofia do reservatório com ênfase nas variáveis abióticas do reservatório de Cachoeira Dourada**

#### **Índice de Estado Trófico (IET)**

Os índices de estado trófico (IET) para os diferentes pontos amostrais e sua variação ao longo dos meses do ano, são apresentados na figura 18. Observou-se que o reservatório apresentou características oligotróficas durante todo o período de estudo, com os valores do IET sempre inferiores a 44. Para esta avaliação foram levados em consideração os critérios estabelecidos por Carlson (1977), que propõem a utilização da concentração de fósforo dissolvido como um dos elementos para caracterizar o grau de trofia do ambiente (Figura 26).



**Figura 26.** Variação dos valores do Índice de estado trófico segundo (CARLSON, 1977), modificado por Toledo Jr. et al (1983) nos cinco pontos amostrais no Reservatório de Cachoeira Dourada GO/MG, em diferentes meses do ano, para o período de dezembro de 2006 a novembro de 2007.

### **Classificação Trófica de acordo com os critérios de Salas e Martino (2001), para a variável Fósforo Total.**

De acordo com a tipologia proposta por Salas e Martino (2001), o reservatório foi também classificado como oligotrófico. Na Tabela 19 são apresentados os valores do índice obtidos para todos os pontos e meses de coleta, incluindo aqueles em que foram realizadas as coletas de fitoplâncton. Conforme observado, os valores médios da concentração de fósforo total registrados no mês de dezembro de 2006 ( $0,36 \mu\text{g L}^{-1}$ ), maio de 2007 ( $0,30 \mu\text{g L}^{-1}$ ) e novembro de 2007 ( $0,05 \mu\text{g L}^{-1}$ ), permitem a classificação do reservatório de Cachoeira Dourada como oligotrófico.



**Tabela 19.** Classificação do Estado Trófico do reservatório de Cachoeira Dourada (GO/MG), com base nas concentrações de fósforo total de acordo com os critérios propostos por Salas e Martino (2001).

<b>Período</b>	<b>PT (mg.L<sup>-1</sup>)</b>	<b>Classificação</b>	<b>Período</b>	<b>PT (mg.L<sup>-1</sup>)</b>	<b>Classificação</b>
<b>Dez P1</b>	0,279	Oligotrófico	<b>Junh P4</b>	0,493	Oligotrófico
<b>Dez P2</b>	0,186	Oligotrófico	<b>Junh P5</b>	0,493	Oligotrófico
<b>Dez P3</b>	0,233	Oligotrófico	<b>Jul P1</b>	0,369	Oligotrófico
<b>Dez P4</b>	0,605	Oligotrófico	<b>Jul P2</b>	0,369	Oligotrófico
<b>Dez P5</b>	0,488	Oligotrófico	<b>Jul P3</b>	0,394	Oligotrófico
<b>Fev P1</b>	1,163	Oligotrófico	<b>Jul P4</b>	0,369	Oligotrófico
<b>Fev P2</b>	0,512	Oligotrófico	<b>Jul P5</b>	0,419	Oligotrófico
<b>Fev P3</b>	0,674	Oligotrófico	<b>Agos P1</b>	0,436	Oligotrófico
<b>Fev P4</b>	0,977	Oligotrófico	<b>Agos P2</b>	0,385	Oligotrófico
<b>Fev P5</b>	0,767	Oligotrófico	<b>Agos P3</b>	0,359	Oligotrófico
<b>Mar P1</b>	0,808	Oligotrófico	<b>Agos P4</b>	0,308	Oligotrófico
<b>Mar P2</b>	0,758	Oligotrófico	<b>Agos P5</b>	0,385	Oligotrófico
<b>Mar P3</b>	0,758	Oligotrófico	<b>Set P1</b>	0,143	Oligotrófico
<b>Mar P4</b>	0,682	Oligotrófico	<b>Set P2</b>	0,095	Oligotrófico
<b>Mar P5</b>	0,934	Oligotrófico	<b>Set P3</b>	0,167	Oligotrófico
<b>Abr P1</b>	0,722	Oligotrófico	<b>Set P4</b>	0,119	Oligotrófico
<b>Abr P2</b>	0,773	Oligotrófico	<b>Set P5</b>	0,095	Oligotrófico
<b>Abr P3</b>	0,902	Oligotrófico	<b>Out P1</b>	0,376	Oligotrófico
<b>Abr P4</b>	0,67	Oligotrófico	<b>Out P2</b>	0,376	Oligotrófico
<b>Abr P5</b>	0,722	Oligotrófico	<b>Out P3</b>	0,329	Oligotrófico
<b>Mai P1</b>	0,361	Oligotrófico	<b>Out P4</b>	0,329	Oligotrófico
<b>Mai P2</b>	0,309	Oligotrófico	<b>Out P5</b>	0,352	Oligotrófico
<b>Mai P3</b>	0,464	Oligotrófico	<b>Nov P1</b>	0,05	Oligotrófico
<b>Mai P4</b>	0,155	Oligotrófico	<b>Nov P2</b>	0,05	Oligotrófico
<b>Mai P5</b>	0,206	Oligotrófico	<b>Nov P3</b>	0,053	Oligotrófico
<b>Junh P1</b>	0,493	Oligotrófico	<b>Nov P4</b>	0,05	Oligotrófico
<b>Junh P2</b>	0,443	Oligotrófico	<b>Nov P5</b>	0,05	Oligotrófico
<b>Junh P3</b>	0,443	Oligotrófico			

**O índice de saprobidade de acordo com os critérios de Hamm (1969).**

Os índices de saprobidade foram calculados com base nas variáveis: Déficit de Saturação de Oxigênio Dissolvido (expresso em %) e Concentração do íon amônio, e de acordo com a classificação proposta por Hamm (1969) (Tabela 20).

Através da análise da concentração de íon amônio, as diversas estações de coleta foram classificadas como oligotróficas em todos os períodos e pontos estudados. Para o Déficit de Saturação de Oxigênio houve variação na classificação trófica do reservatório. A diminuição da concentração de oxigênio nos meses de baixa precipitação pluviométrica, ocorrida em maio (Ponto 2 e Ponto 4), julho (Ponto 1) e agosto (Ponto 3), levaram à classificação de  $\beta$  - Mesossapróbico. No mês de maio (Ponto 5), agosto e outubro, observou-se que a redução do oxigênio dissolvido em todos os pontos foi ainda maior, permitindo a classificação do reservatório como  $\sigma$  - Mesossapróbico. De maneira geral, os pontos de coleta foram predominantemente classificados como oligotróficos com tendência ao aumento no grau de trofia em períodos com déficits de saturação (DSO) superiores a 15%.

**Tabela 20.** Variação dos Valores do Índice de Sapróbios (IS) proposto por Hamm (1969) no reservatório de Cachoeira Dourada, (GO/MG), de acordo com as variáveis ambientais selecionadas: saturação de oxigênio dissolvido (DSO %); N-NH<sub>4</sub>: % Concentração de íon amônio.

<b>Período</b>	<b>DSO %</b>	<b>Classificação</b>	<b>N-NH<sub>4</sub> (μ g/L)</b>	<b>Classificação</b>
<b>Dez P1</b>	17,86	β - Mesossapróbico	5,91	Oligossapróbico
<b>Dez P2</b>	23,31	β - Mesossapróbico	10,00	Oligossapróbico
<b>Dez P3</b>	27,32	β - Mesossapróbico	7,40	Oligossapróbico
<b>Dez P4</b>	31,61	β - Mesossapróbico	5,68	Oligossapróbico
<b>Dez P5</b>	26,17	β - Mesossapróbico	0,00	Oligossapróbico
<b>Fev P1</b>	0,3	Oligossapróbico	0,02	Oligossapróbico
<b>Fev P2</b>	0,2	Oligossapróbico	6,53	Oligossapróbico
<b>Fev P3</b>	5,21	Oligossapróbico	9,99	Oligossapróbico
<b>Fev P4</b>	3,65	Oligossapróbico	2,31	Oligossapróbico
<b>Fev P5</b>	0,97	Oligossapróbico	1,54	Oligossapróbico
<b>Mar P1</b>	0,12	Oligossapróbico	9,90	Oligossapróbico
<b>Mar P2</b>	0,02	Oligossapróbico	9,36	Oligossapróbico
<b>Mar P3</b>	7,13	Oligossapróbico	0,66	Oligossapróbico
<b>Mar P4</b>	3,48	Oligossapróbico	1,98	Oligossapróbico
<b>Mar P5</b>	0,1	Oligossapróbico	4,31	Oligossapróbico
<b>Abr P1</b>	0,8	Oligossapróbico	9,91	Oligossapróbico
<b>Abr P2</b>	3,12	Oligossapróbico	9,93	Oligossapróbico
<b>Abr P3</b>	6,7	Oligossapróbico	9,94	Oligossapróbico
<b>Abr P4</b>	10,16	Oligossapróbico	0,58	Oligossapróbico
<b>Abr P5</b>	13,20	Oligossapróbico	0	Oligossapróbico
<b>Mai P1</b>	0,63	Oligossapróbico	0,00	Oligossapróbico
<b>Mai P2</b>	24,18	β - Mesossapróbico	0,87	Oligossapróbico
<b>Mai P3</b>	8,30	Oligossapróbico	1,47	Oligossapróbico
<b>Mai P4</b>	15,58	β - Mesossapróbico	0,00	Oligossapróbico
<b>Mai P5</b>	50,92	σ - Mesossapróbico	0,58	Oligossapróbico
<b>Junh P1</b>	0,25	Oligossapróbico	9,74	Oligossapróbico
<b>Junh P2</b>	5,73	Oligossapróbico	0,99	Oligossapróbico
<b>Junh P3</b>	6,94	Oligossapróbico	0,99	Oligossapróbico
<b>Junh P4</b>	9,8	Oligossapróbico	0,45	Oligossapróbico
<b>Junh P5</b>	13,4	Oligossapróbico	4,69	Oligossapróbico
<b>Jul P1</b>	17,34	β - Mesossapróbico	0,62	Oligossapróbico
<b>Jul P2</b>	4,07	Oligossapróbico	0,62	Oligossapróbico
<b>Jul P3</b>	14,29	Oligossapróbico	0,59	Oligossapróbico
<b>Jul P4</b>	2,02	Oligossapróbico	0,09	Oligossapróbico
<b>Jul P5</b>	5,01	Oligossapróbico	0,09	Oligossapróbico
<b>Agos P1</b>	61,09	σ - Mesossapróbico	4,03	Oligossapróbico
<b>Agos P2</b>	61,30	σ - Mesossapróbico	2,54	Oligossapróbico
<b>Agos P3</b>	44,41	β - Mesossapróbico	4,41	Oligossapróbico
<b>Agos P4</b>	57,96	σ - Mesossapróbico	2,05	Oligossapróbico
<b>Agos P5</b>	64,23	σ - Mesossapróbico	3,00	Oligossapróbico

Cont. **Tabela 20.** Índice de sapróbios (IS) proposto por Hamm (1969), para algumas variáveis ambientais selecionadas: saturação de oxigênio dissolvido (DSO %); N-NH<sub>4</sub>: % Concentração de íon amônio.

<b>Período</b>	<b>DSO %</b>	<b>Classificação</b>	<b>N-NH<sub>4</sub> (µg/L)</b>	<b>Classificação</b>
<b>Set P1</b>	2,06	Oligossapróbico	1,13	Oligossapróbico
<b>Set P2</b>	5,07	Oligossapróbico	1,15	Oligossapróbico
<b>Set P3</b>	2,95	Oligossapróbico	0,78	Oligossapróbico
<b>Set P4</b>	0,33	Oligossapróbico	0,89	Oligossapróbico
<b>Set P5</b>	2,45	Oligossapróbico	0,88	Oligossapróbico
<b>Out P1</b>	58,19	σ - Mesossapróbico	1,18	Oligossapróbico
<b>Out P2</b>	67,98	σ - Mesossapróbico	1,27	Oligossapróbico
<b>Out P3</b>	61,69	σ - Mesossapróbico	1,39	Oligossapróbico
<b>Out P4</b>	59,10	σ - Mesossapróbico	1,35	Oligossapróbico
<b>Out P5</b>	62,14	σ - Mesossapróbico	1,30	Oligossapróbico
<b>Nov P1</b>	7,05	Oligossapróbico	4,95	Oligossapróbico
<b>Nov P2</b>	9,02	Oligossapróbico	1,66	Oligossapróbico
<b>Nov P3</b>	8,93	Oligossapróbico	1,45	Oligossapróbico
<b>Nov P4</b>	0,33	Oligossapróbico	4,97	Oligossapróbico
<b>Nov P5</b>	11,30	Oligossapróbico	3,11	Oligossapróbico

### **Composição Taxonômica da Comunidade Fitoplanctônica**

A composição da comunidade fitoplanctônica como um todo, amostrada no reservatório de Cachoeira Dourada, nos três períodos de coleta (dezembro de 2006, maio de 2007 e novembro de 2007) evidenciou a ocorrência de 109 táxons. Destes, 60 foram classificados como raros (55,0%), 30 comuns (27,5%), 11 frequentes (10,01%) e 8 constantes (7,3%) evidenciados na Tabela 33 (Anexo B)

A classe Cyanophyceae foi a de maior riqueza de táxons com 30 táxons e representando 27,5% da comunidade, seguida da classe Zygnematomyceae com 25 táxons (22,9%), Chlorophyceae com 24 táxons (22,0 %) e Bacillariophyceae com 18 táxons (16,5%). As classes com menor representatividade foram as Euglenophyceae (4 táxons), Chrysophyceae (4 táxons), Xantophyceae (2 táxons), Dinophyceae e Cryptophyceae com 1 táxon cada uma, totalizando uma representatividade de 11,0 % da comunidade (Tabela 21 e Figura 27).

**Tabela 21.** Número de táxons por Classe Taxonômica na comunidade fitoplanctônica do reservatório de Cachoeira Dourada GO/MG, amostrada nos meses de dezembro de 2006 (verão), maio de 2007 (outono) e novembro de 2007 (primavera).

Classes	Número de táxons	Abundância relativa (%)
Cyanophyceae/Cyanobacteria	30	27,5
Zygnematophyceae	25	22,9
Chlorophyceae	24	22,0
Bacillariophyceae	18	16,5
Euglenophyceae	4	3,7
Chrysophyceae	4	3,7
Xanthophyceae	2	1,8
Dinophyceae	1	0,9
Chryptophyceae	1	0,9
<b>Total</b>	<b>109</b>	<b>100</b>

Dos 65 táxons registrados no mês de dezembro (verão/chuvoso) de 2006, 13 foram classificados como constantes (20%), 13 como freqüentes (20%), 13 comuns (20%) e 26 raros (40%) (Tabela 22).

Dos 60 táxons amostrados no mês de maio de 2007 (outono), 15 foram constantes (25%), 6 foram freqüentes (10%), 11 foram comuns (18,33%), e 28 raros (46,66%) (Tabela 23). A espécie *Merismopedia glauca* (Cyanophyceae) representa uma dentre outras espécies raras evidenciadas neste mês (Figura 48 anexo C).

No mês de novembro de 2007 (primavera), do total de 63 táxons, 14 foram classificados como constantes (22,22%), 15 foram considerados freqüentes (23,08%), 16 comuns (25,39%) e 18 raros (28,85%) (Tabela 24).

Observa-se que no mês de novembro de 2006 ocorreu o maior número de espécies freqüentes e comuns quando comparado aos meses de maio e dezembro de 2007. As espécies raras contribuíram com o maior percentual de amostragem nos três meses de amostragem.

**Tabela 22.** Frequência de ocorrência das espécies amostradas no reservatório de Cachoeira Dourada no mês de dezembro de 2006 (verão – n= 65 táxons) em 5 pontos amostrais (Onde: C = constantes, \* = frequentes, + = comuns e R = raros, segundo os critérios estabelecidos por Lobo e Leighton, 1986).

Táxons (n=5) dezembro/06	Ocor	Fre%	Clas	Táxons	Ocor	Fre%	Clas
<b>Cyanophyceae/Cyanobacteria</b>				<b>Chlorophyceae</b>			
<i>Aphanocapsa</i> cf. <i>koordinerii</i>	1	20,0	R	<i>Chlamydomonas</i> sp.	5	100,0	C
<i>Aphanocapsa</i> sp. Δ	4	80,0	C	<i>Coelastrum microporum</i>	1	20,0	R
<i>Aphanothece</i> sp. Δ	3	60,0	*	<i>Coelastrum reticulatum</i>	5	100,0	C
Células livres de <i>Microcystis</i> sp.	3	60,0	*	<i>Dimorphococcus lunatus</i>	1	20,0	R
<i>Coelomoron</i> sp.	1	20,0	R	<i>Elakatothrix gelatinosa</i>	2	40,0	+
<i>Geitlerinema unigranulatum</i>	5	100,0	C	<i>Eutetramorus fottii</i>	5	100,0	C
<i>Mastigocladus laminosus</i>	2	40,0	+	<i>Micractinium</i> sp.	1	20,0	R
<i>Microcystis aeruginosa</i>	5	100,0	C	<i>Scenedesmus opoliensis</i>	2	40,0	+
<i>Microcystis</i> cf. <i>panniformis</i>	3	60,0	*	<i>Sphaerocystis</i> sp.	5	100,0	C
<i>Oscillatoria</i> cf. <i>proboscidea</i>	4	80,0	C	<i>Volvox</i> sp.	1	20,0	R
<i>Oscillatoria</i> sp.	3	60,0	*	<b>Euglenophyceae</b>			
<i>Phormidium</i> sp.1	2	40,0	+	<i>Euglena</i> sp.	1	20,0	R
<i>Phormidium</i> sp.2	3	60,0	*	<i>Trachelomonas</i> sp.	3	60,0	*
<i>Phormidium</i> sp.3	1	20,0	R	<i>Trachelomonas</i> cf. <i>verrucosa</i>	1	20,0	R
<i>Planktothrix</i> sp.	2	40,0	+	<i>Trachelomonas volvocina</i>	4	80,0	C
<i>Pseudanabaena mucicola</i>	3	60,0	*	<b>Chrysophyceae</b>			
<i>Pseudanabaena</i> sp.1	5	100,0	C	<i>Dinobryon</i> sp.	2	40,0	+
<i>Pseudanabaena</i> sp.2	1	20,0	R	<i>Mallomonas</i> sp.	3	60,0	*
<i>Spirulina</i> SP.	2	40,0	+	<i>Synura uvella</i>	3	60,0	*
<b>Bacillariophyceae</b>				<b>Zygnematophyceae</b>			
<i>Aulacoseira ambigua</i>	1	20,0	R	<i>Cosmarium</i> cf. <i>quadrum</i>	2	40,0	+
<i>Aulacoseira ambigua</i> var. <i>spiralis</i>	1	20,0	R	<i>Cosmarium</i> sp.	2	40,0	+
<i>Aulacoseira granulata</i>	5	100,0	C	<i>Desmidium</i> cf. <i>cylindricum</i>	3	60,0	*
<i>Cyclotella</i> sp.	1	20,0	R	<i>Desmidium</i> sp.	2	40,0	+
<i>Cymbella</i> sp.	3	60,0	*	<i>Hyalotheca dissiliens</i>	2	40,0	+
<i>Diploneis</i> sp.	1	20,0	R	<i>Mougeotia</i> sp.	5	100,0	C
<i>Eunotia</i> sp.	1	20,0	R	<i>Sphaerososma laeve</i>	3	60,0	*
<i>Fragilaria</i> sp.1	3	60,0	*	<i>Spondilosium</i> cf. <i>panduriforme</i> f. <i>limneticum</i>	1	20,0	R
<i>Fragilaria</i> sp.2	1	20,0	R	<i>Staurastrum laeve</i>	1	20,0	R
<i>Gomphonema</i> sp.	2	40,0	+	<i>Staurastrum muticum</i>	1	20,0	R
<i>Navicula</i> sp.	4	80,0	C	<i>Staurastrum rotula</i>	1	20,0	R
<i>Nitzschia</i> sp.	2	40,0	+	<i>Staurastrum</i> sp.	1	20,0	R
<i>Pinnularia</i> sp. Δ	3	60,0	*	<b>Dinophyceae</b>			
<i>Surirella</i> sp.	1	20,0	R	<i>Peridinium</i> sp.	1	20,0	R
<b>Cryptophyceae</b>				<b>Xanthophyceae</b>			
<i>Cryptomonas</i> sp. Δ	1	20,0	R	<i>Tetraplektron</i> sp.	1	20,0	R

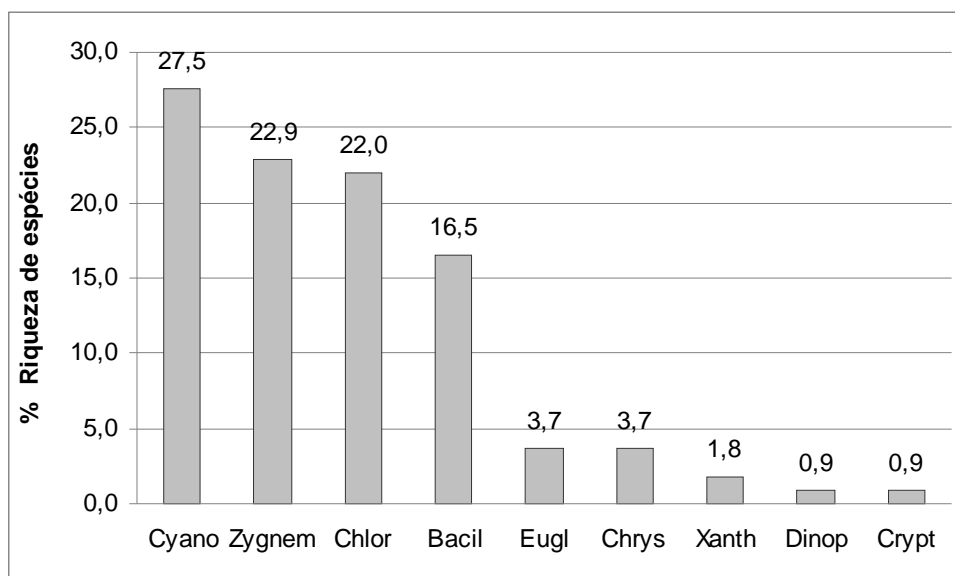
**Tabela 23.** Frequência de ocorrência das espécies amostradas no reservatório de Cachoeira Dourada no mês de maio de 2007 (outono – n= 60 táxons) em 5 pontos amostrais (Onde: C = constantes, \* = frequentes, + = comuns e R = raros, segundo os critérios estabelecidos por Lobo e Leighton, 1986).

Táxons (n=5) Maio/07	Ocor	Fre%	Clas	Táxons	Ocor	Fre%	Clás
<b>Cyanophyceae/Cyanobacteria</b>				<b>Chlorophyceae</b>			
<i>Anabaena</i> sp. Δ	4	80,0	C	<i>Ankistrodesmus</i> sp.	1	20,0	R
<i>Aphanothece</i> sp.	5	100,0	C	<i>Botriococcus</i> sp.	1	20,0	R
Células livres de <i>Microcystis</i> sp. Δ	2	40,0	+	<i>Chlamydomonas</i> sp.	4	80,0	C
<i>Chroococcus minimus</i>	5	100,0	C	<i>Coelastrum microporum</i>	1	20,0	R
<i>Chroococcus</i> cf. <i>minutus</i>	1	20,0	R	<i>Coelastrum reticulatum</i>	5	100,0	C
<i>Coelomoron</i> sp.	1	20,0	R	<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	1	20,0	R
<i>Geitlerinema unigranulatum</i>	4	80,0	C	<i>Elakatothrix gelatinosa</i>	1	20,0	R
<i>Limnothrix</i> sp.	1	20,0	R	<i>Eutetramorus fottii</i>	5	100,0	C
<i>Lyngbya</i> sp.	1	20,0	R	<i>Gomphosphaeria</i> sp.	1	20,0	R
<i>Mastigocladus laminosus</i>	2	40,0	+	<i>Kirchneriella obesa</i>	1	20,0	R
<i>Merismopedia glauca</i>	1	20,0	R	<i>Monoraphidium</i> cf. <i>griffithii</i>	2	40,0	+
<i>Microcystis</i> cf. <i>panniformis</i>	1	20,0	R				
<i>Microcystis</i> sp. Δ	2	40,0	+	<i>Oocystis</i> sp.	1	20,0	R
<i>Oscillatoria</i> cf. <i>proboscidea</i>	1	20,0	R	<i>Scenedesmus</i> sp.	2	40,0	+
<i>Phormidium</i> sp.1	1	20,0	R	<i>Schroederia</i> sp.	1	20,0	R
<i>Phormidium</i> sp.2	1	20,0	R	<i>Sphaerocystis</i> sp.	5	100,0	C
<i>Planktothrix</i> sp.	1	20,0	R	<i>Volvox</i> sp.	3	60,0	*
<i>Pseudanabaena mucicola</i> Δ	1	20,0	R	<b>Euglenophyceae</b>			
<i>Pseudanabaena</i> sp.1	4	80,0	C	<i>Trachelomonas</i> sp.	5	100,0	C
<i>Pseudanabaena</i> sp.2	2	40,0	+	<i>Trachelomonas volvocina</i>	4	80,0	C
<i>Pseudanabaena</i> sp.3	3	60,0	*	<b>Chrysophyceae</b>			
<b>Bacillariophyceae</b>				<b>Zygnematophyceae</b>			
<i>Aulacoseira ambígua</i>	2	40,0	+	<i>Mallomonas</i> sp.	1	20,0	R
<i>Aulacoseira granulata</i>	2	40,0	+	<i>Actinotaenium globosum</i>	1	20,0	R
<i>Cyclotella</i> sp.	2	40,0	+	<i>Closterium</i> sp.	2	40,0	+
<i>Cymbella</i> sp.	3	60,0	*	<i>Cosmarium</i> sp.	1	20,0	R
<i>Eunotia</i> sp.	4	80,0	C	<i>Hyalotheca dissiliens</i>	1	20,0	R
<i>Fragilaria</i> spp	3	60,0	*	<i>Mougeotia</i> sp.1	1	20,0	R
<i>Gomphonema</i> sp.	1	20,0	R	<i>Mougeotia</i> sp.2	2	40,0	+
<i>Navicula</i> spp	4	80,0	C	<i>Staurastrum leptocladum</i>	4	80,0	C
<i>Surirella</i> sp.	3	60,0	*	<i>Staurastrum</i> sp.	1	20,0	R
<i>Tabellaria</i> sp.	1	20,0	R	<b>Cryptophyceae</b>			
				<i>Cryptomonas</i> sp.	3	60,0	*
				<b>Dinophyceae</b>			
				<i>Peridinium</i> sp.	5	100,0	C

**Tabela 24.** Frequência de ocorrência das espécies amostradas no reservatório de Cachoeira Dourada no mês de novembro de 2007 (outono – n= 63) em 5 pontos amostrais (Onde: C = constantes, \* = frequentes, + = comuns e R = raros segundo os critérios estabelecidos por Lobo e Leighton, 1986).

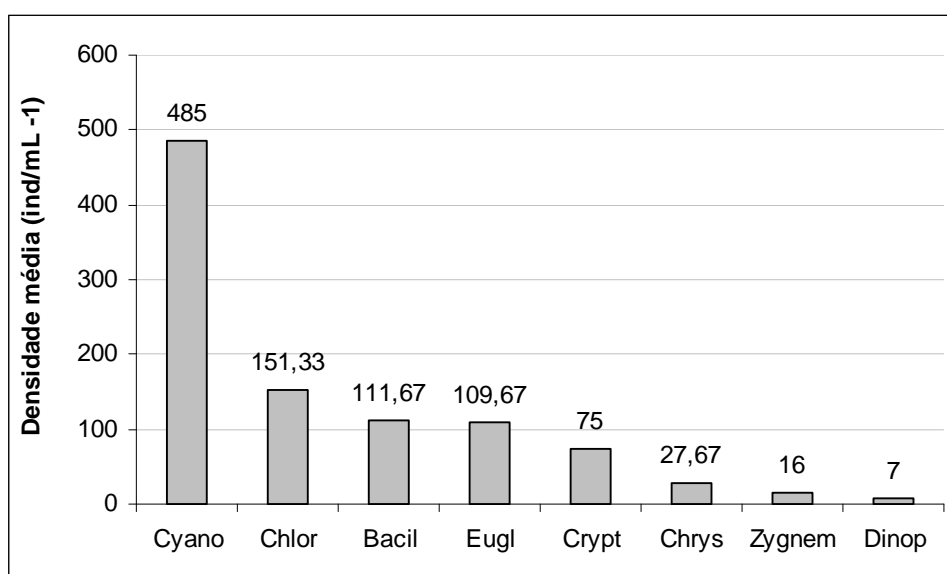
Táxons (n=5) Novembro/07	Ocor	Fre%	Clas	Táxons	Ocor	Fre%	Clas
<b>Cyanophyceae/Cyanobacteria</b>				<b>Chlorophyceae</b>			
<i>Aphanocapsa</i> sp. Δ	4	80,0	C	<i>Elakatothrix</i> cf. <i>gelatinosa</i>	4	80,0	C
<i>Aphanothece</i> sp. Δ	4	80,0	C	<i>Eutetramorus fottii</i>	1	20,0	R
Células livres de <i>Microcysis</i> sp.	5	100,0	C	<i>Golenkiniospsis</i> sp.	3	60,0	*
<i>Chroococcus minimus</i> Δ	3	60,0	*	<i>Kirchneriella</i> cf. <i>lunaris</i>	1	20,0	R
<i>Geitlerinema unigranulatum</i>	2	40,0	+	<i>Monoraphidium circinale</i>	4	80,0	C
<i>Gomphosphaeria</i> sp.	1	20,0	R	<i>Nephrocytium</i> sp.	2	40,0	+
<i>Limnothrix</i> sp. Δ	2	40,0	+	<i>Oocystis</i> sp.	2	40,0	+
<i>Mastigocladus laminosus</i>	2	40,0	+	<i>Scenedesmus</i> cf. <i>ecornis</i>	2	40,0	+
<i>Microcystis aeruginosa</i>	2	40,0	+	<i>Scenedesmus</i> sp.	4	80,0	C
<i>Microcystis panniformis</i>	1	20,0	R				
<i>Oscillatoria</i> sp.	2	40,0	+	<b>Euglenophyceae</b>			
<i>Planktothrix</i> sp.	3	60,0	*	<i>Euglena</i> sp.	1	20,0	R
<i>Pseudanabaena</i> cf. <i>catenata</i>	1	20,0	R	<i>Trachelomonas volvocina</i>	3	60,0	*
<i>Pseudanabaena</i> sp.1	2	40,0	+	<i>Trachelomonas</i> sp. Δ	3	60,0	*
<i>Pseudanabaena</i> sp.2	3	60,0	*	<b>Chrysophyceae</b>			
<i>Westiella</i> sp.	1	20,0	R	<i>Dinobryon bavaricum</i>	1	20,0	R
<i>Wolskyella</i> sp.	2	40,0	+	<i>Mallomonas</i> sp.	1	20,0	R
<b>Bacillariophyceae</b>				<b>Zygnematophyceae</b>			
<i>Aulacoseira granulata</i>	5	100,0	C	<i>Closterium</i> sp.	2	40,0	+
<i>Cyclotella</i> sp. Δ	3	60,0	*	<i>Cosmarium</i> cf. <i>decussiferum</i>	3	60,0	*
<i>Cymatopleura</i> sp.	1	20,0	R	<i>Cosmarium</i> sp.1	2	40,0	+
<i>Cymbella</i> sp.	3	60,0	*	<i>Desmidium</i> sp.	1	20,0	R
<i>Fragilaria</i> sp.	3	60,0	*	<i>Hyalotheca</i> sp.	3	60,0	*
<i>Gomphonema</i> sp.	2	40,0	+	<i>Mougeotia</i> sp.1	5	100,0	C
<i>Gyrosigma</i> sp.	2	40,0	+	<i>Mougeotia</i> sp.2	3	60,0	*
<i>Navicula</i> sp. Δ	4	80,0	C	<i>Sphaeroszma</i> sp.	4	80,0	C
				<i>Staurastrum leptocladum</i>			
<i>Pinnularia</i> sp. Δ	2	40,0	+	var. <i>cornutum</i>	3	60,0	*
<i>Surirella</i> sp.	4	80,0	C	<i>Staurastrum margaritaceum</i>	1	20,0	R
<b>Chlorophyceae</b>				<i>Staurastrum</i> sp.	1	20,0	R
				<i>Staurodesmus</i> cf.			
<i>Ankistrodesmus falcatus</i>	3	60,0	*	<i>triangularis</i>	1	20,0	R
<i>Botriococcus</i> sp.	3	60,0	*	<i>Staurodesmus</i> sp.	1	20,0	R
<i>Chlamydomonas</i> sp.	4	80,0	C	<i>Tetmemorus</i> sp.	1	20,0	R
<i>Coelastrum microporum</i>	1	20,0	R	<b>Dinophyceae</b>			
<i>Coelastrum reticulatum</i> Δ	5	100,0	C	<i>Peridinium</i> sp.	1	20,0	R
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	5	100,0	C	<b>Xanthophyceae</b>			
				<i>Isthmochloron lobulatum</i>	2	40,0	+





**Figura 27.** Contribuição das classes fitoplânctônicas (%) para a riqueza de espécies do reservatório de Cachoeira Dourada (GO/MG), nos meses de dezembro de 2006, maio de 2007 e novembro de 2007 conjuntamente. Legenda: Cyano = Cyanophyceae, Zygnem = Zygnematophyceae, Chlor = Chlorophyceae, Bacil = Bacillariophyceae, Eugl = Euglenophyceae, Chrys = Chrysophyceae, Xanth = Xanthophyceae, Dinop = Dinophyceae e Crypt = Cryptophyceae.

As Classes que mais contribuíram para em relação à densidade de indivíduos na comunidade fitoplancônica foram: Cyanophyceae (485 ind. mL<sup>-1</sup>), seguida da Chlorophyceae (153,33 ind. mL<sup>-1</sup>), Bacillariophyceae (111,67 ind. mL<sup>-1</sup>), Euglenophyceae (109,67 ind. mL<sup>-1</sup>), Cryptophyceae (75 ind. mL<sup>-1</sup>), Chrysophyceae (27,67 ind. mL<sup>-1</sup>), Zygnematophyceae (16 ind. mL<sup>-1</sup>) e Dinophyceae (7 ind. mL<sup>-1</sup>) (Figura 28).



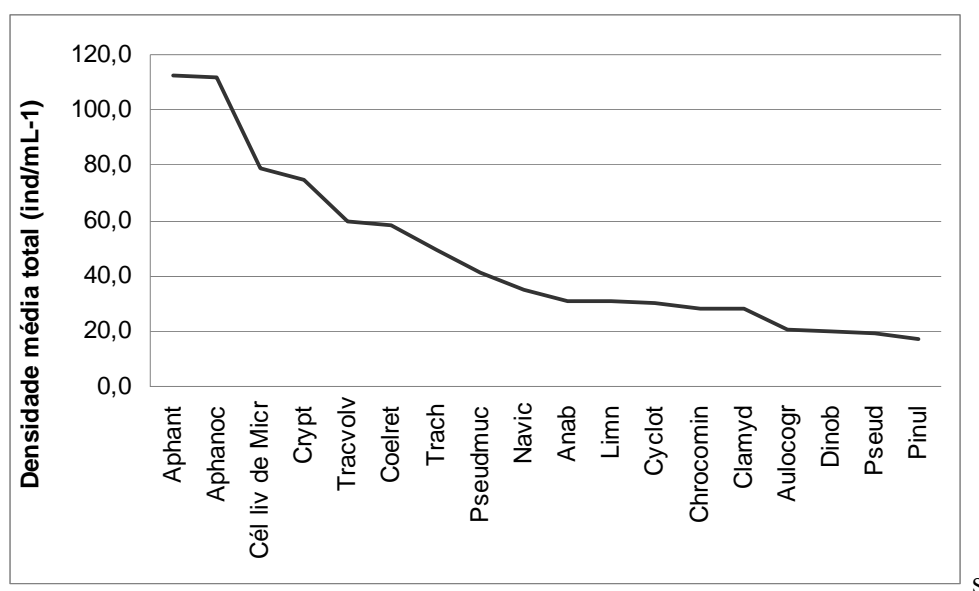
**Figura 28.** Contribuição das classes fitoplancônicas para a densidade média total (ind. mL<sup>-1</sup>) do reservatório de Cachoeira Dourada (GO/MG). Valores médios das densidades registradas nos meses de dezembro de 2006, maio de 2007 e novembro de 2007. Legenda: Cyano = Cyanophyceae, Chlor = Chlorophyceae, Bacil = Bacillariophyceae, Eugl = Euglenophyceae, Crypt = Cryptophyceae, Chrys = Chrysophyceae, Zygnem = Zygnematophyceae, Dinop = Dinophyceae.

Quanto à estrutura de tamanho o nanoplâncton (2 a 20  $\mu\text{m}$ ) representou 50,84% da comunidade fitoplanctônica e o microplâncton (20 - 200  $\mu\text{m}$ ) 49,15%.

Em relação aos táxons abundantes houve predominância daqueles pertencentes ao nanoplâncton (75%), com maiores registros no período de estiagem – maio/07 (100%). Vale ressaltar que cianobactérias cocóides classificadas neste trabalho como nanoplâncton, podem ser classificadas como picoplâncton (0,2 a 2,0  $\mu\text{m}$ ) por apresentarem dimensões de 2,0  $\mu\text{m}$  ou valores aproximados a estes.

Com a aplicação dos critérios de abundância e dominância de Lobo e Leighton (1986), 18 táxons foram considerados abundantes no reservatório de Cachoeira Dourada, dentre elas, 08 pertencentes à Classe Cyanophyceae, totalizando um percentual de 44,44%.

A figura 29 apresenta o gradiente de densidade que ordena os táxons algais de acordo com a densidade média apresentada. Os táxons *Aphanothece* sp. (Figura 47 do anexo C), *Aphanocapsa* sp., células livres de *Microcystis* sp. (Figura 49 do anexo C), *Pseudanabaena mucicola* (Cyanophyceae), *Cryptomonas* sp., (Cryptophyceae), *Trachelomonas volvocina*, *Trachelomonas* sp., (Euglenophyceae) e o *Coelastrum reticulatum* (Chlorophyceae) (Figura 48 do anexo C), contribuíram conjuntamente com 69,14 % da densidade média entre as espécies abundantes.



**Figura 29.** Densidade média total dos táxons fitoplanctônicos mais abundantes com ocorrência no reservatório de Cachoeira Dourada GO/MG, nos meses de dezembro de 2006, maio de 2007 e novembro de 2007.

De acordo com a classificação de Reynolds (1997 e 2002) para os grupos funcionais (GF) os táxons fitoplanctônicos mais abundantes foram agrupados em 12 GF. Destes 41,66% são comuns a ambientes mesotróficos (M, H2, W2, N e X2) e 50% são

encontrados em ambientes ricos em nutrientes (K, S1, J, D, E, e J), conforme apresentado na Tabela 25.

**Tabela 25.** Principais Grupos Funcionais (GF) e táxons com maior contribuição relativa (%) para a densidade da comunidade fitoplanctônica no reservatório de Cachoeira Dourada GO/MG nos períodos de dezembro de 2006, maio de 2007 e novembro de 2007.

<b>GF</b>	<b>Características dos Grupos Funcionais (Reynolds, 1997; Reynolds et al. 2002).</b>	<b>Principais táxons representativos de cada grupo funcional (GF).</b>
K	Ocorrem em epilímnio ricos em nutrientes; são sensíveis à mistura profunda e tolerantes à alta intensidade luminosa.	<i>Aphanocapsa</i> sp., e <i>Aphanothece</i> sp.
S1	Ocorrem em águas túrbidas e misturadas; toleram deficiência de luz; sensíveis à alta vazão.	<i>Pseudanabaenamucicola</i> ; <i>Pseudanabaenasp.</i> , e <i>Limnothrix</i> sp.
M	Ocorrem em ambientes mesotróficos com mistura da coluna de água; toleram alta insolação; são sensíveis à inundação e baixa transparência.	<i>Microcystis</i> sp.
H2	Nostocales fixadoras de nitrogênio em grandes lagos mesotróficos; toleram baixas concentrações de nitrogênio, mistura e baixa disponibilidade de luz.	<i>Anabaena</i> sp.
W2	Ocorrem em lagos mesotróficos	<i>Trachelomonas volvocina</i> e <i>Trachelomonas</i> sp.
J	Ocorrem em rios e lagos rasos e ricos em nutrientes; são sensíveis à sedimentação em camadas afóticas.	<i>Coelastrum reticulatum</i>
N	Ocorrem em epilímnio mesotrófico; tolera deficiência de nutrientes; são sensíveis à estratificação e pH elevado.	<i>Pinullaria</i> sp.
D	Ocorrem em ambientes rasos, túrbidos e eutróficos, incluindo rios; toleram alto fluxo; são sensíveis à depleção de nutrientes.	<i>Cyclotella</i> sp.
X2	Ocorrem em lagos, com mistura da coluna de água, transparentes e mesotróficos; toleram estratificação.	<i>Chlamydomonas</i> sp.
P	Ocorrem no meroplâncton, toleram constante turbulência pelo vento; são sensíveis à estratificação. Incluem diatomáceas perifíticas com ocorrências ocasionais no plâncton de lagos.	<i>Aulocoseira granulata</i>
E	Ocorrem usualmente em lagos pequenos, oligotróficos ou mesotróficos; toleram baixa concentração de nutrientes (mixotrofia).	<i>Dinobryon</i> sp.
Y	Ocorrem em lagos usualmente pequenos, ricos em nutrientes, toleram deficiência de luz; sensíveis à deficiência de nutrientes e à herbivoria.	<i>Cryptomonas</i> sp.

**Análise da Distribuição Espacial e Temporal das Diferentes Classes Algais no fitoplâncton do reservatório de Cachoeira Dourada GO/MG**

A análise da distribuição espacial dos táxons pertencentes às diferentes Classes fitoplanctônicas, nos diferentes pontos amostrados localizados no eixo longitudinal do reservatório evidenciou que dos 109 táxons analisados 64 estiveram presentes no ponto 1; 51 no ponto 2; 62 no ponto 3; 57 no ponto 4 e 65 no ponto 5. Houve um maior número de táxons nos pontos 5 e 1 quando comparados aos demais pontos de amostragem. As Cyanophyceae constituíram a classe com o maior número de táxons (Tabelas 26 e 27).

**Tabela 26.** Distribuição espacial qualitativa do número de táxons pertencentes às diferentes Classes fitoplanctônicas para os pontos amostrados no eixo longitudinal do reservatório de Cachoeira Dourada (GO/MG), no período de novembro de 2006 a dezembro de 2007.

<b>Táxons</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>P5</b>
<b>Cyanophyceae/Cyanobacteria</b>	21	16	19	15	21
<b>Bacillariophyceae</b>	10	10	10	10	13
<b>Chlorophyceae</b>	14	11	16	13	13
<b>Euglenophyceae</b>	3	1	2	4	2
<b>Chrysophyceae</b>	1	3	1	1	1
<b>Zygnematophyceae</b>	12	9	12	13	13
<b>Dinophyceae</b>	1	1	1	1	1
<b>Xanthophyceae</b>	1	0	1	0	1
<b>Cryptophyceae</b>	1	0	0	0	0
<b>Total</b>	<b>64</b>	<b>51</b>	<b>62</b>	<b>57</b>	<b>65</b>

**Tabela 27.** Distribuição espacial e número total de táxons fitoplanctônicos das Classes Cyanophyceae e Bacillariophyceae inventariados em diferentes pontos no reservatório de Cachoeira Dourada GO/MG nos meses de novembro de 2006, maio de 2007 e dezembro de 2007 – Análise qualitativa.

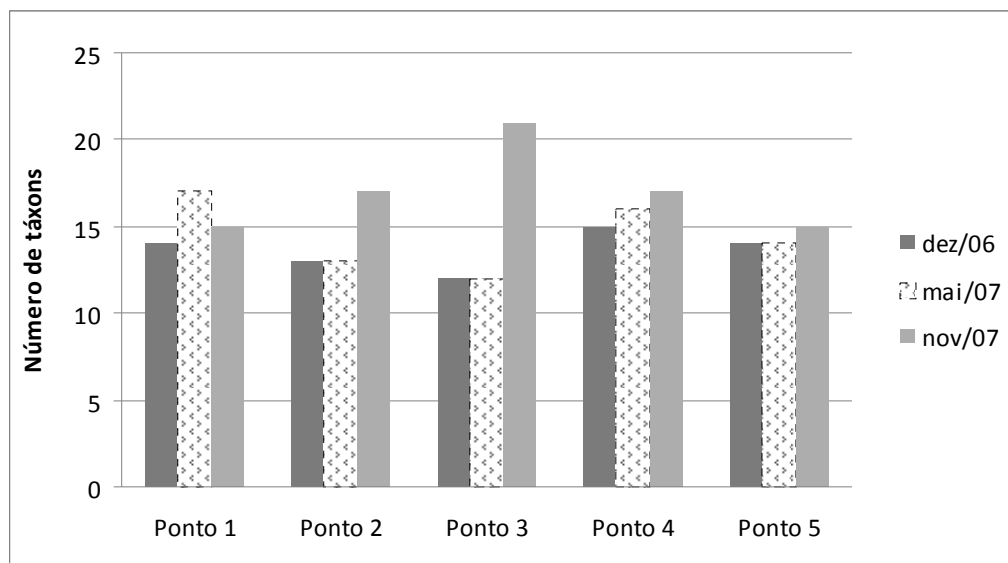
Táxons	P1	P2	P3	P4	P5	Táxons	P1	P2	P3	P4	P5
<b>Cyanophyceae/Cyanobacteria</b>	<b>21</b>	<b>16</b>	<b>19</b>	<b>15</b>	<b>21</b>	<b>Bacillariophyceae</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>13</b>
<i>Anabaena</i> sp.	x	x	x		x	<i>Aulocoseira</i>		x	x		x
<i>Aphanocapsa</i> cf. <i>koordersii</i>					x	<i>ambigua</i>					
						<i>Aulacoseira</i>			x		
<i>Aphanocapsa</i> sp.	x	x	x	x	x	<i>ambigua</i> var. <i>spiralis</i>					
<i>Aphanothece</i> sp.	x	x	x	x	x	<i>Aulacoseira</i>	x	x	x	x	x
Células livres de <i>Microcystis</i> sp.	x	x	x	x	x	<i>granulata</i>					
<i>Chroococcus</i> cf. <i>minutus</i>	x					<i>Cyclotella</i> sp.		x	x	x	x
<i>Chroococcus minimus</i>	x	x	x	x	x	<i>Cymatopleura</i> sp.		x			
<i>Coelomoron</i> sp.	x		x			<i>Cymbella</i> sp.	x	x	x	x	x
<i>Geitlerinema unigranulatum</i>	x	x	x	x	x	<i>Diploneis</i> sp.					x
						<i>Eunotia</i> sp.	x	x	x	x	x
<i>Gomphosphaeria</i> spp.		x			x	<i>Fragilaria</i> sp.	x	x	x	x	x
<i>Limnothrix</i> sp.		x			x	<i>Fragilaria</i> sp.1	x	x	x		
<i>Lynngbya</i> sp.	x					<i>Fragilaria</i> sp.2	x				
<i>Mastigocladus laminosus</i>	x		x	x	x	<i>Gomphonema</i> sp.	x			x	x
<i>Merismopedia glauca</i>	x					<i>Gyrosigma</i> sp.		x			x
<i>Microcystis aeruginosa</i>	x	x	x	x	x	<i>Navicula</i> sp.	x	x	x	x	x
<i>Microcystis</i> cf. <i>panniformis</i>	x	x	x			<i>Navicula</i> sp.				x	x
<i>Microcystis</i> sp.		x			x	<i>Nitzschia</i> sp.				x	x
<i>Oscillatoria</i> cf. <i>proboscidea</i>	x	x	x	x	x	<i>Pinnularia</i> sp.			x	x	x
						<i>Surirela</i> sp.	x	x		x	x
<i>Oscillatoria</i> sp.	x	x	x		x	<i>Tabellaria</i> sp.	x				
<i>Phormidium</i> sp.1	x		x		x	<b>Euglenophyceae</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>2</b>
<i>Phormidium</i> sp.2	x			x	x	<i>Euglena</i> sp.	x			x	
						<i>Trachelomonas</i> cf. <i>verrucosa</i>				x	
<i>Phormidium</i> sp.3				x		<i>Trachelomonas</i> sp.	x	x	x	x	x
<i>Planktothrix</i> sp.			x	x	x	<i>Trachelomonas</i>	x		x	x	x
						<i>volvocina</i>					
<i>Pseudanabaena mucicola</i>			x	x	x	<b>Chrysophyceae</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<i>Pseudanabaena</i> sp.1	x	x	x	x	x	<i>Dinobryon</i>					
						<i>bavaricum</i>	x				
<i>Pseudanabaena</i> sp.2	x	x	x	x	x	<i>Dinobryon</i> sp.		x			x
<i>Pseudanabaena</i> sp.3		x	x	x		<i>Mallomonas</i> sp.	x	x	x		
<i>Westiella</i> sp.	x					<i>Synura uvella</i>	x	x		x	
<i>Wolkyella</i> sp.	x					<b>Cryptophyceae</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
<i>Spirulina</i> SP.			x		x	<i>Cryptomonas</i> sp.	x	x		x	
<b>Dinophyceae</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>						
<i>Peridinium</i> sp.	x	x	x	x	x						
<b>Xanthophyceae</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>						
<i>Isthmochloron lobulatum</i>	x		x								
<i>Tetraplektron</i> sp.					x						

Cont... da tabela 27. Distribuição espacial dos táxons fitoplanctônicos pertencentes às Classes Chlorophyceae e Zygnematophyceae inventariados em diferentes pontos no reservatório de Cachoeira Dourada GO/MG nos meses de dezembro de 2006, maio de 2007 e novembro de 2007 – Análise qualitativa.

Táxons	P 1	P 2	P 3	P 4	P 5	Táxons	P 1	P 2	P 3	P 4	P 5
<b>Chlorophyceae</b>	<b>14</b>	<b>11</b>	<b>16</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>Zygnematophyceae</b>	<b>12</b>	<b>9</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>13</b>
<i>Ankistrodesmus falcatus</i>		x	x	x		<i>Actinotaenium globosum</i>					x
<i>Ankistrodesmus</i> spp.					x	<i>Closterium</i> sp.			x		x
<i>Botriococcus</i> sp.	x		x	x	x	<i>Cosmarium</i> cf. <i>decussiferum</i>	x		X		x
<i>Chlamydomonas</i> sp.	x	x	x	x	x	<i>Cosmarium</i> cf. <i>quadrum</i>	x			x	
<i>Coelastrum microporum</i>	x		x			<i>Cosmarium</i> sp.		x	x		
<i>Coelastrum reticulatum</i>	x	x	x	x	x	<i>Desmidium</i> cf. <i>cylindricum</i>		x		x	x
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	x	x	x	x	x	<i>Desmidium</i> sp.		x		x	
<i>Dimorphococcus lunatus</i>		x				<i>Hyalotheca dissiliens</i>	x	x			x
<i>Elakatothrix gelatinosa</i>	x	x	x	x	x	<i>Hyalotheca</i> sp.	x			x	x
<i>Eutetramorus fottii</i>	x	x	x	x	x	<i>Mougeotia</i> sp	x	x	x	x	x
<i>Golenkiniospsis</i> sp.	x					<i>Mougeotia</i> sp.1	x	x	x	x	x
<i>Kirchneriella</i> cf. <i>lunaris</i>	x			x	x	<i>Mougeotia</i> sp.2				x	x
<i>Kirchneriella obesa</i>	x					<i>Sphaerosozma laeve</i>	x	x	x		
<i>Micractinium</i> sp.		x				<i>Sphaerosozma</i> sp.	x	x	x	x	
<i>Monoraphidium</i> cf. <i>griffithii</i>			x		x	<i>Spondilosium</i> cf. <i>panduriforme</i> f. <i>limneticum</i>				x	
<i>Monoraphidium circinale</i>	x					<i>Staurastrum laeve</i>					x
<i>Nephrocytium</i> sp.	x		x	x	x	<i>Staurastrum leptocladum</i>	x	x	x		x
<i>Oocystis</i> sp.			x	x		<i>Staurastrum leptocladum</i> var. <i>cornutum</i>	x		x		x
<i>Scenedesmus</i> cf. <i>ecornis</i>			x		x	<i>Staurastrum margaritaceum</i>					x
<i>Scenedesmus opoliensis</i>		x		x		<i>Staurastrum muticum</i>	x				
<i>Scenedesmus</i> sp.			x	x	x	<i>Staurastrum rotula</i>					x
<i>Schroederia</i> sp.			x			<i>Staurastrum</i> sp.	x			x	x
<i>Sphaerocystis</i> sp.	x	x	x	x	x	<i>Staurodesmus</i> cf. <i>triangularis</i>					x
<i>Volvox</i> sp.	x	x	x			<i>Staurodesmus</i> sp.	x				
						<i>Tetmemorus</i> sp.				x	

Nos pontos 2, 3, 4 e 5 ocorreu um aumento da riqueza ao longo das estações do ano, acompanhando um aumento entre dezembro de 2006 a novembro de 2007 conforme apresentado na Figura 30.

Este comportamento não foi registrado nos ponto 1. Neste a riqueza foi maior no período de estiagem (maio de 2007) (Figura 30).



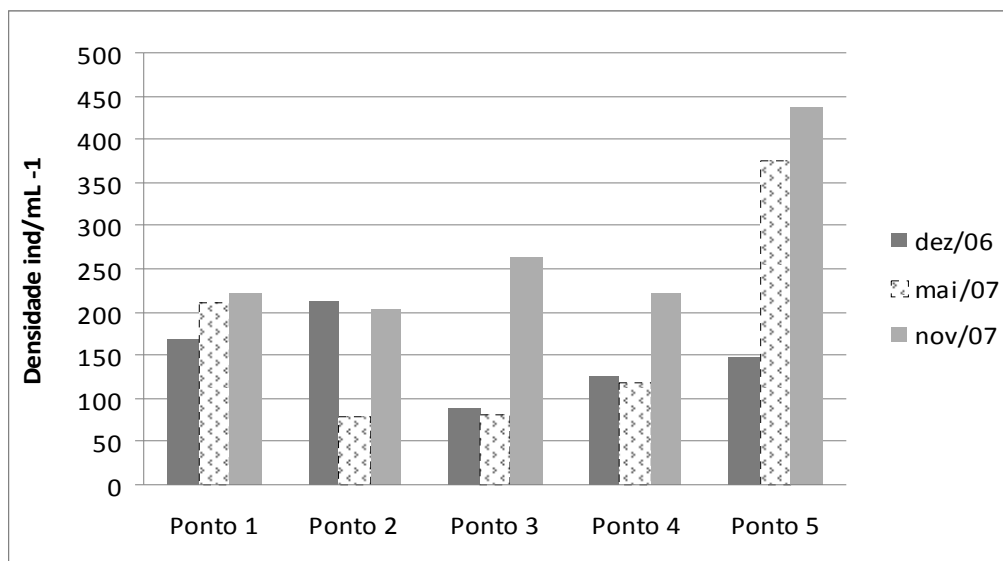
**Figura 30.** Número de táxons da comunidade fitoplanctônica nos diferentes pontos amostrais, do reservatório de Cachoeira Dourada GO/MG, para três períodos de amostragem: dezembro de 2006; maio de 2007 e novembro de 2007.

### Densidade da comunidade fitoplanctônica

Em relação à densidade os maiores valores foram registrados no ponto 5 ( 960 ind. mL<sup>-1</sup>) e no ponto 1 (602 ind. mL<sup>-1</sup>). Em ambos os pontos houve um gradiente crescente de aumento de densidade a partir do período chuvoso (dezembro de 2006) até a primavera (novembro de 2007), com o início das primeiras chuvas (Figura 31).

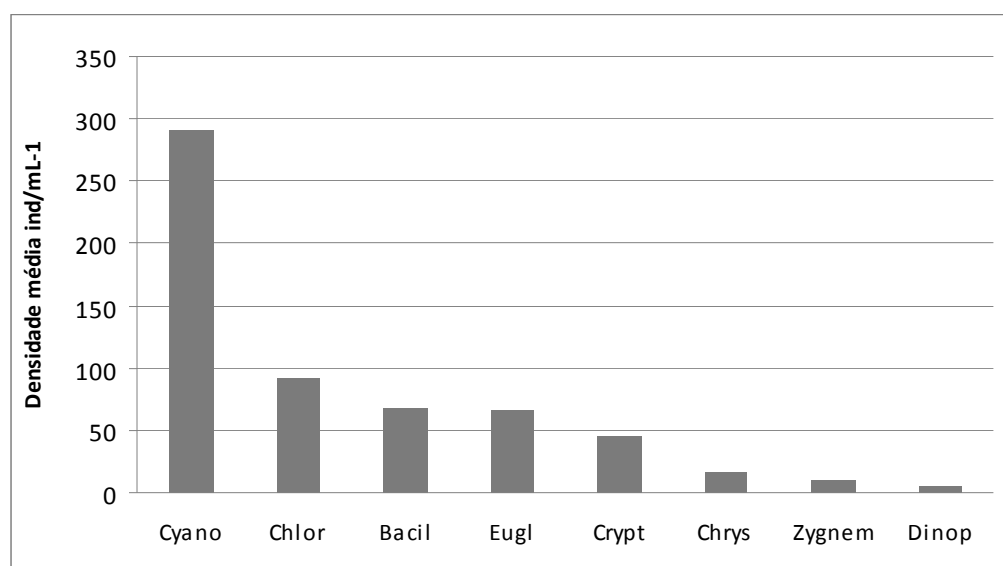
Para o ponto 2, observou-se um comportamento diferenciado. Neste trecho a menor densidade foi registrada na estiagem e no período chuvoso, enquanto na primavera ocorreram as maiores densidade (Figura 31)

A dinâmica da comunidade fitoplanctônica em relação à densidade foi similar em ambos os trechos, referentes aos pontos 3 e 4. Na primavera (novembro) foi registrada a maior densidade, enquanto no período de estiagem (maio) e período chuvoso (dezembro) registraram-se menores densidades (Figura 31).



**Figura 31.** Densidade da comunidade fitoplanctônica nos diferentes pontos amostrais, do reservatório de Cachoeira Dourada GO/MG, para três períodos de amostragem: dezembro de 2006; maio de 2007 e novembro de 2007.

A principal contribuição para o aumento registrado na densidade foi a dos organismos da Classe Cyanophyceae (Figura 32). Representantes de outras classes, não menos importantes, mas em menor densidade, também contribuíram, sendo estas: Chlorophyceae, Bacillariophyceae, Euglenophyceae e Cryptophyceae (Figura 32).



**Figura 32.** Densidade média total e dos organismos de diferentes classes da comunidade fitoplanctônica amostradas nos diferentes pontos amostrais do reservatório de Cachoeira Dourada nos meses de dezembro de 2006, maio de 2007 e novembro de 2007.



No ponto 5 houve predomínio de Cyanophyceae, Euglenophyceae e Bacillariophyceae no período chuvoso, enquanto nos períodos de estiagem e primavera houve predomínio das Cyanophyceae (Figuras 33, 34 e 35).

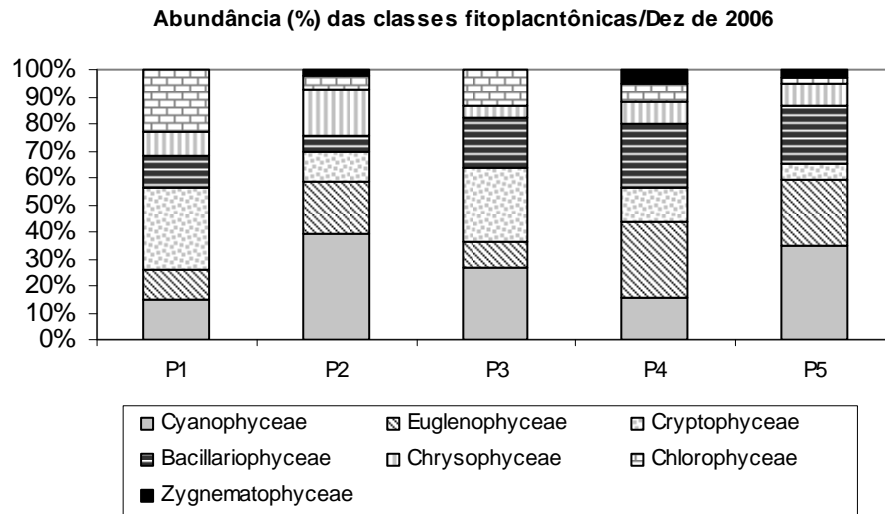
No ponto 1 houve uma variação sazonal bem marcada. No período chuvoso (dez/06), as Cryptophyceae (51 ind/mL-1), ocorreram em maior densidade, seguidas das Chlorophyceae (38 ind/mL-1) e das Cyanophyceae (25 ind/mL-1). No período de estiagem (maio/07) e na primavera (nov/07) houve predomínio de Cyanophyceae, e as Cryptophyceae reapareceram na primavera como o segundo grupo mais abundante (Figuras 33, 34 e 35).

O ponto 2 foi representado pelo predomínio de Cyanophyceae no período chuvoso (dez/06) e na estiagem (maio/07), e pelas Bacillariophyceae e Euglenophyceae no mês de novembro (primavera) (Figuras 33, 34 e 35).

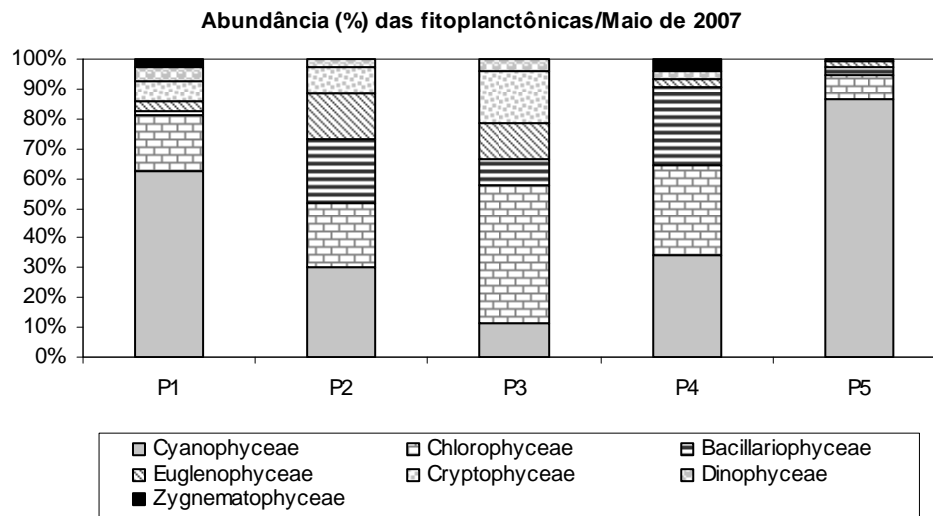
No ponto 3 as Cyanophyceae (24 ind/ml) ocorreram em densidades muito próximas daquela das Cryptophyceae (25 ind/mL) no período chuvoso (dez/06), representando 55,06% da densidade total para o período estudado. No período de estiagem as Chlorophyceae foram predominantes e na primavera houve o predomínio das Cyanophyceae (Figuras 33, 34 e 35).

No ponto 4 ocorreu predomínio de Euglenophyceae e Bacillariophyceae no período chuvoso, no período de estiagem (maio/07) houve predomínio de Cyanophyceae, Chlorophyceae e Bacillariophyceae e na primavera (nov/07), ocorreu o predomínio das Cyanophyceae (Figuras 33, 34 e 35), similarmente ao observado nos pontos 1, 5 e 3.

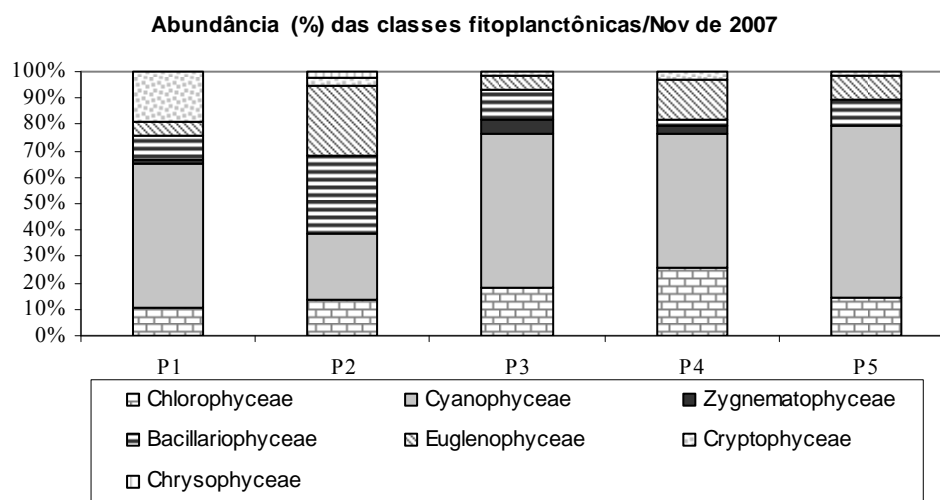
Percebe-se de maneira geral que o predomínio de Cyanophyceae nos pontos estudados apresentou uma sazonalidade bem marcada, com exceção do ponto 5 fato que pode também ser explicado pela influência do rio Paranaíba exercida neste ponto. Observou-se também que as Cyanophyceae quando não predominantes, foram substituídas por representantes das classes Cryptophyceae, Chlorophyceae, Euglenophyceae e Bacillariophyceae.



**Figura 33.** Densidade relativa (%) dos táxons agrupados nas diferentes Classes taxonômicas da comunidade fitoplancntônica do reservatório de Cachoeira Dourada, registrados nos cinco pontos distribuídos ao longo do reservatório GO/MG no mês de dezembro de 2006.



**Figura 34.** Densidade relativa (%) dos táxons agrupados nas diferentes Classes taxonômicas da comunidade fitoplancntônica do reservatório de Cachoeira Dourada, registrados nos cinco pontos distribuídos ao longo do reservatório GO/MG no mês de maio de 2007.

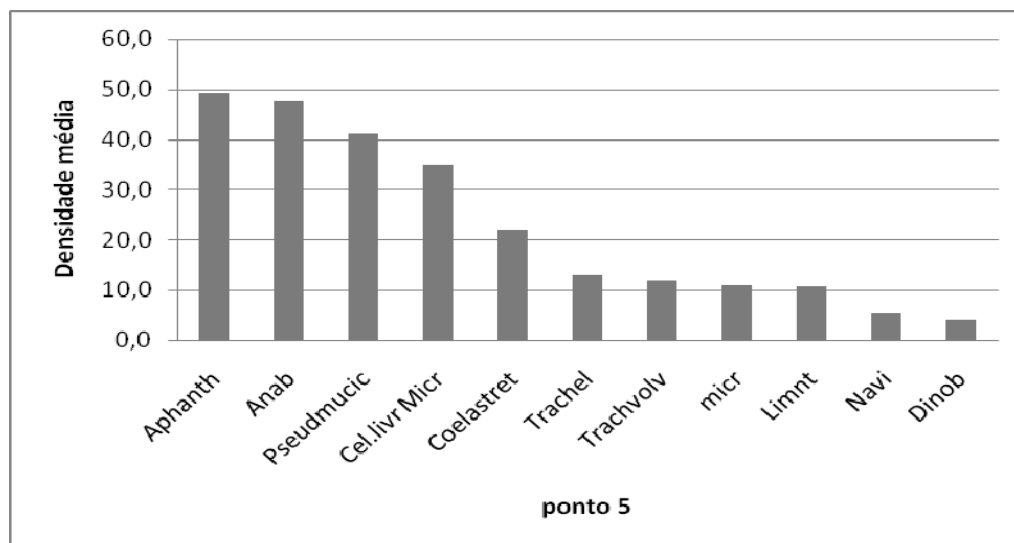


**Figura 35.** Densidade relativa (%) dos táxons agrupados nas diferentes Classes taxonômicas da comunidade fitoplanctônica do reservatório de Cachoeira Dourada, registrados nos cinco pontos distribuídos ao longo do reservatório GO/MG no mês de novembro de 2007.

### Abundância e dominância de espécies.

Não houve dominância de táxons (gêneros ou espécies) em nenhum dos pontos estudados. A representatividade das espécies segundo os critérios de Lobo e Leighton (1986), ficou em nível de abundantes, não atingindo o critério de dominantes. A mesma classificação evidenciou que em relação à dominância de categorias taxonômicas mais elevadas houve dominância de grupos, sendo que as Cyanophyceae foram dominantes no período de estiagem (maio/07) e na primavera (nov/07).

O ponto 5 foi o trecho do reservatório com ocorrência de maior densidade de Cyanophyceae. Táxons como *Aphanothece* sp., *Anabaena* sp., *Pseudanabaena mucicola* sp., *Microcystis* sp., e *Limnothrix* sp., contribuíram para uma densidade média total de 194,7 ind. mL<sup>-1</sup>, representando um percentual de 53,80% da comunidade analisada neste trecho (Figura 36).



**Figura 36.** Densidade média das espécies abundantes no ponto 5 do reservatório de Cachoeira Dourada,GO/MG. Legenda: Aphanth = *Aphanothece* spp., Anab = *Anabaena* spp., Pseudmucic = *Pseudanabaena mucicola*, cel livr Micr = célula livre de *Microcystis* spp., Coelastret = *Coelastrum reticulatum*, Trachel = *Trachelomonas* spp., Trachvolv = *Trachelomonas volvocina*, micr = *Microcystis* spp., Limnt = *Limnothrix* spp., nav= *Navicula* spp., Dinb = *Dinobryon* spp.

Espécies como menor percentual de representatividade, mas que aparecem como espécies abundantes no ponto 5 foram: *Coelastrum reticulatum*, representante da classe Chlorophyceae com uma densidade média de 22 ind. mL<sup>-1</sup> e espécies da classe Euglenophyceae como *Trachelomonas* sp. e *Trachelomonas volvocina* com densidade média total de 25 ind. mL<sup>-1</sup>, *Navícula* sp., (Bacillariophyceae) e *Dinobryon* sp., (Chrysophyceae) apresentam densidades inferiores a 10 ind. mL<sup>-1</sup> (Figura 36).

Na escala temporal, neste trecho houve predomínio de *Trachelomonas volvocina* (Euglenophyceae) (Figura 51 do anexo C), e *Aphanothece* sp., (Cyanophyceae) no período chuvoso (dez/06), as quais foram posteriormente sucedidas pelo aumento considerável de *Pseudanabaena mucicola*, *Anabaena* sp., e *Microcystis* sp., na estiagem (maio/07), evidenciado pelas densidade médias no reservatório. No mês de novembro (início das primeiras chuvas), o táxon *Aphanocapsa* sp., voltou ser predominante, juntamente com *Aphanothece* sp.

Observa-se que o ponto 5, no período chuvoso, ficou constituído por táxons dos grupos funcionais W2 e K, os quais foram posteriormente substituídos pelos táxons dos grupos funcionais S1, M e H2 no período de estiagem. No mês de novembro, início das chuvas ocorreu o predomínio do grupo K. Desta forma, as espécies com maior representatividade no ponto 5 estão diretamente ligadas a ambientes mesotróficos, ricos em nutrientes.

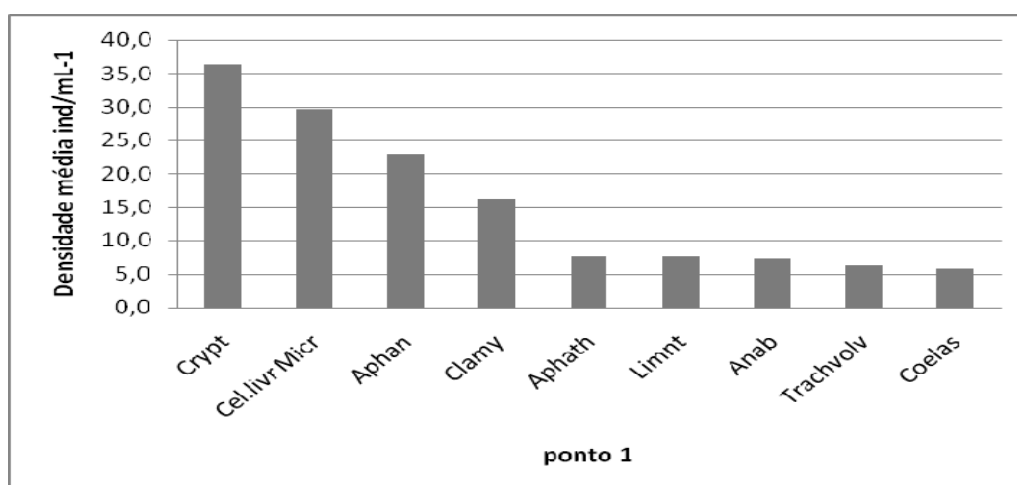
Apesar de ser o ponto de maior densidade, o ponto 5 está fora da área de influência da cidade de Cachoeira Dourada. Neste trecho a água do reservatório recebe a influência do rio Paranaíba a montante da represa, que num gradiente longitudinal representa o último ponto de amostragem, conforme apresentado na figura 4.

O ponto 1 é o trecho do reservatório que está a jusante do reservatório, e recebe a influência da turbina da usina e toda a água que sai do reservatório. Neste trecho registrou-se uma densidade média total de 140 ind. mL<sup>-1</sup>. O táxon que mais contribuiu para essa densidade foi *Cryptomonas* sp., (Cryptophyceae) com 36,3 ind. mL<sup>-1</sup> (Figura 37). Este táxon teve ainda a maior contribuição para a densidade total da comunidade fitoplanctônica no mês de dezembro (período chuvoso), além de ocorrer também no mês de novembro, como a segunda espécie mais abundante neste período (início das primeiras chuvas) (Figura 37).

O incremento maior em nível de classe ficou com a Cyanophyceae representada por espécies como: Células livres de *Microcystis* (29,7 ind. mL<sup>-1</sup>), *Aphanocapsa* spp., (23 ind. mL<sup>-1</sup>), *Aphanothece* spp. (7,7 ind. mL<sup>-1</sup>), *Limnothrix* spp. (7,7 ind. mL<sup>-1</sup>) e *Anabaena* spp. (7,7 ind. mL<sup>-1</sup>), totalizando uma densidade média de 75,3 ind. mL<sup>-1</sup> (Figura 37). As células livres de *Microcystis* aparecem como espécie mais abundante no período de estiagem (maio de 2007) e posteriormente são substituídas pela *Aphanocapsa* spp., no mês de novembro (início das primeiras chuvas).

Os fitoflagelados foram importantes na caracterização do período chuvoso. A classe Chlorophyceae foi representada pelo grupo das *Chlamydomonas* spp. (23 ind. mL<sup>-1</sup>) e pela espécie *Coelastrum reticulatum* (23 ind. mL<sup>-1</sup>). A Classe Euglenophyceae foi representada pela espécie *Trachelomonas volvocina* (5,7 ind. mL<sup>-1</sup>). Ambas as classes contribuíram para o aumento registrado de fitoflagelados (Figura 37), no mês de dezembro, período em que houve predomínio das *Chlamydomonas* spp., e *Cryptomonas* spp.

Assim, no ponto 1, no período chuvoso houve predomínio do grupo funcional Y e X2, substituídas pelo grupo funcional M no período de estiagem. No mês de novembro (início das chuvas), ocorreu o predomínio do grupo funcional K. Assim como no ponto 5, os grupos funcionais aqui predominantes estão relacionados a ambientes ricos em nutrientes.

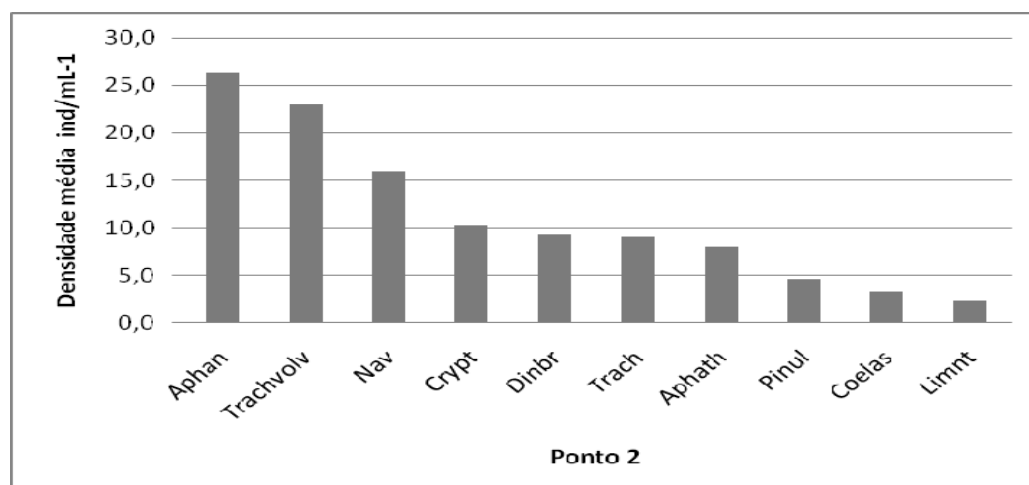


**Figura 37.** Densidade média das espécies abundantes no ponto 1 do reservatório de Cachoeira Dourada, GO/MG. Legenda: Crypt = *Cryptomonas*, Cel. Livr Micr = Células livres de *Microcystis*, Aphan = *Aphanocapsa*, Clamy = *Clamydomonas*, Aphath = *Aphanothece*, Limnt = *Limnothrix*, Anab = *Anabaena*, Trachvolv = *Trachelomonas volvocina* e Coelas = *Coelastrum reticulatum*.

O ponto 2 é o trecho da represa fora da área de influência da cidade de Cachoeira Dourada GO. Neste trecho da represa as espécies classificadas como abundantes foram: *Aphanocapsa* sp., *Trachelomonas volvocina*, *Navícula* sp., *Cryptomonas* sp., *Dinobryon*., *Trachelomonas* sp., *Aphanothece* sp., *Pinnularia* sp., *Coelastrum reticulatum* sp. e *Limnothrix* sp. (Figura 38).

Táxons como *Aphanocapsa* sp., (Cyanophyceae), foram predominantes no mês dezembro. No mês de maio ocorreu uma distribuição homogênea entre as espécies abundantes, não havendo predominância de nenhum grupo. No mês de novembro a *Aphanocapsa* sp., (Cyanophyceae), reaparece, desta vez, com densidade similar a *Navícula* sp., (Bacillariophyceae), *Trachelomonas* sp., e *Trachelomonas volvocina* (Euglenophyceae).

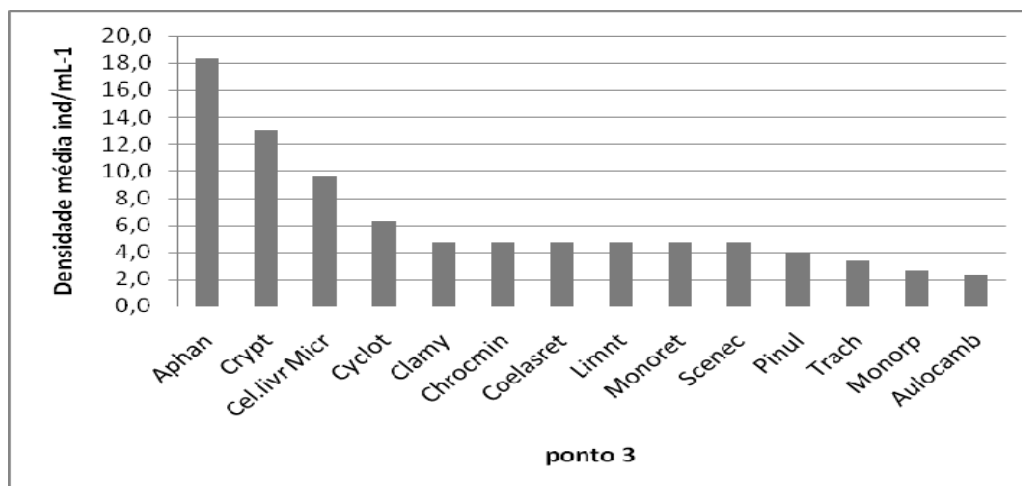
Desta forma, no período chuvoso (dezembro), no ponto 2, houve predomínio do grupo funcional K, ligado diretamente a ambiente ricos em nutrientes. No período de estiagem não houve predomínio de nenhum grupo funcional.



**Figura 38.** Densidade média das espécies abundantes no ponto 2 do reservatório de Cachoeira Dourada,GO/MG. Legenda: Aphan = *Aphanocapsa* spp, Trachvolv = *Trachelomonas volvocina*, Nav = *Navícula* spp., Crypt = *Cryptomonas* spp., Dinobr = *Dinobryon* ssp., Trach = *Trachelomonas* spp., Aphath = *Aphanothece* spp., Pinul = *Pinnularia* spp., Coelas = *Coelastrum reticulatum* e Limnt = *Limnothrix* spp.

O ponto 3 é o trecho da represa que está localizado no meio da primeira parte da represa, influenciado pelos impactos na área de entorno da bacia, principalmente da agricultura. Nele foram registrados 14 táxons considerados abundantes, como pode ser observado na Figura 39. Destas, houve predomínio de *Cryptomonas* sp., no mês de dezembro de 2006 (período chuvoso), posteriormente substituída pelas espécies *Chlamydomonas* sp., *Monoraphidium reticulatum*, *Cryptomonas* sp., *Trachelomonas* sp., e *Aulacoseira ambigua*, no mês de maio (estiagem). As Cyanophyceae aparecem como grupo predominante no mês de novembro (início das primeiras chuvas), representadas pelas espécies *Aphanocapsa* sp., *Aphanothece* sp., e *Microcystis* sp.

Considerando-se a classificação dos grupos funcionais, observa-se que no período chuvoso (dezembro), no ponto 3, houve predomínio do grupo funcional Y, substituído pelos grupos X2, Y, W2 e MP, no período de estiagem. No mês de novembro houve predomínio dos grupos funcionais K e M.



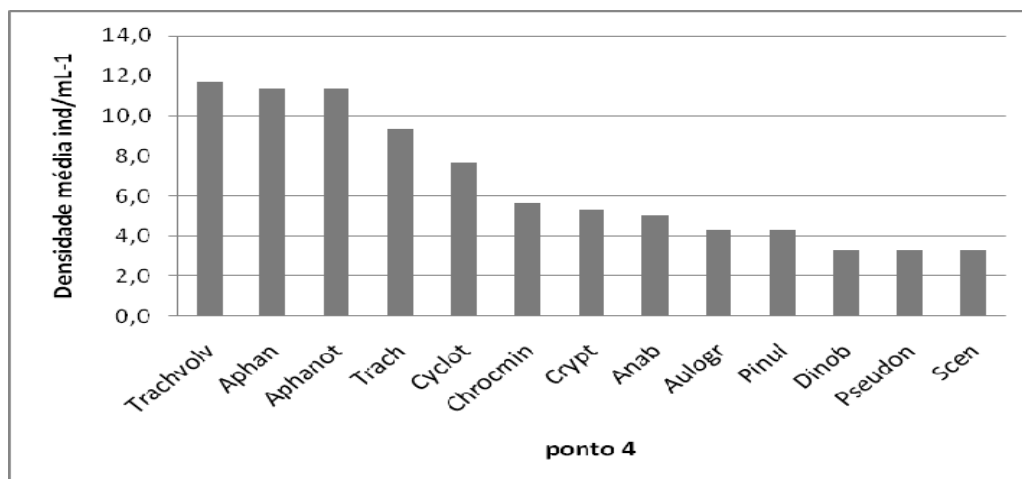
**Figura 39.** Densidade média das espécies abundantes no ponto 3 do reservatório de Cachoeira Dourada, GO/MG. Legenda: Aphan = *Aphanocapsa*, Crypt = *Cryptomonas*, Cél. Livr Micr = *Microcystis* (células livres), Cyclot = *Cyclotella* spp., Clamy = *Clamydomonas* spp., *Choorococcus minimus*, Coelasret = *Coelastrum reticulatum*, Limnt = *Limnothrix* spp, Monoret = *Monoraphidium reticulatum*, Scenec = *Scenedesmus* spp., Pinnul = *Pinnularia* spp., Trach = *Trachelomonas* spp., *Monoraphidium* spp., Aulacamb = *Aulacoseira ambígua*.

O ponto 4 encontra-se localizado na curva principal da represa sendo esta uma região de depósito de sedimento pela correnteza (como evidenciado na Figura 4). Neste trecho houve predomínio de *Trachelomonas volvocina*, *Aphanocapsa* sp., *Aphanothece* sp., *Trachelomonas* sp., *Cyclotella* sp., *Choroococcus minimus*, *Cryptomonas* sp., *Anabaena* sp., *Aulacoseira granulata*, *Pinnularia* sp., *Dinobryon* sp., *Pseudanabaena* sp., e *Scenedesmus* sp. (Figura 40).

Dentre elas, as *Trachelomonas volvocina* (Euglenophyceae) e as *Cryptomonas* sp., (Cryptophyceae) foram predominantes no mês de dezembro (chuvoso), posteriormente substituídas por espécies como *Cyclotella* spp., (Bacillariophyceae), *Anabaena* sp., *Aphanothece* sp., (Cyanophyceae) e *Coelastrum reticulatum* (Chlorophyceae), no período de estiagem (maio de 2007). No mês de novembro houve predomínio de *Aphanocapsa* sp., *Aphanothece* sp., *Trachelomonas volvocina* e *Coelastrum reticulatum*.

Neste trecho, os grupos funcionais W2 e Y foram predominantes no período chuvoso (dezembro), mas foram posteriormente substituídos pelos grupos D, H2, K e J, no período de estiagem. No mês de novembro (início das chuvas) houve novamente o predomínio dos grupos funcionais K, W2, juntamente com o grupo J.

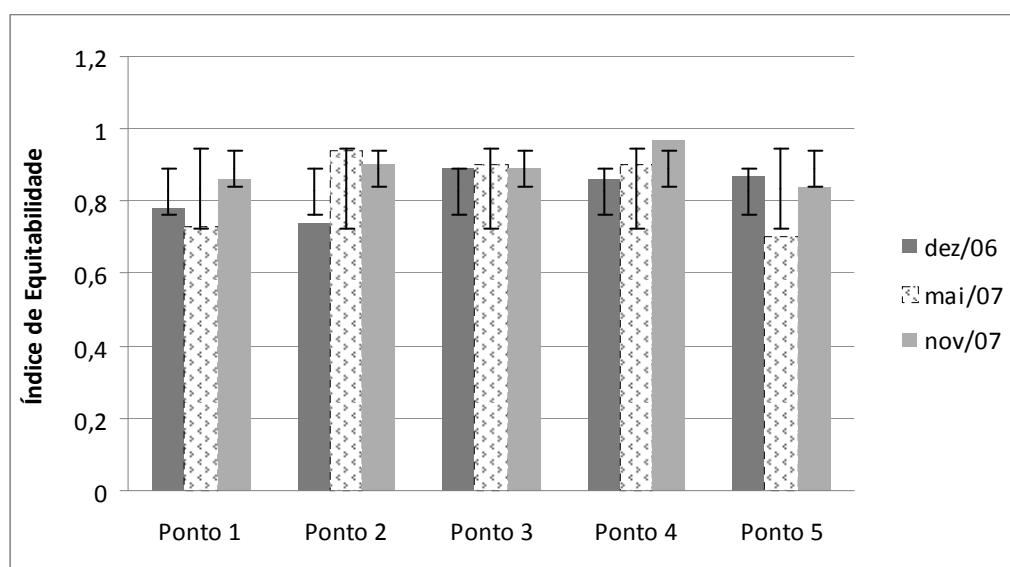




**Figura 40.** Densidade média das espécies abundantes no ponto 4 do reservatório de Cachoeira Dourada, GO/MG. Legenda: Trachvolv = *Trachelomonas volvocina*, Aphan = *Aphanocapsa* spp., Aphanot = *Aphanothece* spp., Trach = *Trachelomonas* spp., Cyclot = *Cyclotella* spp., Chrocmín = *Chroococcus minimus*, Crypt = *Cryptomonas*, Anab = *Anabaena*, Aulogr = *Aulacoseira granulata*, Pinul = *Pinnularia*, Dinob = *Dinobryon*, Pseudon = *Pseudanabaenaspp.*, Scen = *Scenedesmus* spp.

### Índices Biológicos

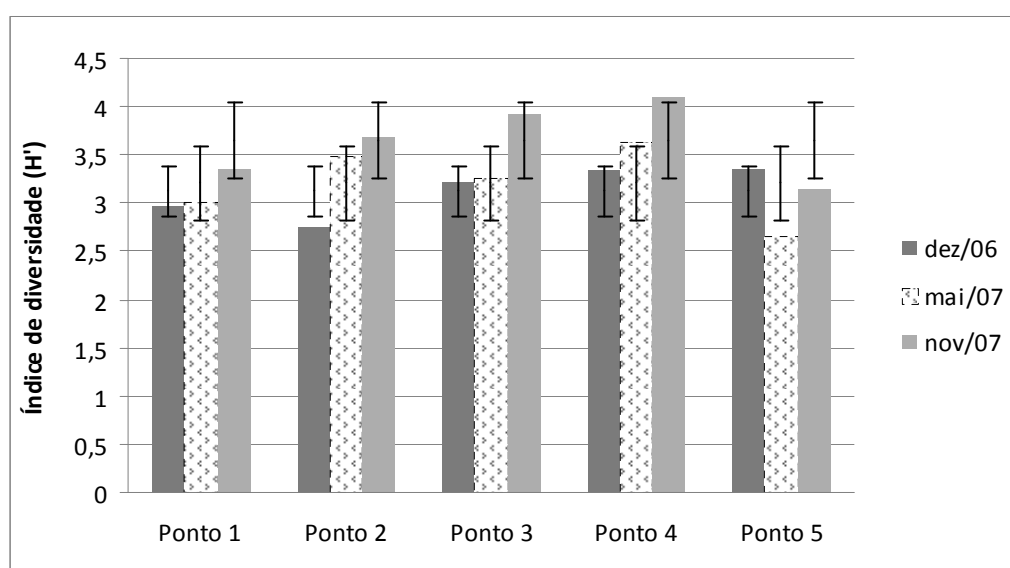
A variação do índice de equitabilidade foi baixa, com o menor valor deste índice (0,7) sendo obtido para a comunidade fitoplanctônica no ponto 5, no período de estiagem, e o maior valor do índice (0,97) no ponto 4, no mês de novembro de 2007, período de primavera (Figura 41).



**Figura 41.** Índice de equitabilidade e o desvio padrão para a comunidade fitoplanctônica nos diferentes pontos amostrais do reservatório de Cachoeira Dourada (GO/MG) nos meses de dezembro de 2006, maio de 2007 e novembro de 2007.

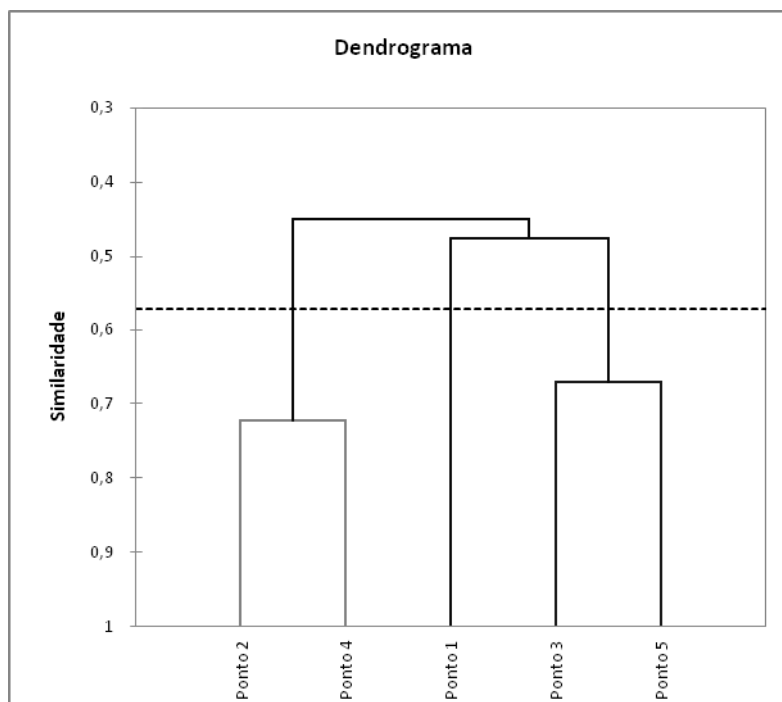
As flutuações registradas para a riqueza e de equitatividade refletiram diretamente na variação da diversidade nos diferentes trechos amostrados. Nos pontos 3 e 4 obtiveram-se os maiores índices de diversidade no mês de novembro (início das primeiras chuvas), com índices de 3,9 bits/ind e 4,1 bits/ind, respectivamente. O menor valor de diversidade (2,7) foi obtido para o ponto 5 no mês de maio (Figura 42).

De maneira geral a diversidade variou entre 3,0 bits/ind a 3,4 bits/ind no ponto 1, 2,8 bits/ind a 3,7 bits/ind no ponto 2, 3,2 bits/ind a 3,9 bits/ind no ponto 3, 3,3 bits/ind a 4,1 bits/ind no ponto 4 e entre 2,7 a 3,4 no ponto 5 (Figura 42).



**Figura 42.** Índice de diversidade e o desvio padrão para a comunidade fitoplânctonica nos diferentes pontos amostrais do reservatório de Cachoeira Dourada GO/MG, no período de dezembro de 2006, maio de 2007 e novembro de 2007.

A similaridade com relação à densidade dos táxons algais avaliada pela análise de agrupamento utilizando-se o coeficiente de correlação de Pearson, evidenciou dois grupos principais como os mais similares, o ponto 2 e o ponto 4 com 72% de similaridade, os quais foram agrupados como os pontos de maior similaridade, e um segundo grupo com os pontos 3 e 5, com 68% de similaridade. O ponto 1 apresentou uma composição taxonômica mais diferenciada em relação aos outros pontos (Figura 43).



**Figura 43.** Análise de Agrupamento hierárquico, utilizando o coeficiente de correlação de Pearson, para os dados de densidade dos táxons da comunidade fitoplanctônica, nos diferentes pontos de amostragem, no reservatório de Cachoeira Dourada GO/MG.

A análise de correspondência canônica (CCA) foi utilizada para correlacionar as espécies abundantes (descritoras) com as variáveis físicas e químicas registradas no período de estudo. O eixo 1 da CCA (F1) apresentou 88,53 % de explicação da variabilidade e o eixo 2 (F2) 9,56 %, os dois eixos juntos apresentaram 98,09 % de explicabilidade total (Figura 44).

A análise evidenciou três grandes grupos classificados de acordo com a dinâmica das variáveis. O primeiro grupo esteve relacionado com os elementos, fósforo dissolvido e transparência da coluna d'água (Secchi), correlacionados as Cyanophyceae como *Limnothrix* sp. (sp10), *Chroococcus mininus* (sp12), *Aphanothece* sp., (sp.15) e *Aphanocapsa* sp., (sp.2), as Euglenophyceae como *Trachelomonas* sp., (sp.18) ), as Chlorophyceae como *Coelastrum reticulatum* (sp.8), *Scenedesmus* sp., (sp.20) e as Bacillariophyceae, *Navícula* sp., (sp.16) e *Cyclotella* sp., (sp.9), todas foram mais expressivas numericamente no mês de novembro (primavera) (Figura 44).

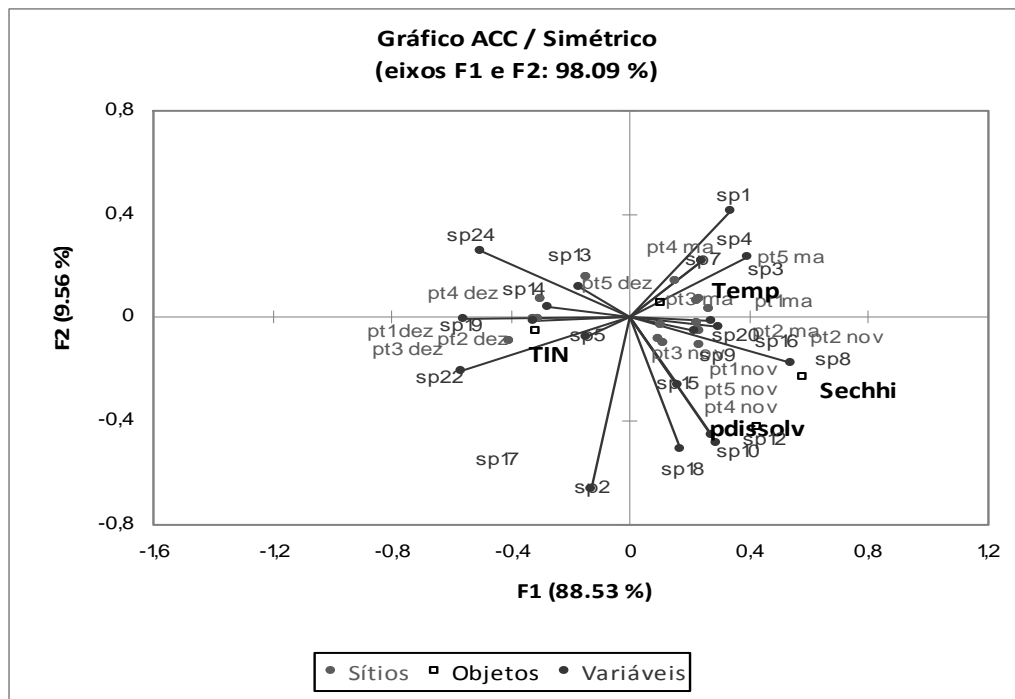
O segundo grupo esteve representado pelo fator temperatura, correlacionado com os táxons: *Microcystis* sp., (células livres) (sp.3), *Microcystis* sp., (sp.4), *Anabaena* sp., (sp.1), e *Pseudanabaena mucicola* (sp.7), todas pertencente à Classe Cyanophyceae, com maior representatividade na estiagem (maio/07), nos pontos 1, 3, 4 e 5 (Figura 44).

O terceiro grupo ficou constituído pelos fitoflagelados, composto pelos táxons *Trachelomonas volvocina* (sp.19), *Cryptomonas* sp., (sp.22). e *Clamydomonas* (sp.17) sp., o aumento da densidade dessas espécies estiveram relacionadas ao aumento das concentrações dos compostos de nitrogênio ocorrido no mês de dezembro (verão/chuvoso) (Figura 44).

O táxon *Dinobryon* sp., (sp.24) (Chrysophyceae) ocorreu apenas no mês de dezembro. Acredita-se que o aumento do nitrogênio inorgânico dissolvido ocorrido no período pode ter contribuído para o desenvolvimento desta alga (Figura 44).

As primeiras chuvas da primavera provavelmente influenciaram no aumento dos compostos de fósforo, como evidenciado no mês de novembro. O mesmo pode ter ocorrido no mês dezembro, mas desta vez, com chuvas mais fortes (verão), elevando também os valores dos compostos de nitrogênio.

Além dos fatores ambientais acima mencionados, aspectos como a morfologia da célula e as estruturas de locomoção, como a presença de bainha ou flagelos foram observadas como fatores determinantes na seleção do grupo de espécies.



**Figura 44.** Ordenação pela CCA nos diferentes pontos do reservatório de Cachoeira Dourada, correlacionando os nutrientes, as variáveis físicas e as variáveis biológicas. TIN = Nitrogênio inorgânico total, Pdisolv = fósforo dissolvido, Temp = temperatura e Secchi = transparência. Os pontos são identificados por pt1 = ponto 1 e assim sucessivamente; os meses aparecem como dez = dezembro, ma = maio e nov = novembro. Os táxons são identificados como: Sp1-*Anabaena* sp.- sp2 *Aphanocapsa* sp.- sp3 Células livres de *Microcystis* sp.- sp4 *Microcystis* sp. - sp5 *Pseudanabaena* sp.1- sp7 *Pseudanabaena mucicola* - sp8 *Coelastrum reticulatum* - sp9 *Cyclotella* sp. - sp10 *Limnithrix* sp - - sp12 *Chroococcus* cf. *minimus* - sp13 *Aulacoseira granulata* - sp14 *Pinnularia* - sp15 *Aphanothece* sp. - sp16 *Navicula* sp - sp17 *Chlamydomonas* sp. - sp18 *Trachelomonas* sp. - sp19 *Trachelomonas volvocina* - sp20 *Scenedesmus* sp. - sp22 *Cryptomonas* sp - sp24 *Dinobryon* sp.

## **Índices de Estado Trófico da água do Reservatório de Cachoeira Dourada, utilizando a comunidade fitoplanctônica como ferramenta.**

### **Índices de Comunidades Aquáticas – Fitoplâncton e Índice de Comunidade Fitoplanctônica com o IET**

De acordo com a análise realizada pelo Índice de Comunidades Aquáticas proposta pela CETESB (1998) e modificado por Carvalho (2003), não foi possível classificar o reservatório em nenhuma das categorias propostas pelos autores.

O reservatório apresentou dominância da classe Cyanophyceae na estiagem (maio/07) e na primavera (Nov/07), entretanto, nenhum grupo ou espécie isolada apresentou densidade total superior a 1.000 org/mL. A dominância das Cyanophyceae desaparece quando a análise é espacial, com registro de ausência de espécies dominantes, e existência apenas de espécies abundantes.

O IET (índice de estado trófico) aplicado para os cinco trechos estudados (pontos) do reservatório de Cachoeira Dourada, em três estações do ano, resultou valores inferiores a 44, levando à classificação do reservatório como oligotrófico.

De acordo com o índice de Comunidades Aquáticas, a dominância de cianobactérias classificaria o reservatório na categoria 4 (ruim). Esses dados contrapõem com os valores de densidade que foram inferiores a 1.000 org/mL e com o IET inferior 44. Com estas características, o enquadramento do reservatório recairia no nível 1 (ótima). Devido à não concordância dos resultados obtidos pela aplicação destes índices não houve uma categoria que descrevesse a real situação do reservatório.

### **Índices de Comunidade Fitoplanctônica proposto por Nygaard (1949).**

Três índices de comunidade fitoplanctônica, proposto por Nygaard (1949) foram aplicados para a caracterização do grau de trofia do reservatório. O índice de coeficiente simples (Média total = 2,39), Índice de Coeficiente Múltiplo/ou Composto (Média total =6,82) e Índice de Coeficiente de Diatomáceas (Média total=0,40). Todos os três índices aplicados para a comunidade fitoplanctônica permitiram classificar o reservatório como eutrófico, com exceção do ponto 1 e do ponto 2 na estiagem (maio/07), em que o Índice de Diatomáceas classificou os dois pontos como oligotrófico. Vale ressaltar que para a análise do estado trófico o índice não levou em consideração a densidade de espécies, mas sim a ocorrência de grupos considerados pelo autor como indicadores de grau trófico para os ambientes aquáticos (Tabela 28, 29 e 30).

**Tabela 28.** Coeficiente simples proposto por Nygaard (1949) aplicado a comunidade fitoplanctônica nos meses de dezembro de 2006, maio de 2007 e novembro de 2007 em todos os pontos amostrais do reservatório de Cachoeira Dourada GO/MG.

<b>Coeficiente simples</b>				
	<b>Chlorococcales</b>	<b>Desmidiaceae</b>	<b>Resultado</b>	<b>Classificação</b>
<b>P1Dez</b>	5	4	1,25	eutrófico
<b>P2Dez</b>	8	5	1,60	eutrófico
<b>P3Dez</b>	5	3	1,67	eutrófico
<b>P4Dez</b>	5	3	1,67	eutrófico
<b>P5Dez</b>	4	4	1,00	eutrófico/oligotrófico
<b>P1Maio</b>	7	2	3,50	eutrófico
<b>P2Maio</b>	4	1	4,00	eutrófico
<b>P3Maio</b>	10	2	5,00	eutrófico
<b>P4Maio</b>	5	1	5,00	eutrófico
<b>P5Maio</b>	7	4	1,75	eutrófico
<b>P1Nov</b>	8	5	1,60	eutrófico
<b>P2Nov</b>	5	3	1,67	eutrófico
<b>P3Nov</b>	10	6	1,67	eutrófico
<b>P4Nov</b>	11	5	2,20	eutrófico
<b>P5Nov</b>	9	4	2,25	eutrófico
<b>Média Total</b>	6,87	3,47	2,39	eutrófico
<b>Desvio padrão</b>	2,36	1,51	1,28	

**Tabela 29.** Coeficiente Múltiplo proposto por Nygaard (1949) aplicado a comunidade fitoplanctônica nos meses de dezembro de 2006, maio de 2007 e novembro de 2007 em todos os pontos amostrais do reservatório de Cachoeira Dourada GO/MG.

<b>Coeficiente Múltiplo</b>							
	<b>Cyanophyceae</b>	<b>Chlorococcales</b>	<b>Centrales</b>	<b>Euglenales</b>	<b>Desmidiaceae</b>	<b>Res</b>	<b>Clas</b>
<b>P1Dez</b>	11	5	1	1	4	4,50	eutrófico
<b>P2Dez</b>	9	8	2	0	5	3,80	eutrófico
<b>P3Dez</b>	14	5	2	2	3	7,67	eutrófico
<b>P4Dez</b>	9	5	2	4	3	6,67	eutrófico
<b>P5Dez</b>	11	4	1	2	4	4,50	eutrófico
<b>P1Maio</b>	14	7	1	2	2	12,00	eutrófico
<b>P2Maio</b>	8	4	0	1	1	13,00	eutrófico
<b>P3Maio</b>	6	10	1	2	2	9,50	eutrófico
<b>P4Maio</b>	5	5	1	2	1	13,00	eutrófico
<b>P5Maio</b>	11	7	3	2	4	5,75	eutrófico
<b>P1Nov</b>	6	8	1	2	5	3,40	eutrófico
<b>P2Nov</b>	6	5	2	1	3	4,67	eutrófico
<b>P3Nov</b>	8	10	2	1	6	3,50	eutrófico
<b>P4Nov</b>	9	11	1	1	5	4,40	eutrófico
<b>P5Nov</b>	11	9	2	2	4	6,00	eutrófico
<b>Média</b>	9,2	6,87	1,47	1,67	3,47	6,82	eutrófico
<b>Desvpad</b>	2,81	2,36	0,74	0,90	1,51	3,44	

**Tabela 30.** Coeficiente de Diatomáceas proposto por Nygaard (1949) aplicado a comunidade fitoplanctônica nos meses de dezembro de 2006, maio de 2007 e novembro de 2007 em todos os pontos amostrais do reservatório de Cachoeira Dourada GO/MG.

<b>Coeficiente de Diatomáceas</b>				
	<b>Centrales</b>	<b>Pennales</b>	<b>Resultado</b>	<b>Classificação</b>
<b>P1Dez</b>	1	3	0,33	eutrófico
<b>P2Dez</b>	2	2	1,00	eutrófico
<b>P3Dez</b>	2	4	0,50	eutrófico
<b>P4Dez</b>	2	5	0,40	eutrófico
<b>P5Dez</b>	1	7	0,14	eutrófico
<b>P1Maio</b>	1	6	0,17	<b>oligotrófico</b>
<b>P2Maio</b>	0	3	0	<b>oligotrófico</b>
<b>P3Maio</b>	1	2	0,5	eutrófico
<b>P4Maio</b>	1	4	0,25	eutrófico
<b>P5Maio</b>	3	4	0,75	eutrófico
<b>P1Nov</b>	1	4	0,25	eutrófico
<b>P2Nov</b>	2	4	0,50	eutrófico
<b>P3Nov</b>	2	3	0,67	eutrófico
<b>P4Nov</b>	1	4	0,25	eutrófico
<b>P5Nov</b>	2	6	0,33	eutrófico
<b>Média</b>	1,47	4,07	0,40	eutrófico
<b>Desvio padrão</b>	0,74	1,44	0,26	

## 5 DISCUSSÃO

Um dos grandes desafios deste século é manter a qualidade da água nas bacias hidrográficas brasileiras. A construção dos reservatórios para geração de energia elétrica apesar de ser sem dúvida um fator de desenvolvimento econômico e social em qualquer país, tem implícito um problema de gerenciamento a ser resolvido, o da manutenção da qualidade da água para múltiplos usos e a proteção da biodiversidade aquática (TUNDISI, 1999).

A construção de cascatas de reservatórios em rios de grande e médio porte no Brasil tem sido um modelo muito utilizado, especialmente na região sudeste, como por exemplo, na bacia hidrográfica do rio Paranaíba onde se localiza o reservatório em estudo. A determinação do estado trófico, do grau de saprobidade e de diversos atributos de diferentes comunidades bióticas em reservatórios são ferramentas úteis para o levantamento de informações importantes para o diagnóstico do estado atual e para subsidiar as ações necessárias à manutenção, melhoria ou recuperação destes ecossistemas aquáticos.

Na cascata de reservatórios do rio Paranaíba o reservatório de Cachoeira Dourada distingue-se dos demais por características particulares como a morfologia alongada e estreita, a profundidade relativamente baixa e o curto tempo de residência. Trata-se do único reservatório desta bacia que opera em “meio fio de água”, isto é sem um reservatório propriamente dito.

Durante o período estudado a profundidade média nas estações de coleta foi pequena, de apenas 9,6 metros em média e valor máximo de 15 metros, embora para um estudo batimétrico recente realizado para este reservatório por Cabral et al., (2009) reporte a profundidade média de 15 m. Esta pode ser considerada uma profundidade pequena, comparada à dos reservatórios imediatamente situados à sua montante como o Reservatório de Emborcação ou reservatório de São Simão a jusante com profundidades na porção limnética variando entre 32 a 60m, mas com profundidades máximas de até 120m (FERREIRA et al., 2010 e PINTO-COELHO, 2004).

O reservatório de Cachoeira Dourada se localiza em clima subtropical úmido, com ampla variação de temperatura entre os períodos do ano. O fato de estar localizado em uma região com estações chuvosa e seca bem definidas propiciou a ocorrência de variações temporais tanto nas características físicas e químicas da água quanto para os atributos da comunidade analisada, o fitoplâncton, para a qual houve um maior desenvolvimento na primavera (nov/07) período de pouca chuva. Situação semelhante foi observada por Calijuri,



Dos Santos e Jati (2002), no reservatório Barra Bonita no estado de São Paulo e por Pivato, Train e Rodrigues, (2006) no reservatório Corumbá no estado de Goiás.

Os resultados obtidos evidenciaram a existência de uma variação temporal nas características físicas e químicas do reservatório de Cachoeira Dourada, evidenciada pela análise de PCA, a qual distinguiu os meses de maior precipitação associados aos compostos de nitrogênio e o período de menor precipitação aos compostos de fósforo.

Outro fator importante é o tempo de residência da água que influi fortemente sobre o desenvolvimento da comunidade fitoplanctônica, uma vez que, comumente, curtos tempos de residência ocasionam perda de biomassa por lavagem hidráulica e choque mecânico (KIMMEL, LIND e PAULSON, 1990; STRASKRABA et al., 1993). Para o reservatório de Cachoeira Dourada o curto tempo de residência da água, em média de 3 dias, associado à baixa penetração de luz (baixa transparência da água) no período chuvoso podem ter sido fatores limitantes ao desenvolvimento do fitoplâncton, responsáveis pela mais baixa densidade observada neste período.

Situação similar foi registrada por Pivato, Train e Rodrigues; (2006) no reservatório de Corumbá. O autor destaca que o curto tempo de residência da água (10 dias), registrado no mês de abril, associado à baixa disponibilidade luminosa, atuou negativamente sobre as assembléias fitoplanctônicas contribuindo para a baixa densidade e biomassa observadas no período. No reservatório de Corumbá os maiores valores de turbidez registrados no mês de abril (chuvoso), a zona eufótica atingiu em média, apenas 2,1 % da extensão da coluna de água; já em setembro (seco), a menor turbidez, principalmente nas camadas superficiais, resultou na maior profundidade de Zeu, alcançando em média 21,1% de extensão da coluna de água (PIVATO, TRAIN e RODRIGUES, 2006).

Para Henry et al., (1985) citado por Ramirez (1999), para que haja desenvolvimento fitoplanctônico são requeridos tempos de retenção de 2 ou 3 semanas para permitir crescimentos significativos de organismos fitoplanctônicos. Zalewski et al., (2000), em seu estudo com reservatórios, concluíram que o tempo de retenção é uma das melhores ferramentas para o controle de florações de algas tóxicas.

As interações entre o regime de mistura vertical e a disponibilidade de radiação subaquática e de nutrientes são determinantes na distribuição das espécies fitoplanctônicas (REYNOLDS, 1994). Em reservatórios estes estão intimamente associados ao tempo de residência de água e ao regime das chuvas (STRASKRABA, 1990 citado por PIVATO, TRAIN e RODRIGUES, 2006).

No reservatório de Cachoeira Dourada foi observada a redução na densidade total da comunidade fitoplanctônica e a substituição de espécies no período chuvoso (dez) em relação aos demais meses estudados. A intensificação das chuvas refletiu na disponibilidade da radiação subaquática, a qual sofreu uma redução de 82,65% no mês de dezembro de 2006 e fevereiro de 2007, devido ao incremento de material alóctone, e ao aumento da ressuspensão do sedimento. A redução da transparência da água diminuiu a abrangência da zona eufótica, evidenciando que a luz foi um dos fatores limitantes para a produtividade fitoplanctônica.

Devido à sua morfologia e posição na bacia de drenagem, o reservatório de Cachoeira Dourada recebe apenas uma pequena porção de água através do escoamento superficial, mas, a maior parte dessa água, nutrientes e carga de sedimentos são provenientes do rio Paranaíba. Este por sua vez, é fortemente influenciado pelos reservatórios de Itumbiara e Emborcação e por vários tributários (pequenos córregos e rios).

Os perfis verticais das variáveis físicas e químicas, tomados a cada 0,5 m de profundidade em diferentes pontos, mostraram constância e homogeneidade nas variáveis em toda a coluna d'água e em todas as épocas de amostragem, fator observado também para os teores de compostos de nitrogênio e fósforo, que não apresentaram estratificação horizontal e vertical (PERET, 2007). Essa dinâmica pode ser atribuída ao baixo tempo de residência, à forte turbulência, e ao contínuo fluxo de água em direção a barragem.

Dez tributários principais apresentam entrada direta ao reservatório, e o setor com maior índice de assoreamento situa-se entre o córrego Corgão, da Flecha e Candango, com volume de sedimento de  $67 \times 10^6 \text{ m}^3$  (CABRAL et al., 2009). Estes trechos, apresentam uma influência direta nos pontos 2, 3 e 4, avaliados no presente estudo. No ponto 4 ocorre uma taxa elevada de erosão nas margens do reservatório e houve registro de densidades fitoplanctônicas inferiores à dos demais pontos, sugerindo o possível efeito da turbidez advinda da concentração de sedimentos suspensos sobre a penetração de luz na coluna d'água neste trecho.

A maior concentração de oxigênio dissolvido (9,8 mg/L) ocorreu no ponto 1 (maio), a jusante da barragem. Neste caso é provável que a maior concentração de oxigênio neste ponto seja causada pelo procedimento operacional, devido à turbulência da água turbinada. Nos demais pontos ocorreram concentrações mais baixas nos valores de oxigênio, não atingindo provavelmente a saturação.

As concentrações de oxigênio dissolvido na água foram menores no período de estiagem (média=5,88 mg/L), com menores concentrações em agosto (3,8 mg/L) e outubro (2,88). Situação contrária foi observado por Silva et al.,(2009) no reservatório da Usina Hidrelétrica de Peti (MG) as concentrações de OD foram mais elevadas na estiagem, com valores médios na superfície próximos ou acima de 10 mg/L (supersaturação). No período chuvoso, mesmo na superfície, o OD chegou a cair até 4-6 mg/L (SILVA et al., 2009).

Souza e Fernandes (2009) estudando a lagoa Mãe Bá (ES) evidenciaram que os menores valores de oxigênio dissolvido registrados na estação chuvosa concordaram com elevados valores de temperatura da água, que influencia a solubilidade deste gás, além de terem sido registradas menores densidades fitoplanctônicas nesse período.

No reservatório de Cachoeira Dourada essa relação não foi observada, as maiores densidades ocorreram na primavera (novembro), com menores valores de precipitação pluviométrica, associadas às maiores médias de concentração de oxigênio dissolvido e temperaturas elevadas. Vale ressaltar que a variação de temperatura da água entre os períodos amostrados foi relativamente baixa.

Vários autores discutem valores elevados de oxigênio dissolvido em função das concentrações da comunidade fitoplanctônica e, por outro lado, efeitos da decomposição da matéria orgânica relacionada aos baixos valores (BRANCO, 1991 e BEYRUTH, 1996).

No reservatório de Cachoeira Dourada a precipitação pode ter promovido diluição dos sais e íons presentes na água, contribuindo para a redução acentuada da condutividade elétrica no período chuvoso. Souza e Fernandes (2009) na Lagoa Mãe Ba (ES) e Cavati e Fernandes (2008) na lagoa Japaranã (ES) registraram menores valores de condutividade elétrica durante a estação chuvosa. No reservatório, assim como no período das chuvas, ocorreu redução da condutividade na estiagem, com exceção do mês de agosto, em que houve um aumento pronunciado. Este fato pode estar relacionado ao processo de decomposição, por meio de contribuição de matéria orgânica de pequenos tributários e do município de Cachoeira Dourada.

A condutividade elétrica do Reservatório de Cachoeira Dourada foi menor do que em outros reservatórios e lagos brasileiros (ESPÍNDOLA et al., 2000; BRANCO et al., 2002; MARINHO e HUSZA, 2002; CAVATI e FERNANDES, 2008; SOUZA e FERNANDES, 2009). Esta variável pode ser utilizada, no contexto regional, como um indicador complementar do estado trófico de um ambiente (PAYNE, 1975). Vale ressaltar que foram registrados baixos valores de condutividade em todos os meses amostrados, confirmando as reduzidas concentrações de íons e nutrientes estocadas no reservatório. A

baixa concentração de nutrientes, provavelmente limitou o crescimento da comunidade fitoplanctônica.

Carvalho (2003) registrou baixa condutividade elétrica nos reservatórios Atibainha, Cachoeira e Ponte Nova, valores intermediários foram observados no reservatório Itupararanga e valores elevados nos reservatórios Billings e Pirapora, todos localizados no estado de São Paulo. Segundo Branco (1986) as elevadas concentrações de condutividade podem auxiliar na detecção de fontes de poluição em ecossistemas aquáticos. Carvalho (2003) associou o aumento da condutividade nos reservatório Billings e Pirapora as estações do ano (outono e inverno), principalmente n a época em que a diluição dos poluentes é menor, em função da menor pluviosidade.

O reservatório de Cachoeira Dourada faz parte de uma serie de reservatórios localizados ao longo do rio Paranaíba. À montante situam-se os reservatórios de Itumbiara e Emborcação. O reservatório de Itumbiara foi considerado o mais eutrofizado nas avaliações da qualidade de água realizada pelo IGAM para a bacia do rio Paranaíba em 2004, embora esta classificação tenha sido alterada em 2007 para oligotrófica (Figuras 45 e 46 do anexo A). O rio Uberabinha pertencente a bacia do rio Paranaíba obteve a classificação de médio a ruim através da análise do Índice de qualidade de água em 2005 (SEMAD, 2005).

Os nutrientes dissolvidos (especialmente o fósforo) ficam adsorvidos aos sedimentos finos especialmente às argilas, e são retidos em grande parte nesses grandes reservatórios. O reservatório de Cachoeira Dourada, situado a jusante do reservatório de Itumbiara contem baixas concentrações de nutrientes, devido á retenção no reservatório de Itumbiara. Outro fator a ser considerado, é o curto tempo de residência da água, que promove o contínuo transporte dos nutrientes sistemas abaixo, impedindo o armazenamento destes no reservatório.

Dentro desse panorama, observou-se que os valores de nitrogênio total foram muito mais elevados do que os de fósforo total. Os incrementos de nitrogênio ocorridos na primavera e no verão provavelmente provêm não só do reservatório a montante, mas principalmente do aporte de adubos e fertilizantes por lixiviação a partir das áreas de entorno com intensas atividades pastoris e agrícolas. Souza e Fernandes (2009) encontraram padrões parecidos na lagoa Mãe Bá no Estado do Espírito Santo.

No Reservatório de São Simão (jusante de Cachoeira Dourada) sinais típicos de eutrofização foram evidenciados em janeiro de 2002. Foi constatada uma entrada de fósforo de natureza alóctone em altas concentrações em quase todos os tributários e formação de um “bloom” de algas. Nota-se que essas altas concentrações foram observadas no mês que

se enquadra no período chuvoso, justamente o período em que ocorrem as maiores vazões dos tributários (FONSECA, 2010).

Em Cachoeira Dourada as concentrações média de amônia foram consideradas baixas (2,77  $\mu\text{g/L}$ ), com aumento pontual (ponto 2) em fevereiro/07 (8,29  $\mu\text{g/L}$ ), inferiores aos reservatório de São Simão (PINTO-COELHO, 2004), Atibainha, Billings, Cachoeira (CARVALHO, 2003), Segredo e Capivari (BORGES, TRAIN e RODRIGUES, 2008) (Tabela 31), fatores como, respiração e degradação da matéria orgânica podem ter favorecido esses resultado, mas não foi suficiente para reduzir os valores de pH e oxigênio dissolvido.

Na estiagem (maio/07) houve redução da amônia (média= 0,59  $\mu\text{g/L}$ ) e do nitrato (média= 7,60  $\mu\text{g/L}$ ), neste mesmo período, registrou-se o aumento na densidade de células livres de *Microcystis* sp., que de acordo com Ramirez e Bicudo (2005), trata-se de um organismo que absorve principalmente N – NH<sub>4</sub> e N-NO<sub>3</sub> como fontes de nitrogênio inorgânico, diminuindo a concentração desses elementos na água, as quais podem decrescer a praticamente zero.

No mês de março/07, houve um leve incremento na concentração de nitrito de forma pontual no ponto 5, trecho de transição entre o rio Paranaíba e o reservatório, provavelmente devido às maiores concentrações de nitrito na água do rio neste trecho devido ao aporte de matéria orgânica a este trecho de rio, e conseqüente aumento da taxa de decomposição, disponibilizando nitrito na água. Neste ponto ocorre a contaminação do rio Parnaíba por uma fonte pontual, o despejo do efluente da Estação de Tratamento de Esgoto da cidade de Itumbiara.

Apesar desse aporte que forma uma pluma no reservatório, as concentrações médias de nitrato e nitrito em geral estiveram sempre abaixo de 18,86  $\mu\text{g L}^{-1}$ , que associadas às baixas concentrações de amônia demonstram a possível limitação por nitrogênio ao fitoplâncton neste ambiente. As concentrações de nitrato em Cachoeira foram bem inferiores aos encontrados nos reservatórios de São Simão (PINTO-COELHO, 2004), Segredo (BORGES, TRAIN e RODRIGUES, 2008) (Tabela 31). Ambos, o nitrogênio e o fósforo podem limitar a produção orgânica, considerando que a luz não seja um dos fatores limitantes (HEIP et al., 1995).

No reservatório de Cachoeira Dourada o nitrito e o nitrato aparentemente não foram determinantes no aumento numérico da comunidade fitoplanctônica, devido os baixos valores observados em todos os períodos. As concentrações de ortofosfato também foram

baixas, indicando que os baixos valores deste nutriente podem ter sido o principal fator limitante para o fitoplâncton. A Tabela 31 apresenta o reservatório de Cachoeira com as menores concentrações média anual de fósforo comparada aos reservatórios de Atibainha, Cachoeira, Billings (CARVALHO, 2003), São Simão (PINTO-COELHO, 2004), Segredo e Capivari (BORGES, TRAIN e RODRIGUES, 2008).

O rio Uberabinha pertencente a Bacia Hidrográfica do rio Paranaíba apresentou altas concentrações de fósforo total excedendo o limite condicional para águas doce Classe 2 na grande maioria das amostragens (SUPRAM, 2010).

Lampareli (2004) analisou 34 pontos distribuídos em diferentes reservatórios do estado de São Paulo, e pode-se observar que a maioria dos valores médios encontrados nos pontos amostrais é inferior a  $0,050 \text{ mg.L}^{-1}$  de fósforo total. No entanto seis pontos em reservatórios (Reservatório Billings (Bororé), Res. Billings (Taquacetuba), Res. Guarapiranga (Parelheiros), Res. Ituparanga e o Res. de Barra Bonita (próximo a chegada do rio Tietê), apresentaram valores médios superiores a  $0,070 \text{ mg. L}^{-1}$ . Os dados apresentados por Lampareli (2004), evidenciam concentrações de fósforo superiores às registradas para o reservatório de Cachoeira Dourada.

Araújo, Costa e Chellappa. (2000), registraram baixas concentrações de fosfato na lagoa Extremoz, e atribuíram os reduzidos valores à intensa assimilação pelo fitoplâncton, Esteves (1998b) ressalta que vários fatores físicos e químicos interferem na precipitação dos íons fosfato no ambiente aquático. Em Cachoeira Dourada o efeito diluidor das chuvas pode ter promovido a redução nas concentrações de fósforo dissolvido ocasionando, entretanto, o “input” de amônio.

Alterações diversas nas características físicas e químicas também podem ter proporcionado a redução de espécies abundantes nos períodos de maior precipitação. No entanto o aumento da matéria orgânica e do íon amônio beneficiou o desenvolvimento de espécies fitoflageladas constituintes comum do nanoplâncton. Percebe-se um processo de substituição das espécies abundantes, ocasionadas pelas mudanças ocorridas nas características físicas e químicas da água do reservatório, nos diferentes pontos estudados.

**Tabela 31.** Média total das variáveis químicas e do IET para os reservatórios de Cachoeira Dourada (GO), São Simão (GO), Cachoeira (SP), Billings (SP), Segredo (PR) e Capivari (PR) Atibainha (SP). Legenda \* = Calculados com base nos dados disponíveis.

Variáveis	Cachoeira Dourada (GO)	Atibainha (SP)	São Simão (GO)	Cachoeira (SP)	Billings (SP)	Segredo (PR)	Capivari (PR)
<b>P total</b>	0,43 µg/L <sup>-1</sup>	0,02mg/l	19,22 µg/L <sup>-1</sup>	0,01 mg/L <sup>-1</sup>	0,03	13,8 µg/L <sup>-1</sup>	22,3 µg/L <sup>-1</sup>
<b>P solúvel</b>	0,28 µg/L <sup>-1</sup>	-	7,04µg/L <sup>-1</sup>	-	-	2,6 µg/L <sup>-1</sup>	2,8 µg/L <sup>-1</sup>
<b>NT</b>	353,09 µg/L <sup>-1</sup>	1,25 mg/l	-	0,9 mg/L <sup>-1</sup>	1,99 mg/l	605,1 µg/L <sup>-1</sup>	469,4 µg/L <sup>-1</sup>
<b>Nitrato</b>	8,93 µg/L <sup>-1</sup>	<0,20 mg/l	42,35 µg/L <sup>-1</sup>	<0,20 mg/L <sup>-1</sup>	0,18 mg/l	538,8 µg/L <sup>-1</sup>	273.0 µg/L <sup>-1</sup>
<b>Amônia</b>	2,41 µg/L <sup>-1</sup>	0,15 mg/l	47,01 µg/L <sup>-1</sup>	0,18 mg/L <sup>-1</sup>	0,16 mg/l	26,6 µg/L <sup>-1</sup>	57.0 µg/L <sup>-1</sup>
<b>IET</b>	≤ 44	≤ 44	44<IET<54	≤ 44	44<IET<54	44<IET<54	44<IET<54
<b>Classificação</b>	Oligotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico*	Mesotrófico*
<b>Autor</b>	Presente estudo	Carvalho (2003)	Pinto-Coelho (2004)	Carvalho (2003)	Carvalho (2003)	Borges, Train & Rodrigues (2008)	Borges, Train & Rodrigues (2008).

De acordo com a tipologia proposta por Salas e Martino (2001), os valores médios de fósforo registrados no mês de dez/06 (0,36  $\mu\text{m}$ ), maio/07 (0,30  $\mu\text{m}$ ) e nov/07 (0,05  $\mu\text{m}$ ), permitiram a classificação do reservatório de Cachoeira Dourada como oligotrófico. Carvalho (2003) utilizou a classificação de Vollenweider (1968 citado por ESTEVES, 1998), na avaliação do estado trófico, utilizando-se concentrações de fósforo, o reservatório Billings e Pirapora, foram considerados respectivamente como mesotrófico e hipertrófico, os demais reservatórios estudados foram considerados oligotróficos.

O reservatório de Cachoeira Dourada foi classificado como oligotrófico, para os valores de concentração de ortofostato total dissolvido, através do Índice de estado trófico (IET) de Carlson (1977), modificado por Toledo Jr. et al., (1983) durante todo o período amostrado. Os reservatórios Atibainha e Cachoeira em São Paulo também foram classificados como oligotróficos (CARVALHO, 2003) (Tabela 31)

Pinto-Coelho (2004), utilizando o mesmo índice classificou o reservatório de São Simão em janeiro de 2002, na sua maioria, em mesotróficos e eutróficos influenciado pelas maiores concentrações de fósforo. Nas outras datas, a classificação predominante foi oligotrófica. Dados semelhantes foram evidenciados nos reservatórios de Billings (SP) por Carvalho (2003), e nos reservatórios de Capivari e Segredo no estado do Paraná (BORGES, TRAIN e RODRIGUES, 2008) (Tabela 31).

O índice de saprobidade proposto por Hamm (1969), aplicado para a concentração de íon amônia também confirma a classificação oligotrófica do reservatório, esses resultados foram corroborado pelas baixas densidades da comunidade fitoplanctônica, registradas no reservatório em todos os períodos de amostragem (inferior a 1.000 org/mL). Esses índices foram considerados eficientes na classificação do grau trófico do reservatório, refletindo a real situação do reservatório.

Resultados controversos foram obtidos pelo Índice de Saprobidade com base no déficit de saturação de oxigênio dissolvido, que classificou os meses e pontos de coletas de maneira diferente. Os meses com baixas concentrações de oxigênio dissolvido foram classificados como  $\beta$  - Mesossapróbico e  $\sigma$  - Mesossapróbico. Essa redução foi registrada nos meses de menor precipitação. Para o restante dos meses e pontos amostrados o índice classificou o reservatório como Oligotrófico, período em que as concentrações de oxigênio foram mais elevadas. Percebe-se de maneira geral, um aumento de saprobidade, com mudança de oligossapróbico a beta-mesossapróbico, devido à menor precipitação pluviométrica e consequentemente redução do volume de água no reservatório.



Resultados semelhantes foram evidenciados por Salomoni (2004) no rio Gravataí (RS), a autora observou um aumento do grau de trofia na porção médio-superior do rio no período de outono em ambos os ciclos sazonais estudados, passando de oligotrófico a mesotrófico, e um aumento no grau de saprobidade, com mudanças de oligossapróbico a beta-mesossapróbico devido à menor precipitação pluviométrica e conseqüentemente, menores vazões do rio.

Por outro lado, o Índice de Comunidades Aquáticas utilizando o IET, proposto pela CETESB (1998) e modificado por Carvalho (2003), que considerou adequado substituir a concentração de clorofila pelo IET como componente do Índice para Avaliação de Comunidades Aquáticas parece não refletir de modo claro as características físicas e químicas, o grau de trofia e a qualidade do ambiente.

Segundo Carvalho (2003), para que o reservatório fosse classificado na categoria 1 (ótima), a comunidade não poderia apresentar dominância de grupos, não poderia ter densidade total superior a 1.000 org/mL e o valor do IET teria que ser  $\leq 44$ .

O reservatório de Cachoeira Dourada apresentou dominância de cianobactérias, enquanto grupo, na estiagem (maio) e na primavera (Nov). De acordo com o índice, nesse requisito, o reservatório seria enquadrado na categoria 4 (ruim). Com densidade fitoplanctônica inferior a 1.000 org/mL e o IET com valores menores que 44, o enquadramento seria para o nível 1 (ótima). Com esses resultados, o índice não apresentou uma categoria que abrangesse a real situação do reservatório, desta forma, não tendo sido considerada uma ferramenta eficiente para classificação do estado trófico desse corpo d'água.

Os três índices propostos por Nygaard (1949) utilizando a comunidade fitoplanctônica, como ferramenta para avaliação do estado trófico do sistema foi utilizado (Índice de coeficiente simples, Índice de Coeficiente Múltiplo ou Composto e Índice de Coeficiente de Diatomáceas) e todos os três levaram à classificação do reservatório de Cachoeira Dourada como eutrófico, um resultado oposto àquele obtido pelas concentrações de nutrientes e pela densidade fitoplanctônica.

A riqueza de cianobactérias e clorófitas da ordem Choorococcales influenciou o índice de Nygaard (1949) de forma a classificar o reservatório de Cachoeira Dourada como um sistema eutrófico. É provável que densos florescimentos de cianobactérias ocorram no rio Paranaíba próximo ao efluente de tratamento de esgoto (ponto não amostrado) e contribua para a dominância das cianobacterias como grupo, embora não em densidade

De qualquer forma, não se pode negligenciar a presença de espécies características de ambientes eutróficos no reservatório, revelando que apesar de apresentar comportamento oligotrófico, o reservatório está suscetível a mudanças conforme as alterações ambientais e antrópicas ocorridas em sua bacia de drenagem. É importante também ressaltar que o curto tempo de residência da água provavelmente é o fator preponderante para que o reservatório apresente esse estado oligotrófico.

Assim, o reservatório deve ser analisado com maior prudência, com estudos de longo prazo, e curto tempo de coleta para a comunidade fitoplanctônica. A zona tampão (mata ciliar) deve ser recuperada e um plano de zoneamento ecológico da bacia de drenagem deve ser planejado e executado. Essas são medidas importantes para evitar que o reservatório, apresente no futuro características eutróficas.

### **A comunidade fitoplanctônica e a variação sazonal e temporal**

O conhecimento da comunidade fitoplanctônica e sua distribuição espacial e temporal podem funcionar como bons indicadores de funcionamento e grau trófico de um ecossistema aquático. Nas composições qualitativas e quantitativas do reservatório de Cachoeira Dourada houve predomínio das Classes Cyanophyceae e Chlorophyceae, o mesmo resultado foi evidenciado por Pinto Coelho (2004) no Reservatório de São Simão e nos reservatórios Billings e Ituparanga no estado de São Paulo (CARVALHO, 2003). O rio Uberabinha apesar de pertencer à bacia do rio Paranaíba apresentou maior representatividade de Chlorophyceae (SUPRAM, 2010) (Tabela 32). No reservatório de Manso (MT) dominaram as clorófitas durante a fase de enchimento, com maiores concentrações em janeiro, na fase de estabilização houve dominância de criptófitas, seguidas das clorófitas e diatomáceas (FIGUEIREDO, 2007).

**Tabela 32.** Tabela comparativa da contribuição relativa (%) do rio Uberabinha (SUPRAM, 2010) e reservatórios de Cachoeira Dourada (TEIXEIRA DE OLIVEIRA, 2010) e São Simão (PINTO-COELHO, 2004) todos pertencente a bacia do rio Paranaíba (GO/MG).

	Rio Uberabinha	Cachoeira Dourada	São Simão
Cyanophyceae	17,70	49,32	50,69
Chamydophyceae	0,33	0,00	0
Chlorophyceae	42,13	15,39	27,65
Bacillariophyceae	28,80	11,36	0,04
Euglenophyceae	1,84	11,15	0,00
Cryptophyceae	4,63	7,63	10,13
Dinophyceae	1,84	0,71	0,00
Zygnematophyceae	2,59	1,63	0,00
Chrysophyceae	0,16	2,81	6,77
Pirrophyta	0,00	0,00	4,71
Total	100,00	100,00	100,00

Em Cachoeira Dourada as cianobactérias e as clorófitas estiveram representadas principalmente nas frações nano- e pico- nanoplânctônicas, como as células livres de *Microcystis* spp. Estas espécies de pequenas dimensões, com grande relação superfície/volume, possuem grande capacidade para absorção de nutrientes dissolvidos e elevada taxa de difusão de gases, além de apresentarem baixa taxa de sedimentação, minimizando as perdas por afundamento.

Huszar e Silva (1999) realizaram um levantamento de publicações referentes aos ecossistemas aquáticos continentais brasileiros, e foi possível visualizar um cenário de dominância de cianobactérias em 52% dos ambientes, quando de seus máximos de biomassa e/ou densidade. A dominância dessas algas é mais marcante em reservatórios (48%) e lagoas costeiras (50%) (BOZELLI e HUSZAR, 2003).

A análise de estrutura de tamanho evidenciou o fitoplâncton composto por 50,84% de nanoplâncton (2,0-20µm) e 49,15% de microplâncton (20-200 µm). Cianobactérias cocóides, organismos flagelados ou cocóides verdes constituem esta fração. Em relação aos táxons abundantes predominou o nanoplâncton (75%), com maiores registros no período de estiagem (100%).

Esses dados corroboram com os encontrados por Borges (2006) nos reservatórios Segredo e Parigot no estado do Paraná, as algas menores que 20 µm foram as que mais contribuíram para os valores de densidade. Quando o tempo de retenção é baixo, os organismos presentes pertencem ao nanoplâncton (DICKMAN, 1996) e ao picoplâncton (TUNDISI, 1990). Segundo Reynolds (1997), o fluxo de energia e nutrientes controla a distribuição das classes de tamanho e abundância do fitoplâncton, sendo as espécies pico e

nanoplanctônicas mais importantes em sistemas não eutrofizados. Estes resultados condizem com a classificação oligotrófica do reservatório.

Cianobactérias cocóides classificadas neste trabalho como nanoplâncton, pode ser classificadas como picofitoplâncton por apresentarem dimensões inferiores a 2,0  $\mu\text{m}$  ou valores aproximados a estes. De acordo com Bozelli e Huszar (2003), é reconhecido o papel que o picofitoplâncton (0,2 – 2,0  $\mu\text{m}$ ) desempenha na rede trófica

Embora ainda não tenha sido claramente documentada sua importância para sistemas tropicais, tem sido apontada uma relação direta entre a biomassa da fração picoplanctônica e a temperatura e também entre a biomassa desta fração do fitoplâncton e a razão nitrogênio total/fósforo total (NT/PT). Como a maioria dos sistemas tropicais continentais tenda a graus mais elevados de trofia, é possível esperar uma contribuição mais relevante do picofitoplâncton em águas continentais brasileiras (BOZELLI e HUSZAR, 2003).

A densidade média da comunidade fitoplanctônica do reservatório de Cachoeira Dourada foi menor que os registrados por Pinto-Coelho (2004) no reservatório de São Simão (PINTO-COELHO, 2004) e pela Figueiredo (2007) no reservatório de Manso, já a densidade média do rio Uberabinha (SUPRAM, 2010), no ano de 2008 e 2009 foi menor que as registradas em Cachoeira Dourada.

O aumento da densidade registrada no ponto 5 (zona de transição), na estiagem (maio/07) e na primavera (nov/07) se deve à relativa fertilidade da zona de mistura que diminui em relação à barragem, o suprimento de nutrientes, introduzido por processos advectivos é reduzido com o distanciamento do influxo do rio, e a produção do fitoplâncton torna-se mais dependente da regeneração *in situ* dos nutrientes (THORNTON, 1990; KIMMEL et al., 1990; TUNDISI, 1996 e TUNDISI et al., 1999).

Esse comportamento muda a jusante da barragem de Cachoeira Dourada (ponto 1). Os valores de densidade ficam mais próximos daqueles registrados na zona de transição (ponto 5). Os tributários a montante da barragem e a própria influência do município devem contribuir para o incremento no número de organismos neste ponto. No período chuvoso (dez/06), as maiores densidades foram registradas na zona lacustre (ponto 2). Para este período não foi encontrada uma explicação lógica para os padrões de abundância e distribuição da comunidade.

Quanto à variação temporal, os valores de densidade foram maiores na primavera (nov), período de baixa precipitação pluviométrica. Com o aumento das chuvas (dez) houve redução na densidade da comunidade fitoplanctônica, promovida pelo aumento

no volume de água, redução da zona eufótica e baixos valores de nutrientes (compostos de fósforo). Esses fatores podem limitar crescimento fitoplanctônico. Esse padrão de variação temporal foi observado por outros autores como Nogueira (2000); Souza e Fernandes (2009) para reservatórios e sistemas lacustres do sudeste brasileiro.

A riqueza, assim como a densidade apresentou uma variação temporal definida, o aumento no número de espécies ocorreu com o aumento das chuvas. As Cyanophyceae aparecem com o maior número de táxons, para os três períodos estudados. Um aspecto interessante é que neste reservatório, diferentemente do observado para o reservatório de São Simão, na mesma bacia hidrográfica, por Pinto-Coelho (2004), as células livres de *Microcystis* são predominantes, em vez das formas coloniais. Tal fato pode ser explicado pela elevada velocidade da correnteza e pela alta turbulência (observações visuais).

Para a Classe Bacillariophyceae foi registrado um aumento de riqueza no período chuvoso, provavelmente com a contribuição das espécies perifíticas no plâncton, arrastadas por lavagem hidráulica, ou favorecimento deste grupo pela turbulência decorrente do aumento de fluxo. É amplamente reconhecido na literatura que as diatomáceas são favorecidas em sistemas turbulentos, não só pela manutenção das pesadas frústulas em suspensão (MARINS, 1976), mas também pela ressuspensão de sílica dos sedimentos, um nutriente essencial para o crescimento deste grupo de algas.

Outro fator importante é o escoamento hidráulico que pode funcionar como mecanismos de arrasto de espécies de ambientes aquáticos a montante e das zonas adjacentes ao reservatório. De maneira geral a variação registrada entre os períodos foi considerada pequena, com uma diferença de apenas 5 táxons entre o período de maior registro e o de menor incremento. Em relação à distribuição espacial a zona de transição (ponto 5) contribuiu com o maior número de espécies.

A riqueza de táxons nas amostras de fitoplâncton no reservatório de Cachoeira Dourada variou entre 12 e 21 táxons, sendo que muitas delas integravam a Classe Cyanophyceae, que contribuiu com um percentual de 30,77% da riqueza. Barbosa & Watanabe (2000) estudando o fitoplâncton de 18 corpos de água localizados no semi-árido do Nordeste Brasileiro, constataram uma composição algal de 141 táxons e média de 12 táxons por amostras. Barbosa (1996) identificou uma comunidade algal de 89 táxons com variação entre 9 e 33 táxons por amostra na represa de Gramame, na Paraíba. O número total de táxons observado no reservatório de Cachoeira Dourada pode ser comparado aos registrados em outros reservatórios no Brasil localizados nas regiões central, sul (NOGUEIRA, 2000;

CALIJURI et al., 2002 e SILVA et al., 2005), nordeste (BARBOSA e WATANABE, 2000) e Centro Oeste (FIGUEIREDO, 2007)

O conhecimento da diversidade, equitabilidade, riqueza e similaridade em comunidades fitoplanctônicas é um instrumento de grande valia para a caracterização de um ecossistema aquático. Estimativas de diversidade podem ser utilizadas como indicadores da situação de sistemas ecológicos (MAGURRAN, 1988), funcionando como uma medida de estabilidade de uma comunidade e sua resistência a diversos tipos de distúrbios (BARNESE e SCHELSKE, 1994).

Os valores de diversidade de Cachoeira Dourada apresentaram uma média de 3,4 bits/ ind<sup>-1</sup>, o maior registro foi na primavera (4,11 bits. ind<sup>-1</sup>), atribuída à instabilidade hidrológica intensificada com o início das chuvas, que carregam o fósforo dissolvido de áreas adjacentes. Padisak (2000), em estudo realizado no reservatório de Barra Bonita encontraram valores de até 3,18 bits/ind<sup>-1</sup>, para o reservatório de Guarapiranga Beyruth (1996) encontrou valores de até 4,28 bits/ ind<sup>-1</sup>. Reservatórios com características contrárias ao de Cachoeira Dourada, e com elevado tempo de residência (BEYRUTH, 2000 e CALIJURI et al., 2002), podem propiciar estado próximo ao equilíbrio, que é caracterizado por baixa diversidade planctônica e florações de cianobacterias.

Para Margalef (1981) os valores de diversidade podem ser utilizados para avaliar o estado trófico do sistema aquático, o mesmo apresenta valores para as comunidades fitoplanctônicas: de 1 a 2,5 bits (lagos férteis) e 3 a 4,5 bits (águas limpas). Baseando-se nos valores médios encontrados no reservatório de Cachoeira Dourada, o mesmo, seria incluindo como de águas limpas, a mesma classificação receberia o de Barra Bonita (SP) nos estudos realizados por Padisak (2000)

De acordo com Cardoso e Motta Marques (2004), a diversidade é alta ou aumenta quando as taxas de substituição de espécies são rápidas, como em águas quentes. No reservatório de Cachoeira Dourada observou-se a substituição das espécies mais abundantes entre os diferentes períodos, constituída em especial por espécies de pequenas dimensões, comuns no nanoplâncton. Segundo Cardoso e Motta Marques (2004), o índice de diversidade é aumentado quando as algas de crescimento rápido (pequenas dimensões) são abundantes. Em ambientes fortemente seletivos, tais como lagos caracterizado por alta turbidez a diversidade é baixa (REYNOLDS et al., 1993).

A relação entre a diversidade e a perturbação, inferida por Hardin (1960 citado por ROCHA, 1993) é baseada no princípio da exclusão competitiva, onde a diversidade de espécies decresce quando é atingido o equilíbrio ecológico (clímax). Na comunidade

fitoplanctônica, a floração é uma situação de clímax. No reservatório de Cachoeira Dourada, o efeito da perturbação promovida pelo curto tempo de residência, e fortes ventos, promoveu o aumento da diversidade fitoplanctônica. Os valores de diversidade e equitabilidade registrados no reservatório de Cachoeira Dourada resultaram da ausência de dominância de espécies, além do registro de poucas espécies abundantes durante todo o período estudado.

Avaliando a aplicação dos índices tradicionais de diversidade, riqueza, dominância e equitabilidade em programas de monitoramento da qualidade da água, os mesmos parecem constituir bons indicadores, demonstrando uma relação com o diagnóstico apresentado pelos índices anteriores apresentados para o reservatório de Cachoeira Dourada.

Avaliando a comunidade, observou-se que as Cyanophyceae predominantes, enquanto grupo, na estiagem (média=529 org/mL) e na primavera (média=722 org/mL), tiveram a densidade reduzida com as chuvas (média= 204), deixa de ser dominante, mas, continua com a maior representatividade numérica (densidade). Com a redução das cianobactérias no período chuvoso, ocorreu o incremento de espécies de fitoflagelados, favorecidos pelo aumento da matéria orgânica derivada de material alóctone. Fonseca (2004) observou que as oscilações do nível hidrométrico da planície de inundação do alto rio Paraná, promovidas pelos regimes das chuvas, determinaram a sazonalidade dos fatores limnológicos, o que explicou a variação temporal das cianobactérias.

O primeiro pico de cianobactérias foi dominado por *Microcystis* sp. e cianobactérias filamentosas (*Pseudanabaena mucicola*, *Anabaena* sp.), e o segundo pico por cianobactérias coloniais (*Aphanocapsa* sp., e *Aphanothece* sp.). A redução do volume de água do reservatório na estiagem e na primavera parece favorecer a prevalência e aumento da biomassa de espécies de cianobactérias.

No período chuvoso, as cianobactérias cocoides tiveram suas densidades reduzidas, provavelmente arrastadas pelas chuvas, uma vez que este período foi marcado por intensas chuvas, sendo este fator responsável pela diminuição da densidade total. Estas algas foram responsáveis pelo aumento da densidade das Cyanophyceae, a qual está diretamente relacionada ao aumento da densidade total da comunidade fitoplanctônica.

Outro fator ambiental que influenciou o desenvolvimento das cianobactérias foi o pH. O período de chuvas foi caracterizado por pHs mais ácidos, e esteve representado por densidades menores (5,73 - 7,75), na primavera (6,69 – 7,23), o pH mais básico pode ter favorecido o desenvolvimento das cianobactérias. Segundo Giraldez-Ruiz et al., (1999), o crescimento máximo das cianobactérias ocorre em habitats com pH variando de 7,5 a 10, sendo inibido em valores de pH abaixo de 5,0 (BROCK, 1973).

A preferência das cianobactérias por ambientes com pHs neutros a alcalinos é decorrente de sua aptidão em utilizar bicarbonato como forma de assimilação de carbono inorgânico e de sua limitada habilidade em regular e manter o pH interno neutro em ecossistemas ácidos (GIRALDEZ-RUIZ et al., 1999). No entanto, assim como outros autótrofos, devido ao fato de assimilarem gás carbônico livre na água para o processo fotossintético, reduzem naturalmente a formação de ácido carbônico, mantendo elevado o pH do meio (ESTEVES, 1998).

Segundo Huszar e Caraco (1998) e Blonqvist et al., (1994), cianobactérias são freqüentemente associadas a condições eutróficas, mas também são importantes componentes do fitoplâncton em águas oligo e mesotróficas. Em Cachoeira Dourada as cianobactérias foram dominantes enquanto grupo, na estiagem e na primavera, em ambos períodos o grau trófico foi classificado como oligotrófico de acordo com a classificação realizada pelo IET.

Segundo DEBERDT (2004), em condições naturais as cianobactérias convivem de forma equilibrada com os demais organismos presentes em lagos e reservatórios, não sendo comum a ocorrência de uma dada espécie sobre as demais. Porém, o aumento da carga de nutrientes no sistema pode resultar em um crescente aumento da dominância desses organismos. Assim, as cianobactérias passam a atuar como indicadoras de poluição juntamente com os parâmetros físicos e químicos da água. No reservatório de Barra Bonita, bacia do rio Tietê (SP) Dellamano-Oliveira; Rodrigues e Gouveia (2005) destacam que o processo de eutrofização vem aumentando ao longo dos anos e a comunidade fitoplanctônica do reservatório é dominada por poucas espécies de cianobactérias.

Vários estudos mostram que cianobactérias coloniais são comuns em ambientes meso-eutróficos (HUSZAR et al., 2000, KOMÁREK 2003). Dominância de cianobactérias sem variação sazonal marcante por longos períodos é caracterizada como última fase do processo de eutrofização e já é bastante documentada em reservatórios eutróficos europeus (NIXDORF e RÜCKER 2003, NASELLI-FLORES 2003, NASELLI-FLORES e BARONE 2003), como também na região sudeste (GEMELGO et al., 2008, GENTIL et al., 2008, FONSECA e BICUDO 2008, CROSSETTI e BICUDO 2008) e nordeste do Brasil (COSTA et al., 2006a, BOUVY et al., 2000, 2003, CHELLAPPA e COSTA 2003).

No reservatório de Cachoeira Dourada as Cyanophyceae foram representadas pelos grupos funcionais K, S1, M e H. As cianobactérias da associação M foram compostas essencialmente por *Microcystis* spp. e por células livres de *Microcystis* spp., com maiores densidades no período de estiagem. Registrou-se a co-existência de *Microcystis* spp., com



espécies filamentosas do grupo S1 (*Pseudonabaena mucicola*) e H (*Anabaena* spp.). As espécies do grupo H são fixadoras de nitrogênio, tolerando baixas concentrações desse elemento na água. Estes resultados se contrapõem aos que foram registrados por Huszar et al., (2000) em um reservatório não deficiente de nitrogênio com dominância de heterocitadas no nordeste brasileiro.

Na represa de São Simão, as cianobactérias chegaram a formar um florescimento massivo em janeiro de 2002 atingindo densidades da ordem de 11.000 ind. mL<sup>-1</sup> no ponto C-09, braço formado pelos rios Tijuco e Prata (MG). Nessas ocasiões as espécies mais abundantes foram: *Anabaena circinalis*, *Microcystis viridis*, *M. flos-aquae*, *Anabaena spiroides*, *Anabaena solitária* e *Cylindrospermopsis* sp. Entretanto, o grupo esteve presente durante todo o ano, porém em menores densidades e, nessas ocasiões, o organismo predominante foi *Lyngbya limnetica* (PINTO-COELHO, 2004).

A análise de CCA associou as espécies de *Microcystis*, *Pseudonabaena mucicola* e *Anabaena* sp à variável temperatura (estiagem), em média de 25,8 °C. Jöhnk et al. (2008) compararam a taxa de crescimento de populações de *Microcystis*, algas verdes e diatomáceas e observaram que em baixas temperaturas (abaixo de 23°C), *Microcystis* apresentou taxa de crescimento menor que as demais algas. Entretanto, a taxa de crescimento de *Microcystis* mostrou relação direta com a temperatura, ou seja, maior crescimento com aumento da temperatura, e temperatura ótima (acima de 23°C) maior que de algas verdes e de diatomáceas. Estes resultados mostram que *Microcystis* é forte competidora em temperaturas elevadas, assim como as demais cianobactérias (FERNANDES et al., 2009).

Vários autores já constataram que os gêneros *Microcystis* e *Anabaena* crescem melhor e dividem mais rápido quando as águas do lago estão quentes (acima de 20°C). Ambos os gêneros apresentam vacúolo de gás, estrutura que confere vantagem competitiva, seja para encontrar o ponto ótimo de saturação luminosa ou fugir de áreas com muita competição. A capacidade de flutuar quase na superfície da água é uma vantagem, em relação às outras algas. A intensidade solar na superfície da água pode destruir o aparato fotossintético ou danificar as algas em poucas horas. Essas espécies não sofrem esta injúria, pois conseguem regular sua posição na água ou ainda utilizar o vacúolo de gás como um escudo protetor. A herbivoria é menor que em outros grupos, devido as grandes dimensões e por serem impalatáveis (GOLDMAN e HORNE, 1983 e SANDGREN, 1988).

Espécies de *Microcystis* spp e *Anabaena* spp, apresentam habilidades em estocar fósforo como corpos polifosfatados, permitindo a sobrevivência e a manutenção do seu crescimento durante períodos subsequentes, mesmo com deficiência externa deste

nutriente (FERNANDES et al., 2009). Na maioria são planctônicas, migradoras verticais e ‘flutuantes’ devido à presença de estruturas denominadas aerótopos. Podem muitas vezes, dominar e até mesmo formar florações em águas doces e salobras quando a coluna d’água se estabiliza (MERIÇ ALBAY e REYHAN-AKÇAALAN, 2003) Características como estas apresentadas favoreceram o desenvolvimento dessas espécies em trechos mais profundos do reservatório (ponto 5 e 1). *Anabaena* spp aparece também no ponto 4 como uma das espécies mais abundantes na estiagem, neste trecho a profundidade média não ultrapassou a 2 m de profundidade. A contribuição de pequenos tributários, situados a montante do ponto de coleta podem ter contribuído para incrementar a abundância deste táxon no local.

Tem sido assinalado que a dominância de cianobactérias fixadoras de nitrogênio é favorecida, entre outros fatores, por sua habilidade funcional em competir melhor por amônio com os demais grupos fitoplanctônicos, em condições de depleção de nitrogênio inorgânico dissolvido na água, sobretudo nitrato (BLOMQVIST et al., 1994). No período de estiagem, houve redução de amônia e do nitrato, promovendo controle ascendente por nutrientes, sobretudo por meio da limitação por nitrato, favorecendo as espécies heterocitadas com abundância de *Anabaena* spp, táxon pertencente ao grupo funcional H (REYNOLDS et al., 2002).

Já as espécies cocóides coloniais do grupo funcional K (*Aphanothece* spp. e *Aphanocapsa* spp.) apresentam características morfológicas semelhantes (colônias cocóides) e a mesma exigência nutricional (REYNOLDS et al., 2002), o que certamente facilitou a coexistência na primavera, associadas à disponibilidade de fósforo dissolvido (CCA) e a transparência da água. O grupo funcional K, de ocorrência comum em lagos rasos e enriquecidos, apesar de sensível à mistura profunda (REYNOLDS et al., 2002), apresentou constância na escala temporal (nos três períodos analisados) no reservatório de Cachoeira Dourada, independentemente das alterações ambientais promovidas pelas variações hidrológicas. No entanto, a expressiva variabilidade em sua densidade ocorreu na primavera, com o início das primeiras chuvas.

Pivato et al., (2000) atribuem a distribuição de *Aphanothece* spp. à presença de bainha de mucilaginosa, como uma estrutura importante no processo de suspensão destas na coluna de água em período de turbulência, o que provavelmente favoreceu a permanência deste táxon no plâncton em Cachoeira Dourada.

As Chlorophyceae, que constituíram o segundo grupo de maior representatividade no reservatório de Cachoeira Dourada são comumente registradas como as mais importantes em número de espécies planctônicas em ambientes dulcícolas e são

favorecidas por apresentarem alta variabilidade morfométrica, podendo desenvolver-se em diversos habitats (TRAIN et al., 2006). Dentre as clorofíceas, destacaram-se as Chlorococcales, cujos representantes são comuns em qualquer tipo de ambiente (LÜRLING, 2003, BICUDO e MENEZES, 2006 and FONSECA et al., 2009)) e estão também entre os primeiros a colonizar o ambiente (BICUDO e MENEZES, 2006).

Estas algas estiveram representadas principalmente por pequenas espécies coloniais pertencentes a ordem Chlorococcales, com destaque para a *Coelastrum reticulatum* na primavera (ponto 5), e as flageladas como *Chlamydomonas* sp. (ponto 1), no período chuvoso que foram de ocorrência comum no nanoplâncton. Reis-Pereira (2002b) na caracterização limnológica da AHE de Ipueiras, destaca as Chlorophyceae com uma elevada contribuição variando de 34% a 74% da comunidade fitoplanctônica. Esse grupo também é bem representado em outros ambientes brasileiros, evidenciando uma boa adaptação dessas espécies em ambientes aquáticos tropicais eutrofizados (MARGALEF 1983, DOKULIL e TEUBNER 2000, SANT'ANNA e AZEVEDO 2000 and PADISÁK et al., 2000).

No reservatório de Cachoeira Dourada as algas verdes foram mais abundantes nas estações centrais (P3 e P4), o mesmo foi observado no reservatório de São Simão, neste as algas verdes (clorofíceas) foram mais abundantes nas estações centrais mais próximas à barragem sendo que as maiores densidades para esse grupo também foram registradas em janeiro de 2002 (PINTO-COELHO, 2004).

Em Cachoeira Dourada a análise de CCA associou o táxon *Coelastrum reticulatum* a variável fósforo dissolvido e transparência da água (primavera). Segundo Reynolds et al., (2002), esta espécie faz parte do grupo funcional J, é comum a ocorrência em lagos rasos e enriquecidos. Por outro lado, o táxon *Chlamydomonas* sp., ficou associado aos compostos nitrogenados (TIN) em especial, a amônia. De acordo com Reynolds et al., (2002), *Chlamydomonas* spp. pertence ao grupo funcional X2, característicos de ambientes transparentes e mesotróficos. Estas são espécies de algas que têm ciclos de vida curto e são oportunistas, atingindo taxas de crescimento rápido quando a disponibilidade de nutrientes é ajustado (HAPPEY-WOOD, 1988), geralmente relacionado com o processo de eutrofização (BIGGS, 1996). No reservatório de Cachoeira Dourada o curto tempo de residência e o aumento da turbulência da água no período chuvoso e na primavera, parecem favorecer o desenvolvimento das espécies.

Pequenas diatomáceas (*Cyclotella* spp.) apareceram como um táxon abundante na primavera, co-existindo com cianobactérias coloniais como *Aphanocapsa* spp., *Aphanothece* spp., e clorófitas como *Coelastrum reticulatum*. As diatomáceas *Cyclotella* spp., são agrupadas por Reynolds et al., (2002) no grupo funcional D, comuns em lagos rasos bem misturados e enriquecidos. No reservatório de Cachoeira Dourada este grupo foi correlacionado (CCA), com a transparência e fósforo dissolvido, com maior importância no ponto 3 e ponto 4, região do corpo central da represa, corroborando com Reynolds et al., (2002), que associam a espécie a habitat turbulento, com influência lótica.

As diatomáceas penadas (Pennales) foram representadas pelo táxon *Pinnularia* spp., com maior representatividade no período chuvoso, relacionadas (CCA) aos compostos nitrogenados (TIN), e também com maior importância no ponto 2, 3 e 4. estas são agrupadas por Reynolds et al., (2002) no grupo funcional N, que toleram deficiência de nitrogênio, e são sensíveis à estratificação e ao pH elevado.

De maneira geral as Bacillariophyceae apresentaram baixas densidades, com poucos representantes abundantes no plâncton. Talvez a predominância de Cyanophyceae em todos os períodos analisados, tenha sido um dos fatores controladores da densidade de Bacillariophyceae. Martins e Fernandes (2007) constataram que, quando ocorria um decréscimo na contribuição relativa de Cyanophyceae, havia aumento na contribuição relativa de Bacillariophyceae, o mesmo foi observado por Cavati e Fernandes (2008), na lagoa Japaranã, fato que pode explicar as baixas densidades registradas em Cachoeira Dourada.

Ecologicamente, as diatomáceas são importantes pela sua utilização como indicadores de qualidade de água (MARQUES, 2006). Podem ser utilizadas como ferramenta para detectar a poluição das águas doces, que de acordo com Lobo; Callegaro & Bender (2002) é um dos grandes problemas do mundo moderno. São organismos bastante sensíveis às mudanças ambientais podendo apresentar uma forte flutuação temporal.

A Classe Euglenophyceae, abundante no período chuvoso, esteve representada pela *Trachelomonas volvocina*. O incremento na densidade deste táxon esteve relacionado (CCA) aos compostos nitrogenados, em especial à amônia. Provavelmente a entrada de matéria orgânica, em decorrência das chuvas no mês de dezembro, intensificou o processo de decomposição, o aumento da turbidez e redução do pH, criando condições em que o crescimento desta espécie pode certamente ter sido beneficiado. A espécie *Trachelomonas volvocina* é agrupada por Reynolds et al., (2002) no grupo funcional W2, com ocorrência em lagos mesotróficos. Autores como Alves-da-Silva e Bridi (2004) associam a Classe Euglenophyceae a ambientes ricos em matéria orgânica, o que pode ter ocorrido no

reservatório de Cachoeira Dourada, pelo menos em trechos sob a influência de efluentes orgânicos.

Autores como Matsuzaki, Mucci e Rocha (2004), em um estudo sobre a comunidade fitoplanctônica em um pesqueiro em São Paulo observaram que as Euglenophyceae foram favorecidas em ambientes de baixa transparência por possuírem flagelos e, dessa forma, se locomoverem para locais com maior intensidade luminosa na coluna d'água.

As Cryptophyceae estão sempre presentes nos lagos tropicais, mas raramente estão em alta densidade (HUSZAR, 1994). No reservatório esta Classe esteve representada pelo táxon *Cryptomonas* sp., associado (CCA) aos compostos nitrogenados (TIN) e em especial ao composto amônia, no período chuvoso, período em que se registrou uma média de 51 ind. L<sup>-1</sup> no ponto 1 e 25 ind. L<sup>-1</sup>. Estas algas foram mais abundantes no período chuvoso (dez/06), na região central do reservatório. Situação semelhante foi observada no reservatório de São Simão com as algas fitoflageladas criptófitas, principalmente *Cryptomonas erosa* e *C. brasiliensis*, as quais foram abundantes em janeiro de 2002 (período chuvoso) principalmente na estação central próxima à barragem onde estas atingiram densidades maiores do que 2000 ind. mL<sup>-1</sup> (PINTO-COELHO, 2004).

Naubot et al., (2009) evidenciaram que no período de chuva, o aumento da disponibilidade de nutrientes favoreceu o desenvolvimento de algas Cryptophyceae e Euglenophyceae. Na região do Alto rio Paraná, Train e Rodrigues, 1998, registraram o aumento de cryptophyceae no período de águas altas (verão).

De acordo com Reynolds et al., (2002), as Cryptophyceae são características de ambientes meso-eutróficos, pertencem ao grupo Y, toleram deficiência de luz, são sensíveis à deficiência de nitrogênio e à herbivoria, sendo capazes de se desenvolverem em inúmeros tipos de habitat em função da alta razão superfície pelo volume (S/V) e apresentam rápida taxa de crescimento. Em Cachoeira Dourada as *Cryptomonas* sp., se mostrou forte competidora por amônia, e apresenta características morfológicas (flageladas), que favorece o processo de migração vertical, o que permite a busca de nutrientes em camadas mais profundas do reservatório e a permanência no plâncton facilitando a absorção de luz solar mesmo em águas turbulentas e com maior concentração de matéria orgânica particulada.

Esses fatores contribuíram para aumento em termos numérico (densidade) do grupo no período de maior precipitação pluviométrica (dez), entretanto, Oliveira e Calheiros (2000), atribuíram a baixa disponibilidade de nutrientes e elevada transparência em período de

águas altas no Pantanal como os principais fatores que contribuíram para a abundância de cryptophyceae.

Os dinoflagelados representados pelo táxon *Peridinium* sp., não apresentaram valor numérico significativo, foi classificada como espécie constante na estiagem (maio), com registro em todos os pontos de coleta, ao que tudo indica este táxon foi favorecido pelas condições de maior disponibilidade de oxigênio dissolvido (9,8 mg. L<sup>-1</sup>) no ponto 1, a redução desse elemento na água propiciou a diminuição na densidade da espécie nos demais pontos.

Pollinger (1981) relacionou os dinoflagelados a ambientes ricos em oxigênio dissolvido e seu desenvolvimento é dificultado em sistemas eutróficos, nos quais há depleção deste gás. Barcelos (2003) demonstrou a associação de *Peridinium* spp. no perifiton a condições de empobrecimento artificial em um reservatório eutrófico. Esses dados também corroboram com os encontrados em Cachoeira Dourada.

A Classe Xanthophyceae esteve representada por dois táxons, *Tetraplektron* spp., no período chuvoso e *Ishmochloron lobulatum* na primavera (nov/07), ambas as espécies apresentaram baixas densidades, comparadas aos resultados obtidos para os outros grupos fitoplanctônicos neste reservatório. Na planície de Inundação do alto rio Paraná, (BOVO-SCOMPARIN et al., 2005), observou que, em geral, as Xanthophyceae ocorreram em ambientes com alta diversidade algal, sendo que, em ocasiões de dominância das cianobactérias, foram observados os menores valores de abundância de Xanthophyceae.

A dominância de xantofíceas planctônicas é aparentemente rara, tendo sido registrada, no entanto, a dominância de *Tribonema* no lago Lugano, situado entre a Suíça e a Itália, em condições de mistura da coluna d'água, alta disponibilidade de nutrientes e baixas temperaturas (SIMONA, 2003 citado por BOVO-SCOMPARIN et al., 2005). As Xanthophyceae têm sido favorecidas em alguns ambientes do alto rio Paraná por apresentarem baixa profundidade e alta turbidez, uma vez que a maioria das cianobactérias dominantes nessa planície tolera condições de baixa intensidade luminosa (TRAIN e RODRIGUES, 2004; SCHEFFER et al., 1997 e BOVO-SCOMPARIN et al., 2005).

A Classe Zygnematophyceae apresentou 22,9% da riqueza de espécies encontradas no plâncton do reservatório, no entanto, apresentou baixas densidades. Estas algas constituem um grupo representativo do perifiton, sendo encontradas principalmente em ambientes de águas ácidas, pobres em nutrientes, com baixa condutividade elétrica e elevada transparência (FELISBERTO e RODRIGUES, 2005a). Representantes da Classe Zygnematophyceae, as desmídeas, são raramente planctônicas e coloniza o substrato pelo

menos para reprodução (COESEL, 1996), essa característica do grupo explica a falta de espécies abundantes no plâncton.

No reservatório de Cachoeira Dourada foi observada uma correlação positiva entre a densidade de Zygnematophyceae (*Scenedesmus* sp.) e a transparência da água. Esta mesma relação corrobora com os resultados obtidos por Felisberto e Rodrigues (2005 a); Martins (2006); Cavati e Fernandes (2008).

A Classe Chrysophyceae representada pela espécie *Dinobryon* spp., ocorreu no período chuvoso, favorecida pela aumento da concentração de matéria orgânica alóctone. De acordo com Reynolds et al., (2002), a espécie faz parte do grupo funcional E, usualmente comum em lagos pequeno, oligotrófico ou heterótrofo, toleram baixas concentrações de nutrientes devido à capacidade de nutrição mixotrófica. Essas características corroboram com os dados evidenciados em Cachoeira Dourada.

Após análise conjunta das espécies abundantes, foi possível evidenciar o processo de sucessão ocorrido entre os períodos de coleta. Ao que tudo indica características morfológicas, físicas e nutricionais foram determinantes no processo de seleção.

Assim, os fitoflagelados (*Cryptomonas* sp e *Trachelomonas volvocina*) foram abundantes no verão (chuvoso), juntamente com cianobacterias coloniais da ordem Chroococcales (*Aphanothece* sp.), alternando para células livres de *Microcystis* sp., *Anabaena* spp., e *Microcystis* sp., co-existindo com pequenas algas verdes coloniais e flageladas na estiagem (*Coelastrum reticulatum* e *Chlamydomonas* sp.), já primavera, houve abundância de cianobacterias coloniais (*Aphanocapsa* sp e *Aphanothece* sp.) e algas verdes coloniais da ordem Chlorococcales (*Coelastrum reticulatum*), co-existindo com espécies com *Cyclotella* spp., *Cryptomonas* sp., e *Chroococcus minimus*.

Com tudo, é importante relatar, que o fitoplâncton apresentou dois picos de densidade, na primavera (nov) e na estiagem (maio). O incremento de espécie na primavera esteve associado às primeiras chuvas, responsável pelo leve incremento de compostos fosforados na água, a chuva facilitou o processo de remoção do fundo do reservatório trazendo as superfícies nutrientes essenciais ao desenvolvimento do fitoplâncton. Outro fator importante é a disponibilidade de luz, que se manteve alta na estiagem e na primavera. A ocorrência de cianobactérias fixadoras de nitrogênio na estiagem esteve associada à capacidade que essas espécies apresentam de estocar fósforo, e tolerar ambientes pobre em compostos de fósforo.

De acordo com a análise dos grupos funcionais, a comunidade fitoplanctônica, esteve representada por espécies típicas de ambientes turbulentos e enriquecida, os quais apresentaram características marcantes quanto à variabilidade temporal, fato que refletiu na densidade de cada grupo nos diferentes períodos. A hidrodinâmica do sistema parece funcionar como um contínuo renovador das condições de hábitat, não permitindo o amadurecimento da comunidade para atingir o conseqüente estado de equilíbrio no sentido de Sommer et al., (1993), tal fato explica a falta de dominância e a baixa densidade registrada no reservatório de Cachoeira Dourada das espécies fitoplanctônicas.

Outro fato importante é o predomínio de espécies C-estrategistas que compõem o nanoplâncton, abundantes em todo período estudado. Apesar do fraco padrão espacial (entre os pontos), a hidrodinâmica e a variação sazonal foram importantes na constituição da composição da comunidade fitoplanctônica. Apesar do predomínio de cianobactérias, o reservatório apresentou características de ambiente oligotrófico, o que pode ser analisado, com certa tendência a eutrofização. Vale ressaltar que não houve registro de florações e as densidades analisadas estiveram dentro do limite estipulado pela CONAMA.

Recomenda-se neste caso estudos de curta duração, por período de tempo mais abrangente, bem como a realização destes em outros períodos do ciclo hidrológico, para melhorar o entendimento da dinâmica temporal do fitoplâncton em escala diária, e especial. Reservatórios caracterizados como fio d'água, como é o caso de Cachoeira Dourada, nos quais a escassez de nutrientes, alta vazão e conseqüente curto tempo de residência da água limitam o desenvolvimento do fitoplâncton deve ser analisado com certa cautela, exigindo um maior banco de dados para que respostas mais precisa sejam evidenciada.



## 6 CONCLUSÕES

1. As variáveis físicas e químicas do reservatório durante todo o período de estudo permitiu avaliá-lo como oligotrófico, reforçando a eficiência dessas análises para classificar o grau trófico do reservatório.
2. O índice de saprobidade proposto por Harmn (1969), aplicado para a concentração de íon amônia se mostrou eficiente para classificação do grau trófico. O mesmo índice utilizando o déficit de saturação de oxigênio dissolvido classificou os meses e pontos de coletas de maneira diferente, o que nos permite utilizá-lo apenas como uma ferramenta complementar no processo de avaliação do sistema.
3. A tipologia proposta por Salas e Martino (2001) e o Índice de estado trófico (IET) de Carlson (1977), modificado por Toledo Jr. et al., (1983) ambos utilizando o elemento fósforo, mostraram ser um ferramenta eficiente na classificação do estado trófico do reservatório.
4. O Índice de Comunidades Aquáticas utilizando o IET, proposto pela CETESB (1998) e modificado por Carvalho (2003) não apresentou uma categoria que abrangesse a real situação do reservatório, desta forma não foi considerado uma ferramenta eficiente para classificação do estado trófico desse corpo d'água.
5. O conhecimento da diversidade, equitabilidade, riqueza e densidade da comunidade fitoplanctônica se mostrou um instrumento de grande valia para a caracterização do estado trófico do reservatório, confirmando a classificação obtida pelas variáveis físicas e químicas.
6. A comunidade fitoplanctônica foi dominada por cianobactérias (como esperado) em todos os períodos de coleta. As cianobactérias apresentaram maior expressividade em termos de riqueza e maiores densidade em relação às demais classes fitoplanctônicas. As espécies potencialmente tóxicas estiveram representadas por *Anabaena* spp. e *Microcystis* spp., com maior ocorrência na estiação entretanto com baixas densidades.

7. O agrupamento proposto por Reynolds et al., (2002) permitiu avaliar o reservatório com certo grau de tendência às mudanças tróficas evidenciadas pela abundância de espécies associadas a ambientes turbulentos e/ou enriquecidos. A presença de cianobactérias, clorófitas da ordem Chlorococcales e fitoflagelados no reservatório como espécies abundantes confirmam a classificação das espécies fitoplanctônicas proposta por Reynolds et al (2002). Conclui-se que esta comunidade pode ser uma ferramenta importantíssima em programas de monitoramento.
  
8. O Índice proposto por Nygaard (1949) não foi eficiente na avaliação do grau trófico do reservatório, por negligenciar a densidade das espécies. Conclui-se que a densidade da comunidade fitoplanctônica precisa ser levada em consideração para confirmação do grau trófico do sistema, caso contrário, pode ocorrer em falso resultado.
  
9. O grupo dos fitoflagelados, principalmente das Classes Euglenophyceae e Cryptophyceae mostrou ser um bom indicador de ambientes com baixa transparência, o que no presente estudo foi confirmado pelo aumento na densidade de táxons destes grupos em dezembro (verão/chuvoso).
  
10. Ficou evidenciado que as principais interferências na qualidade da água do reservatório dependem de fatores climáticos, da operação e, das atividades antrópicas nas áreas adjacentes e na bacia hidrográfica, refletindo de modo dinâmico na composição e estrutura comunidade fitoplanctônica nos diferentes períodos estudados.

## **7 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Reservatórios que operam em fio de água e com curto tempo de residência devem ser avaliados com cautela, com estudos de curta duração e por períodos de tempos mais abrangentes. Neste estudo o reservatório foi classificado como oligotrófico, baseado na análise da comunidade fitoplanctônica e variáveis físicas e químicas, mas, deixamos uma ressalva que estudos de longo prazo devem ser realizados para confirmar os dados aqui apresentados.

## 8 REFERÊNCIAS

- ARAUZO, M. and COBELAS, MA. 1994. Phytoplankton strategies and time scales in a eutrophic reservoir. *Hydrobiologia*, vol. 291, no. 1, p. 1-9.
- ARAUJO, MRR., COSTA, IAS and CHELLAPPA, NT.2000. Comunidade fitoplanctônica e variáveis ambientais na Lagoa Extremoz, Natal – RN – Brasil. *Acta Limnol.Bras.*, 12: 127-140.
- ARCIFA, MS., CARVALHO, MAJ., FROEHLICH, CG., SCHIMIZU, GY., GIANESELAGALVÃO, SMF. and CASTRO, RMC.,1981. Limnology of ten reservoirs in Southern Brazil, *Verh.Internat. Verein. Limnol.* n.21, p.1048-1053.
- ALVES-DA-SILVA, SM. and BRIDI, FC., 2004. Euglenophyta in the Jacui Delta State Park, Rio Grande do Sul State, Southern Brazil. 3. The genus *Strombomonas* Defl. *Acta Botanica Brasiliense*, v. 18, n. 3, p. 555-572.
- ALVAREZ-COBELAS, M., REYNOLDS, C.S., SANCHEZ-CASTILLO, P. and KRISTIANSEN, J., 1998. *Phytoplankton and trophic gradients*. Dordrecht, Kluwer Acad. Publ. 372p. (Developments in Hydrobiology 129)
- ANAGNOSTIDIS, K. and KOMAREK, J., 1988. Modern approach to the classification system of cyanophytes: Oscillatoriales. *Arch. Hydrobiol. Suppl.*, v. 80, p. 327 – 472.
- ANDERSEN, T., 1997. *Pelagic nutrient cycles: herbivores as sources and sinks*. Berlin; Heidelberg; New York: Springer Verlag. 280p.
- AZEVEDO, SMFO., EVANS,W., CARMICHAEL, WW and NAMIKOSHI, W., 1994. First report of microcystins from a Brazilian isolate of the cyanobacterium *Microcystis aeruginosa*. *J. appl. Phycol.* 6:261-265.
- AZEVEDO, MTP and KOVÁCIK, L., 1996. *Rhabdogloea brasílica* sp .nov. (Chroococcales, Synechococcaceae): morphological and morphometric variability under cross-gradient. *Algological Studies* 83:83-92.

BARBOSA, FA., BICUDO, CEM. and HUSZAR, VLM., 1995 Phytoplankton studies in Brazil: community structure variation and diversity. In: Tundisi, J.G.; Bicudo, C.E.M. & Matsumura-Tundisi, T. (Ed.). *Limnology in Brazil*, Rio de Janeiro:ABS/SBL. p. 19-35.

BARBOSA, JEL. and WATANABE, T., 2000. O fitoplâncton como discriminador ambiental no diagnóstico das bacias hidrográficas envolvidas no projeto de transposição do rio São Francisco para o Nordeste Setentrional. *Anais do V Simpósio de Ecossistemas Brasileiros: conservação*, Peul. ACIESP, v. 109, n.11, p. 449-456.

BARCELOS, EM., 2003. *Avaliação do perifíton como sensor da oligotrofização experimental em reservatório eutrófico (Lago das Garças, São Paulo)*. Dissertação de mestrado. Rio Claro: Universidade Estadual Paulista. 118 p.

BARNESE, LE. and SCHELSKE, CL., 1994. Effects of nitrogen, phosphorus and carbon enrichment on planktonic and periphytic algae in a softwater, oligotrophic lake in Florida, U.S.A. *Hydrobiologia*. 289: 199-214.

BEYRUTH, Z. 1996. *Comunidade fitoplanctônica da Represa de Represa de Guarapiranga: 1991-1992. Aspectos Ecológicos, Sanitários e Subsídios para Reabilitação da Qualidade Ambiental*. São Paulo. Tese de Doutorado. Dep. Saúde Ambiental. Faculdade de Saúde Pública, USP, 191 p.

BEYRUTH, Z., 2000. Periodic disturbances, trophic gradient and phytoplankton characteristics related to cyanobacterial growth in Guarapiranga Reservoir, São Paulo State, Brazil. *Hydrobiologia*, vol. 424, no. 1-3, p. 51-65.

BICUDO, CEM., MENEZES, M., 2006. *Gêneros de algas de águas continentais do Brasil: chave para identificação e descrições*. 2. ed. São Carlos: Rima.

BIGGS, B.J.F., 1996. Patterns in benthic algal of streams. In: STEVENSON, R.J.; BOTHWELL, M.L.; LOWE, R.L. (Ed.). *Algal ecology: freshwater benthic ecosystems*. San Diego: Academic Press. cap. 2, p. 31-56.

BINI, LM.; OLIVEIRA, LG., SOUZA, DC., CARVALHO, P and PINTO, MP., 2005. Patterns of the aquatic macrophyte cover in Cachoeira Dourada reservoir (GO-MG). *Braz. J. Biol.*, 65(1): 19-24.

BLOMQUIST, P., PETTERSSON, A., and HYENSTRAND, P., 1994. Ammonium nitrogen: A key regulatory factor causing dominance of non-nitrogenfixing cyanobacteria in aquatic systems. *Arch Hydrobiol* 132: 141-164.

BORGES, PAF., TRAIN, S and RODRIGUES, L., 2008. Spatial and temporal variation of phytoplankton in two subtropical Brazilian reservoirs. *Hydrobiologia*, vol. 607, p. 63-74. 2008.

BORGES, PAF., 2006. *Estrutura e dinâmica do fitoplâncton nos reservatórios de Segredo e Parigot de Souza (estado do Paraná, Brasil)*. 45 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais) – Departamento de Biologia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Paraná.

BOURRELLY, P., 1968. *Les algues d'eau douce, initiation à la systématique*: Tome II: Les algues jaunes et brunes. Paris: N. Boubée & Cie.

BOURRELLY, P., 1970. *Les algues d'eau douce, initiation à la systématique*. Tome III: Les algues bleues et rouges. Les eugléniens, peridiniens et cryptomonadiens. Paris: N. Boubée & Cie.

BOURRELLY, P., 1972. *Les algues d'eau douce - initiation à la systématique - les algues vertes*. v.1. Paris: N. Boubée.

BOUVY, M. et al., 2000. Occurrence of *Cylindrospermopsis* (Cyanobacteria) in 39 Brazilian tropical reservoirs during the 1998 drought. *Aquat. Microbi. Ecol., Oldendorf*, v. 23, p. 13-27.

BOUVY, M., NASCIMENTO, SM., MOLICA, RJR., FERREIRA, A., HUSZAR, VL. and AZEVEDO, SMFO., 2003. Limnological features in Tapacurá reservoir (northeast Brazil) during a severe drought. *Hydrobiologia*, vol. 493, no. 1, p. 115-130.

BOZELLI, RL. and HUSZAR, VLM.,2003. Comunidade Fito e Zooplancônica Continentais em tempo de avaliação. *Limnotemas* (SBL) – Publicação da Sociedade Brasileira de Limnologia. Porto Alegre, Rio Grande do Sul. 32 p.

BRANCO, CWCA.,1991. *Comunidade Planctônica e a Qualidade da Água no Lago Paranoá*, Brasília, DF, Brasil, 1991. Tese de Mestrado. Dep. Ecologia da Universidade de Brasília, 279 p.

BRANCO, CWC., ROCHA, MIA., PINTO, GFS., GÔMARA, GA. and DE FILIPPO, R., 2002. Limnological features of Funil Reservoir (R.J., Brazil) and indicator properties of rotifers and cladocerans of the zooplankton community. *Lakes & Reservoirs: Research and Management*, 7:87-92.

BRANCO, CWC., 1986. *Hidrobiologia aplicada à Engenharia Sanitária*. 3ª Ed. CETES/ASCETESB.

BRANDÃO LH & DOMINGOS P., 2006. Fatores ambientais para a floração de cianobactérias tóxicas. *Saúde e ambiente em revista*, Volume 1, Número 2, Unigranrio, 40-50.

BROCK, TD., 1973. Lower pH limit for the existence of blue-green algae: evolutionary and ecological implications. *Science*, 197: 480-483.

BRASIL., 2001 (b). Ministério da Saúde. Fundação Nacional da Saúde. *Portaria nº 1469 de 29 de dezembro de 2000*: aprova o controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília.32 p.

BRASIL., 2004. Ministério da Saúde. Fundação Nacional da Saúde. *Portaria nº 518 de 25 de março de 2004*: estabelece os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília, 2005(a).

CABRAL, JBP., BECEGATO, VA. and SCOPEL, I., 2005. Uso de técnicas de geoprocessamento para mapear o potencial natural de erosão da chuva na bacia hidrográfica do reservatório de Cachoeira Dourada – GO/MG. *Revista RA'E GA*, Curitiba, n.10, p.107-116. Editora UFPR.

CABRAL, JBP., FERNANDES, LA., BECEGATO, VA and SILVA. SAS., 2009. Concentração de sedimentos em suspensão: Reservatório de Cachoeira Dourada – GO/MG, Brasil. *Mercator - Revista de Geografia da UFC*, ano 08, número 16, 2009.

CALIJURI, MC and SANTOS, ACA., 1996. Short term changes in the Barra Bonita reservoir (São Paulo, Brazil): emphasis on the phytoplankton communities. *Hydrobiol.* n.330 , v. 3, p.163-175.

CALIJURI MC., DOS SANTOS, ACA and JATI, S., 2002. Temporal changes in the phytoplankton community structure in a tropical and eutrophic reservoir (Barra Bonita, SP - Brasil) *J. Plankton Res.*, Oxford, v. 24 n.7, p. 617-634.

CARLSON, REA., 1977. Trophic State Index for lakes. *Limnology and Oceanography*, v. 2, no. 4. p. 361-369.

CARVALHO, MC., 2003. *Comunidade fitoplanctônica como instrumento de Biomonitoramento de reservatório no estado de São Paulo*. Tese (Doutorado em Saúde Pública) - Departamento de Saúde Ambiental, Faculdade de São Paulo. São Paulo. 130 p.

CARDOSO, LS and MOTTA MARQUES, DML., 2004. Da Seasonal composition of the phytoplankton community in Itapeva lake (north coast of Rio Grande do Sul – Brazil) in function of hydrodynamic aspects. *Acta Limnol. Bras.*, 16(4):401-416.

CAVATI, B and FERNANDES, VOF., 2008. Algas perifíticas em dois ambientes do baixo rio Doce (lagoa Juparanã e rio Pequeno – Linhares, Estado do Espírito Santo, Brasil): variação espacial e temporal. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, v. 30, n. 4, p. 439-448.

CETESB, 1999 b. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. *Fitoplâncton de água doce: Métodos qualitativo e quantitativo – Método de ensaio*. São Paulo, CETESB. Norma Técnica L 5. 303.

CETIN, A. K., SEN, B., 1998. Diatoms in the phytoplankton of Keban Reservoir and their seasonal variation. *Journal of Botany*, v. 22, p. 25-33.



CHELLAPPA, NT., 1990. Phytoplankton species composition, chlorophyll biomass and primary productivity of Jundiaí reservoir, Northeast, Brazil: before and after eutrophication. *Acta Hydrobiologia*, vol. 32, no. 1, p. 75-91.

CHELLAPPA, NT., BEZERRA, TA., COSTA., WTT. and MELO, SC., 1998. Physiological ecology of Cyanophycean population from impounded freshwater aquatic ecosystems (Barragem Gargalheiras) of Rio Grande do Norte State. In *Anais do IV Simpósio de Ecossistemas brasileiros*, Abril 2-7. São Paulo: FAPESP. p. 372-380.

CHELLAPPA, NT. and COSTA, MAM., 2003. Dominant and co-existing species of cyanobacteria from a eutrophicated reservoir of Rio Grande do Norte State. *Acta Oecol.*, vol. 24, no. 1, p. 3-10.

CHELLAPPA, NT., CÂMARA, FRA. and ROCHA, O., 2009. Phytoplankton community: indicator of water quality in the Armando Ribeiro Gonçalves Reservoir and Pataxó Channel, Rio Grande do Norte, *Braz. J. Biol.*, 69(2): 241-251.

COESEL, PFM., 1996. Biogeography of desmids. *Hydrobiologia*, Dordrecht, v. 336, [s/n], p. 41-53.

COSTA, IAS., AZEVEDO, SMFO., SENNA, PAC., BERNARDO, RR., COSTA, SM. and CHELLAPPA, NT., 2006. Occurrence of toxin-producing cyanobacteria blooms in a Brazilian semiarid reservoir. *Braz. J. Biol.* vol. 66, no. 1B, p. 211-219.

COSTE, M., BOSCA, C. and DAUTA, A., 1991. Use of algae for monitoring rivers in France. In WHITTON, BA., ROTT, E. and FRIEDRICH, G. (Eds.). *Use of algae for monitoring rivers*. Innsbruck: Institut fur Botanik; Universitat Innsbruck. p. 75 - 88.

CROMBERG, G. and KOMÁREK, J., 1994. Planktic Cyanoprokaryotes found in South Swedish lakes during the XII th International Synposium on Cyanophyte Research, 1992. *Algological Studies* 75: 323-352.

CROSSETTI, LO. and BICUDO, CEM., 2005. Structural and functional hytoplankton responses to nutrient impoverishment in mesocosms placed in a shallow eutrophic reservoir (Garças Pond), São Paulo, Brazil. *Hydrobiologia*, vol. 541, p. 71-85.

CROSSETTI, L.O., BICUDO, D.C., BICUDO, C.E.M. and BINI, LM., 2008. Phytoplankton diversity changes in a shallow tropical reservoir during the hypereutrophication. *Braz. J. Biol.*, vol. 68, no. 4, p. 1061-1067.

CROSSETTI, LO. and BICUDO, CEM., 2008. Adaptations in phytoplankton life strategies to composed change in a shallow urban tropical eutrophic reservoir, Garças Reservoir, over 8 years. *Hydrobiologia*, 614: 91-105.

DAJOZ, R., 1973. *Ecologia geral*. Editora Vozes Ltda/EDUSP. 472p.

DEBERDT, GLB., 2004. *Estudo de cianobactérias em reservatório com elevado grau de trofia*. (reservatório de Salto Grande - Americana - SP). Sao Paulo, p. 166. Tese (Doutorado em Engenharia Hidraulica e Saneamento). EESC/USP, Universidade de Sao Paulo.

DELLAMANO-OLIVEIRA, MJ., RODRIGUES, NR., GOUVEA, SP., 2005. Cianofíceas do Reservatório de Barra Bonita (SP) e várias físicas e químicas. *Anais do X Congresso Brasileiro de Limnologia*. Ilhéus. Resumo.

DESIKACHARY, TV., 1959. *Cyanophyta*. University of Madras, Indian Council of Agricultural Research. New Delhi.

DICKMAN, M., 1995. *Algas e suas influências na Qualidade das Águas e nas Tecnologias de Tratamento*. Rio de Janeiro, ABES. 140 p.

DOKULIL, MT. and K. TEUBNER., 2000. Cyanobacterial dominance in lakes. *Hydrobiologia*. 438: 1-12.

EDLER, L., 1979. Recommendations for marine biological studies in the Baltic Sea; phytoplankton and chlorophyll. *UNESCO*, Working Group 11, Baltic Marine Biologists. 1979. 38p.

ESPÍNDOLA, ELG., MATSUMURA-TUNDISI, T., RIETZLER, AC. and TUNDISI, JG., 2000. Spatial and heterogeneity of the Tucuruí Reservoir (State of Pará, Amazonia, Brasil) and the distribution of zooplankton species. *Revta. Brasil. Biol.*, 60(2):179-194.

ESTEVEZ, FA., 1998 b. Fundamentos de limnologia. 2. ed. Rio de Janeiro: Ed. Interciência, 602 p.

FELISBERTO, SA., RODRIGUES, L., 2005a. Influência do gradiente longitudinal (rio-barragem) na similaridade das comunidades de desmídias perifíticas. *Rev. Bras. Bot.*, São Paulo. v. 28, n. 2, p. 241-254.

FERREIRA, LAB., SANTOS, EV., SOUZA, CL., LAMBERT, D., MENDES, EPP.; FERREIRA, M.I., 2010. As mudanças socioespaciais em três ranchos (GO): A construção do Lago Azul". Universidade Federal de Goiás, Catalão. 10p. [www.catalão.ufg.br](http://www.catalão.ufg.br), acesso novembro de 2010.

FERNANDES, VO; CAVATI, B.; OLIVEIRA, LB and SOUZA, BDAS., 2009. Ecologia de cianobactérias: Fatores promotores e consequências das florações. *oecol. bras.*13(2): 247-258.

FIGUEIREDO, DM., 2007. *Padrões limnológicos e do fitoplâncton nas fases de enchimento e de estabilização dos reservatórios do APM Manso e AHE Jauru (Estado de Mato Grosso)*. Tese (Dourado em Ecologia e Recursos Naturais) – Programa de Pós Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. ). 285 p

FONSECA, IA., 2004. *Comunidade perifítica, com ênfase para cianobactérias, em distintos ambientes da planície de inundação do alto rio Paraná*. 2004. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais)-Programa de Pós-graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais, Universidade Estadual de Maringá, Maringá.

FONSECA, BM and BICUDO, CEM., 2008. Phytoplankton seasonal variation in a shallow stratified eutrophic reservoir (Garças Pond) Brazil. *Hydrobiologia*, Dordrecht, v. 60, p. 267-282.

FONSECA, IA, SIQUEIRA, NS and RODRIGUESL., 2009. Algas perifíticas a montante e a jusante do local de instalação de tanques-rede em tributários do reservatório de Rosana, Estado do Paraná, Brasil. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*. Maringá, v. 31, n. 2, p. 135-141.

FONSECA, GAB., 2010. *Contribuição antrópica na poluição de reservatórios Hidrelétricos: o caso da Usina Hidrelétrica de São Simão - GO/MG*. Dissertação (Mestrado em Planejamento energético) – Programa de Pós Graduação em Planejamento Energético. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 129 p.

GEMELGO, MCP, SANT'ANNA, CL., TUCCI, A. and BARBOSA, HR. Population dynamics of *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenayya & Subba Raju, a Cyanobacteria toxic species, in water supply reservoirs in São Paulo, Brazil. *Hoehnea* 35(2): 297-307, 2 tab., 7 fig., 2008

GEMELGO, MCP., MUCCI, JLN.; NAVAS-PEREIRA, D., 2009. Population dynamics: seasonal variation of phytoplankton functional groups in Brazilian reservoirs (Billings and Guarapiranga, São Paulo). *Braz. J. Biol.*, 69(4): 1001-1013.

GENTIL, RC.; TUCCI, A. and SANT'ANNA, CL., 2008. Dinâmica da comunidade fitoplanctônica e aspectos sanitários de um lago urbano eutrófico em São Paulo, SP. *Hoehnea* 35(2): 265-280, 4 tab., 13 fig.

GIRALDEZ-RUIZ, N., BONILLA, I. and FERNANDEZ-PINÁS, F., 1999. Role of external calcium in homeostasis of intracellular pH in the cyanobacterium *Anabaena* sp. Strain PCC7120 exposed to low pH. *New Phytologist*, 141: 225-230.

GOLDMAN, CR. and HORNE, AJ., 1983. *Limnology*. London: McGraw-Hill. 464 p.

GRIME, J. P., 1979. *Estrategias de adaptación de las plantas y procesos que controlan la Vegetación*. Mexico, D.F.: Noriega. p. 79-87.

HAMM, A., 1969. Die Ermittlung der gewässergüteklassen bei fließgewässern nach dem gewässergütesystem und gewässergütemogramm. Müncher Beiträge Abwasser Fisch. Flussbiol., 15:46-48.

HAPPEY-WOOD, VM., 1988. Ecology of freshwater planktonic green algae. In: SANDGREEN, C. D. (Ed.). *Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton*. New York: Cambridge University Press.. p. 175-226.

HARRIS, GP., 1986. *Phytoplankton ecology; structure, function and fluctuation*. London, Chapman e Hall. 384p.

HEIP, CRH., GOOSEN, NK., HERMAN, PMJ., KROMKAMP, J., MIDDELBURG, JJ. and SOETAERT, K., 1995. Production and consumption of biological particles in temperate tidal estuaries. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review* 33: 1-150.

HENRY, R., 1999. *Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais*, FUNDIBIO, FAPESP, Botucatu, 800p.

HUSZAR, VLM., SILVA, LHS. and ESTEVES, FA., 1990. Estrutura das comunidades fitoplanctônicas de 18 lagoas da região do baixo Rio Doce, Linhares, Espírito Santo, Brasil, *Rev. Brasil. Biol.* n.50(3), p.585-598.

HUSZAR, VLM., 1994. Fitoplâncton de um lago Amazônico impactado por rejeito de bauxita (Lago Batata, Pará, Brasil): estrutura da comunidade, flutuações espaciais e temporais. São Carlos, UFSCar, 219p (Tese).

HUSZAR, VLM., SILVA, LHS., DOMINGOS, P., MARINHO, M and MELO, S., 1998. Phytoplankton species composition is more sensitive than OECD criteria to the trophic status of three Brazilian tropical lakes. *Hydrobiologia*. v. 369-370, p. 59-71.

HUSZAR, V.L. and CARACO, N.F. 1998., The relationship between phytoplankton composition and physical-chemical variables: a comparison of taxonomic and morphological-functional descriptors in six temperate lakes. *Freshwater Biol.*, 40:679-696.

HUSZAR, VLM. And SILVA, LHS., 1999. Cinco décadas de estudos sobre a ecologia do fitoplâncton no Brasil. *Limnotemas*, 2:1-22.

HUSZAR, VLM., SILVA, LHS, MARINHO, MM, DOMINGOS, P. and SANT`ANNA CL., 2000. Cyanoprokaryote assemblages in eight productive tropical Brazilian waters. *Hydrobiologia* 424: 67-77.

HUSZAR, VLM., KRUK, C. and CARACO, N. 2003. Steady-state assemblages of phytoplankton in four temperate lakes (NE U.S.A.). *Hydrobiologia*, vol. 502, p. 97-109.

IGAM, 2010. *Instituto Mineiro de Gestão das Águas*. <http://www.igam.mg.gov.br/>. Acessado em abril de 2010.

JAGER, HI., CHANDER, J.A., LEPLA, KB. and WINKLE, WV. 2001. A theoretical study of river fragmentation by dams and its effects on white sturgeon populations. *Environmental Biology of fishes*, 60: 347-361, 2001.

JÖHNK, KD., HUISMAN, J., SHARPLES, J., SOMMEIJER, B., VISSER, PM. and STROOM, J.M., 2008. Summer heatwaves promote florações of harmful cyanobacteria. *Global Change Biology*, 14: 495-512.

KENNEDY, RH., 1999. Reservoir design and operation: Limnological implications and management opportunities. In: TUNDISI, J. G. e STRASKRABA, M. (eds). *Theoretical reservoir ecology and its applications*. Backhuiss Pub/ Brazilian Academy of Sciences, São Paulo, p. 1-28.

KIMMEL, BL., LIND, OT. and PAULSON, LJ., 1990. Reservoir primary production. In: THORNTON, K.W.; Kimmel B. L.; Payne, F. E. (Ed.). *Reservoir limnology: ecological perspectives*. Interscience Publication, New York: John Wiley & Sons. cap. 6, p. 133-194.

KOMÁREK, J., 1974. The morphology and taxonomy of crucigenioid algae (Scenedesmaceae, Chlorococcales). *Arch. Protistent*, v. 116, p. 1-75.

KOMÁREK, J. and FOTT, B., 1983. Chlorophyceae (Grünalgen). Chlorococcales. In: Huber-Pestalozzi, G. (ed.). *Das Phytoplankton des Süßwassers, Systematik und Biologie* 7(1). Stuttgart, E. schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. 1044p.

KOMÁREK, J. and ANAGNOSTIDIS, K., 1986. Modern approach to the classification system of cyanophyte, 2: Chroococcales. *Algological Studies*, v. 43, p. 157-226.

KOMÁREK, J. and ANAGNOSTIDIS, K., 1989. Modern approach to the classification system of cyanophytes 4 – Nostocales. *Arch. Hydrobiol., Suppl. 83, Algological Studies*, 56: 292-302.

KOMÁREK, J. and ANAGNOSTIDIS, K., 1989. Modern approach to the classification system of Cyanophytes 4: Nostocales. *Algological Studies*, vol. 56, p. 247-345.

KOMÁREK, J. and KLING, H., 1991. Variation in six planktonic cyanophyte genera in Lake Victoria (East Africa). *Archives of Hydrobiology / Algological Studies* 61: 21-45.

KOMÁREK, J. and ANAGNOSTIDES, K., 1999. Cyanoprokaryota, I – Teil: Chroococcales. In: Ettl., H.; Gartner, G.; Heynig, H & Midlenhauer, D. (Eds) *Süßwasserflora von Mitteleuropa* 19: 1-545. Gustav Fischer, Stuttgart.

KOMÁREK, J., 2003. Problem of the taxonomic category “species” in cyanobacteria. *Algol Stud* 109: 281-297.

KOMÁRKOVÁ-LEGNEROVÁ, J. and ELERANTA, P., 1992. Planktic blue-green algae (cyanophyta) from Central Finland (Jyväskylä region) with special reference to the genus *Anabaena*. *Algological Studies*, 67: 103-133.

KOROLOEFF, F., 1976. Determination of nutrients. In: GRASHOFF, K. (ed) – *Methods of seawater analysis*. Verlag Chemie Weinheim. p. 117-181.

KRAMMER, K. and LANCE-BERTALOT, H., 1986. *Bacillariophyceae, I. Naviculaceae*: In. Ettl, H., Gerloff, J.; Heyning, H. & Mollenhauer, D. (eds) SüBwasserflora von Mitteleuropa. Stuttgart, Gustav Fischer. Verlag. Vol. 2 (1), 876 p.

KRAMMER, K. and LANCE-BERTALOT, H., 1991. *Bacillariophyceae: Acanthaceae, Kritisch Ergänzungen Zu Navicula ( Lineolatae) und Gomphonema. Gesamtliteraturverzeichnis*. In. Ettl, H.; Gerloff, J.; Heyning, H. & Mollenhauer, D. (eds) SüBwasserflora von Mitteleuropa. Stuttgart, Gustav Fischer, Vol. 2 (4), 437p.

KRUK, C., MAZZEO, N., LACEROT, G. and REYNOLDS, CS. 2002. Classification schemes for phytoplankton: a local validation of a functional approach to the analysis of species temporal replacement. *Journal of Plankton Research*, vol. 24, no. 9. p. 901-912.

LAMPARELI, M.C., 2004. *Graus de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: Avaliação dos métodos de monitoramento*. Tese (Doutorado em Ciências na área de Ecossistemas Terrestres e Aquáticos). Departamento de Ecologia, Universidade de São Paulo, São Paulo. 238 p.

LEGENDRE, L. and LEGENDRE, P., 1983. *Numerical Ecology*. Amsterdam, Elsevier. 419 p.

LOBO, E., and LEIGHTON, G., 1986. Estructuras comunitarias de las fitocenosis planctónicas de los sistemas de desembocaduras de rios y esteros de la zona central de Chile. *Rev. Biol. Mar.*, Valparaíso, v. 22, no.1, p.1-29.

LOBO, E.A., CALLEGARO, V.L.M. & BENDER, E.P. 2002. Utilização de algas diatomáceas epilíticas como indicadores da qualidade da água em rios e arroios da região hidrográfica do Guaíba, RS, Brasil. Edunisc, Santa Cruz do Sul. 127p.

LOPES, MRM., BICUDO., CEM. and FERRAGUT, MC., 2005. Short term spatial and temporal variation of phytoplankton in a shallow tropical oligotrophic reservoir, southeast Brasil. *Hydrobiologia*, vol. 542, p. 235-247.



LÜRLING, M., 2003. The effect of substances from different zooplankton species and fish on the induction of defensivemorphology in the green alga *Scenedesmus obliquus*. *Journal of Plankton Research*, v. 25, n. 1, p. 979-989.

MACKERETH, FYH., HERON, JR, and TAILING, JF., 1978. *Water analysis: some revised methods for limnologists*. Amblesie: *Freshwater Biological Association:Scientific Publicatio*, vol.30, p. 36.

MARGALEF, R.,1981. *Ecologia*. Ed. Omega. Barcelona,

MARGALEF, R. 1983. *Limnologia*. Barcelona: Omega. 1010 p.

MAGURRAM, AE., 1988. *Ecological Diversity and its Measurement*. Cambridge. 179 pp. 1988.

MARQUES, AK., 2006. *Análise da diversidade fitoplanctônica no reservatório da Usina Hidroelétrica Luis Eduardo Magalhães, no médio Tocantins- TO: Estrutura da comunidade, flutuações temporais e espaciais*. Palmas. Dissertação Pós- Graduação em Ciências do Ambiente da Universidade Federal do Tocantins . 176 p.

MARINHO, MM. and HUSZAR,VLM., 2002. Nutrient availability and physical conditions as controlling factors of phytoplankton composition and biomass in a tropical reservoir (Southeastern Brazil), *Archiv fur Hydrobiologie*, 153(3):443-468.

MARINS, MDEA., 1976. *Distribuição "standing-stock" e aspectos ecológicos da alga *Melosira itálica* (EHR) Kutz em ambiente lacustre: Represa do Lobo*. Dissertação de Mestrado. IB, Universidade de São Paulo; 1972. 113 p.

MARTINS, FCO., 2006. *Respostas ecofisiológicas da comunidade perifítica (in situ) a diferentes condições ambientais no rio Santa Maria da Vitória, ES*. 2006. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) Programa de Pós-graduação em Biologia vegetal, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória.

MARTINS, FCO., FERNANDES, VO., 2007. Estrutura da comunidade de algas perifíticas em substrato natural da lagoa da Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil. *Neotrop. Biol. Conserv.*, São Leopoldo, v. 2, n. 1, p. 11-20.

MATSUZAKI, M., MUCCI, JLN. and ROCHA, AA. 2004. Phytoplankton community in a recreational fishing lake, Brazil. *Revista de Saúde Pública*, vol. 38, no. 5, p. 679-686.

MELO, S. and HUSZAR, VLM. 2000. Phytoplankton in an Amazonian flood-plain lake (Lago Batata, Brasil): diel variation and species strategies. *Journal of Plankton Research*, vol. 22, no. 1, p. 63-76.

MERICÇ ALBAY and REYHAN AKÇAALAN., 2003. Factors influencing the phytoplankton steady state assemblages in adinking-water reservoir (Ömerli reservoir, Istanbul). **Hydrobiologia** 502: 85–95.

MURPHY, J., RILEY, JP., 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters, *Anal.Chim. Acta, Amsterdam*, v. 27, p. 31-36.

NABOUT, JC., NOGUEIRA, IS., GONÇALVES, L., 2009. Estrutura de populações de fitoflagelados nas lagoas deinundação do rio Araguaia, Brasil. *Acta bot. bras.* 23(1): 67-72.

NASELLI-FLORES, 2003. Man-made lakes in Mediterranean semi-arid climate: The strange case of Dr Deep Lake and Mr Shallow Lake. *Hydrobiologia*. 506–509 (in press).

NASELLI-FLORES, L. and R. BARONE., 2003. Steady-state assemblages in a Mediterranean hypertrophic reservoir. The role of *Microcystis* ecomorphological variability in maintaining an apparent equilibrium. *Hydrobiologia* 502 (Dev. Hydrobiol. 172): 133–143.

NIXDORF, B., MISCHKE, U. and RÜCKER, J. 2003. Phytoplankton assemblages and steady state in deep and shallow eutrophic lakes - an approach to differentiate the habitat properties of Oscillatoriales. *Hydrobiologia*, vol. 502, p. 111-121.

NOGUEIRA, MG., 2000. Phytoplankton composition, dominance and abundance as indicators of environmental compartmentalization in Jurumirim Reservoir (Paranapanema River), São Paulo, Brazil. *Hydrobiologia*, Dordrecht, v. 431, p. 115-128.

NYGAARD, G., 1949. Hydrological studies in some ponds and lakes Part 2: The quotient hypothesis and some new or little known phytoplankton organisms. *Kgl. Danske-Vidensk. Selsk. Biol. Skrifter*, 7(1): 1-293.

OLIVEIRA, MD. and CALHEIROS, D., 2000. Flood pulse influence on phytoplankton communities of the south Pantanal, Brasil. *Hydrobiologia*, 427(1-3):101-112. (

PADISÁK, J. and REYNOLDS CS., 1998. Selection of phytoplankton associations in Lake Balaton, Hungary, in response to eutrophication and restoration measures, with special reference to the cyanoprokaryotes. *Hydrobiologia*. 384: 43-53.

PADISAK, J., 2000. Phytoplankton composition biodiversity and a pilot survey of toxic cyanoprokaryotas in a large cascading reservoir system (Tietê basin Brazil), *Ver. Internat. Verein Limnol.*, 27: 2734-2742.

PADISÁK, J., BORICS, G., FEHÉR, G., GRIGORSZKY, I., OLDAL, I., SCHNIDT, A. and ZÁMBÓNÉ-DOMA, Z. 2003. Dominant species, functional assemblages and frequency of equilibrium phases in late summer phytoplankton assemblages in Hungarian small shallow lakes. *Hydrobiologia*, vol. 502, p. 157-168.

PHILIPSE, MT., 1967: *Chlorococcales*. *Indian Council of Agricultural Research Monographs*, New Delhi. 365p.

PIELOU, EC., 1966. The measurements of diversity in different types of biological collection. *Jour. Theor. Biol.* v.13, p 131-144.

PIELOU, EC., 1975. *Ecological diversity*. Wiley & Sons Inc., New York.

PINTO-COELHO, RM., 2004. Aporte de fósforo e a presença de cianobactérias no reservatório de São Simão. Belo Horizonte, Depto. Biologia Geral (ICB). 2004. 230 P. *Relatório Final – 6. Convênio CEMIG/FUNDEP 4830-1.*

PIVATO, BM., TRAIN, S., RODRIGUES, L., 2006. Dinâmica nictemeral das assembléias fitoplanctônicas em um reservatório tropical (reservatório Corumbá, Estado de Goiás, Brasil), em dois períodos do ciclo hidrológico. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, v. 28, n. 1, p. 19-29.

PERET, AC., 2008. *Caracterização Biológica da Ictiofauna da Represa Cachoeira Dourada*” (Relatório Final). Departamento de Hidrobiologia. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. 42 p.

POLLINGHER, U. 1981. The structure and dynamics of the phytoplankton assemblages in lake Kinneret, Israel. *J. Plankton Res.*, 3:93-105.

PRYGIEL, J., 1991. Use of benthic diatoms in surveillance of the Artois-Picardie Basin hydrological quality. In WHITTON, BA., ROTT, E. and FRIEDRICH, G. (Eds.). *Use of algae for monitoring rivers*. Innsbruck: Institut fur Botanik; Universitat Innsbruck. p. 89-96.

PRESCOTT, G.W., 1962. *Algae of the Western Great Lakes Area*. Dubuque (Iowa): W.M.C. Brown Company Publ.

RAMIREZ, JJ., 1999. Limnologia de Represas de Altitude em Colômbia com ênfase em los embalses La Fé y El Penol , p. 7777-108. In: HENRY, R. *Ecologia de Reservatórios: Estrutura, função e Aspectos Sociais*. FAPESP-FUNDIBIBIO.

RAMIREZ, JJ and BICUDO, CEM., 2005. Diurnal and spatial (vertical) dynamics of nutrientes ( N, P, Si) in four sampling days ( summer, fall, winter and spring) in a shallow reservoir and their relationships with the phytoplankton community. *Brasilian Journal Biology*. v.65, n.1, p. 141-157.

REIS-PEREIRA, VL., 2002 (b) Caracterização limnológica dos sistemas aquáticos da área e influência do aproveitamento hidroelétrico de Ipueiras - AHE Ipueiras-TO. *Relatorio Tecnico*, Palmas.

REYNOLDS, CS., 1988. Functional morphology and the adaptative strategies of freshwater phytoplankton. In Sandgren, C. (ed), *Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton*. Cambridge University Press, New York: 388-433.

REYNOLDS, CS., PADISÁK, J. and SOMMER, U., 1993. Intermediate disturbance in the ecology of phytoplankton and the maintenance of species diversity: a synthesis. *Hydrobiologia*, 249:183-188.

REYNOLDS, CS., 1994. The long, the short and the stalled: on the attributes of phytoplankton selected by physical mixing in lakes and rivers. *Hydrobiologia*, Dordrecht, v. 289, p. 9-21.

REYNOLDS, CS., 1997. *Vegetation process in the pelagic: a model for ecosystem theory*. Oldendorf: Ecology Institute.

REYNOLDS, CS., HUSZAR, V., KRUK, C., NASELLI-FLORES, L. and MELO, S. 2002. Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. *Journal of Plankton Research*, vol. 24, no. 5, p. 417-428.

SALAS, HJ. and MARTINO, P. Metodologias simplificadas para evaluación de eutroficación em lagos cálidos tropicales. *Relatório CEPIS* 60 P. 2001.

SALOMONI, SE., 2004. *Diatomaceas epilíticas indicadoras da qualidade da água na Bacia do rio Gravati, Rio Grande do Sul*. 230 p. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) – Centro de Ciências Biológicas e de Saúde. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

SANDGREN, CD., 1988. *Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton*, Cambridge Univ. Press, Oxford, 442p.

SANT'ANNA, C.L. & AZEVEDO, M.T.P. 2000b. *Contribution to the knowledge of potentially toxic Cyanobacteria from Brazil. Nova Hedwigia*, 71:359-385.

SANT'ANNA, CL., GENTIL, RC., SILVA, D., 2006. *Comunidade fitoplanctônica de pesqueiros da região metropolitana de São Paulo*. Pesqueiros sob uma visão integrada de meio ambiente, saúde pública e manejo. (Organizado: Katharina Eichbaum Esteves e Célia Leite Sant'Anna). São Carlos: RiMa.240p.

SBL, 2003. *Sociedade Brasileira de Limnologia. Histórico da Limnologia no Brasil*. Disponível em: <<http://www.iph.ufrgs.br/sbl/textos/oqueehlimno.asp>> acesso em 25 jun. 2003.

SEMAD, 2005. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. *Relatório Técnico – rio Uberabinha – MG*. [www.meioambiente.gov.br](http://www.meioambiente.gov.br).

SCHEFFER, M., RINALDI, S., GRAGNANI, A., MUR, LR. and VAN NES, EH., 1997. On the dominance of filamentous Cyanobacteria in shallow, turbid lakes. *Ecology*, vol. 78, no. 1, p. 272-282.

SHANNON, CE.; WEAVER, W., 1963. *Mathematical theory of communication*. Urbana, Illinois: University Press.

SIEBURTH, J. McN., 1978. Bacterioplankton: Nature, biomass, activity, and relationships to the *Protist plankton*. *J. Phycol.* 14 (suppl.): 31.

SIMONA, M., 2003. Winter and spring mixing depths affect the trophic status and composition of phytoplankton in the northern meromictic basin of Lake Lugano. *J. Limnol.*, Stuttgart, v. 62, n. 2, p. 190-206.

SILVA, CA., TRAIN, S., RODRIGUES, LC., 2001. Estrutura e dinâmica da comunidade fitoplanctônica a jusante e montante do reservatório de Corumbá, Caldas Novas, Estado de Goiás, Brasil. *Acta Scientiarum*, v. 23, n. 2, p. 283-290.

SILVA, CA. TRAIN, S., RODRIGUES, L.C., 2005. Phytoplankton Assemblages in a Brazilian Subtropical Cascading Reservoir System. *Hydrobiologia*, Dordrecht, v. 537, p. 99-109.

SILVA, APS., DIAS, HCT., BASTOS, RKX., SILVA, E., 2009. Qualidade da água do reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti, Minas Gerais. *R. Árvore*, Viçosa-MG, v.33, n.6, p.1063-1069.

SOMMER, U., 1989. *Plankton Ecology: succession in plankton communities*. Berlin, Springer Verlag, 369p.

SOMMER, U., PADISÁK, J., REYNOLDS, CS. and JUHÁSZ-NAGY, P., 1993. Hutchinson's heritage: the diversity-disturbance relationship in phytoplankton. *Hydrobiologia*. 249: 1-7.

SOUZA, BDAS. and FERNANDES, VO., 2009. Estrutura e dinâmica da comunidade fitoplanctônica e sua relação com as variáveis ambientais na lagoa Mãe-Bá, Estado do Espírito Santo, Brasil. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*. Maringá, v. 31, n. 3, p. 245-253.

STRASKRABA, M.,1990. Shallow lakes and reservoirs. In *Wetlands and continental water bodies*. The Hague, Netherlands: SBP Academic Publishing, v. 1. p. 425-444.

STRASKRABA, M., TUNDISI, J.G. and DUNCAN, A., 1993. A State-of-the-art of reservoir limnology and water quality management. In: STRAŠKRABA. M. et al. (Ed). *Comparative reservoir limnology and water quality management*. Dordrecht: Kluwer Academic Press, cap. 13, p. 213-288.

STRASKRABA, M., TUNDISI, JG.,1999. Reservoir ecosystem functioning: theory and application, In: TUNDISI, J. G. e STRASKRABA, M. (eds). *Theoretical reservoir ecology and its applications*. Backhuiss Pub/ Brazilian Academy os Sciences, São Paulo, p. 565-597.

SUPRAM, 2010. Secretaria de estado de Meio-Ambiente e desenvolvimento sustentável – Superintendência de Minas Gerais. *Parecer da solicitação de Licença de operação para PCH Malagone, instalada no rio Uberabinha.* [www.meioambiente.mg.gov.br](http://www.meioambiente.mg.gov.br). Acessado em março de 2010.

TER BRAAK, C.J.F., 1986. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology* 67: 1167-1179.

TER BRAAK, C.J.F., 1987. *Unimodal models to relate species to environment.* Agricultural mathematics group, the Netherlands. 151p.

THORNTON, K.W., 1990. Sedimentary processes. In Thornton, K. W., B. L Kimmel & F. E.Paine (eds), *Reservoir limnology: Ecological Perspectives.* John Wiley e Sons, New York:133-194.

THORNTON, K.W. ,KIMMEL, BL. and PAYNE, F.E.,. 1990. *Reservoir limnology: ecological perspectives,* Wiley, New York, 1990.

TOLEDO Jr., AP., TALARICO, M., CHINEZ, SJ. and AGUDO, EG.,1983. A aplicação de modelos simplificados para a avaliação de processo de eutrofização em lagos e reservatórios tropicais. *XIX Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental.* Camboriú, SC. 57 p.

TRAIN, S. and RODRIGUES, L.C., 1998. Temporal fluctuations of the phytoplankton community of the Baía River, in the upper Paraná River floodplain, Mato Grosso do Sul, Brazil. *Hidrobiología*, 361:125-134

TRAIN, S. and RODRIGUES, LC., 2004. Phytoplankton assemblages. In Thomaz, S. M., A. A. Agostinho, N. S. Hahn (eds), *The Upper Paraná river floodplain: physical aspects, ecology and conservation.* Backhuys, Netherlands: 103-124.

TRAIN, S., JATI, S., RODRIGUES, LC. and PIVATO, BM., 2005. Distribuição espacial e temporal do fitoplâncton em três reservatórios da Bacia do Rio Paraná. In RODRIGUES, L.,



THOMAZ, SM., AGOSTINHO, AA. and GOMES, LC. *Biocenoses em reservatórios: padrões espaciais e temporais*. São Carlos: RIMA. p. 73-85.

TRAIN, S., RODRIGUES, LC., JATI, S., BORGES, PAF., BOVO, VM., MARENGONI, E., 2006. Fitoplâncton In: AGOSTINHO, A. A. (Coord.). *Avaliação preliminar da viabilidade econômica e ambiental de cultivo de inverno de tilápia nilótica em tanques-rede*. Maringá: Pronex/Nupelia/Universidade Estadual de Maringá. p. 107-110. (Relatório complementar).

TUCCI, A. 2002. *Sucessão da comunidade fitoplanctônica de um reservatório urbano e eutrófico, São Paulo, SP, Brasil*. Rio Claro: Universidade Estadual Paulista. 274p. Tese de Doutorado.

TUNDISI, JG., 1981. Typology of reservoirs in southern Brazil. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, vol. 21, p. 1031-1039.

TUNDISI, JG., 1984. “Estratificação hidráulica” em reservatórios e suas conseqüências ecológicas. *Ciência e Cultura*. 36 (9): 1489 – 1496.

TUNDISI, JG., 1990. Distribuição espacial, sequência temporal e ciclo sazonal do fitoplâncton em represas: fatores limitantes e controladores. *Rev. Bras. Biol.*, 50 (4): 937-955.

TUNDISI, JG., 1993. Represas do Paraná superior: limnologia e bases científicas para o gerenciamento. In: BOLTOVSKOY, A.; LÓPEZ, H.L., (Ed). *Conferências de limnologia/Conferences on Limnology. La Plata, Instituto de Limnologia “Dr. R.A. Ringuelet”*, p. 41-52.

TUNDISI, JG., 1996. Reservoir as complex systems. *Journal of the Brazilian fur the Advancement of Science* 48: 383-387.

TUNDISI, JG., 1999. Reservatórios como Sistemas Complexos: Teoria, Aplicações e Perspectivas para Usos Múltiplos, In. HENRY, R. *Ecologia de Reservatórios: Estrutura, Função e Aspectos Sociais*. FAPESP-FUNDIBIO.

TUNDISI, JGT., MATSUMURA-TUNDISI and O. ROCHA, 1999. Theoretical basis for reservoir management. In Tundisi, J. G. & M. Straskraba (eds), *Theoretical reservoir ecology*

*and its applications*. International Institute of Ecology, Brazilian Academy of Sciences and Backhuys Publishers, São Carlos: 505-528.

TUNDISI, JG., 1999. Reservatórios como sistemas complexos: teoria, aplicações e perspectivas para usos múltiplos. In: HENRY, R. (Ed). *Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais*. Botucatu: FUNDIBIO; São Paulo: FAPESP. cap1, p. 21-38.

TUNDISI, JG., MATSUMURA-TUNDISI, T., ROCHA, O., 2002. Ecossistemas de águas interiores. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, S. B.; TUNDISI, J. G. *Águas Doces do Brasil*. Capital ecológico, uso e conservação. São Paulo.

TUNDISI and TUNDISI., 2008. *Limnologia*. Editora Oficina de Textos. São Paulo, SP. 631 p

UEHLINGER, V., 1964. Étude statistique des methods de dénombrement planctonique. *Archives des Sciences*, v. 17, n. 2, p. 121-123.

UTHERMÖHL, H., 1958. Zur Vervollkomminung der quantitativen. Phytoplankton – Methodik. Mitteilungen Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte *Limnologie*, v. 9, p. 1-38.

WEBER, CI., 1971. *A guide to the common diatoms of water pollution surveillance system station*. Ohio: USEPA, Nat. Environ. Res. Center, 1971.

WETZEL, RG., LIKENS, GE., 1991. *Limnological analyses*. Berlin: Springer Verlag.

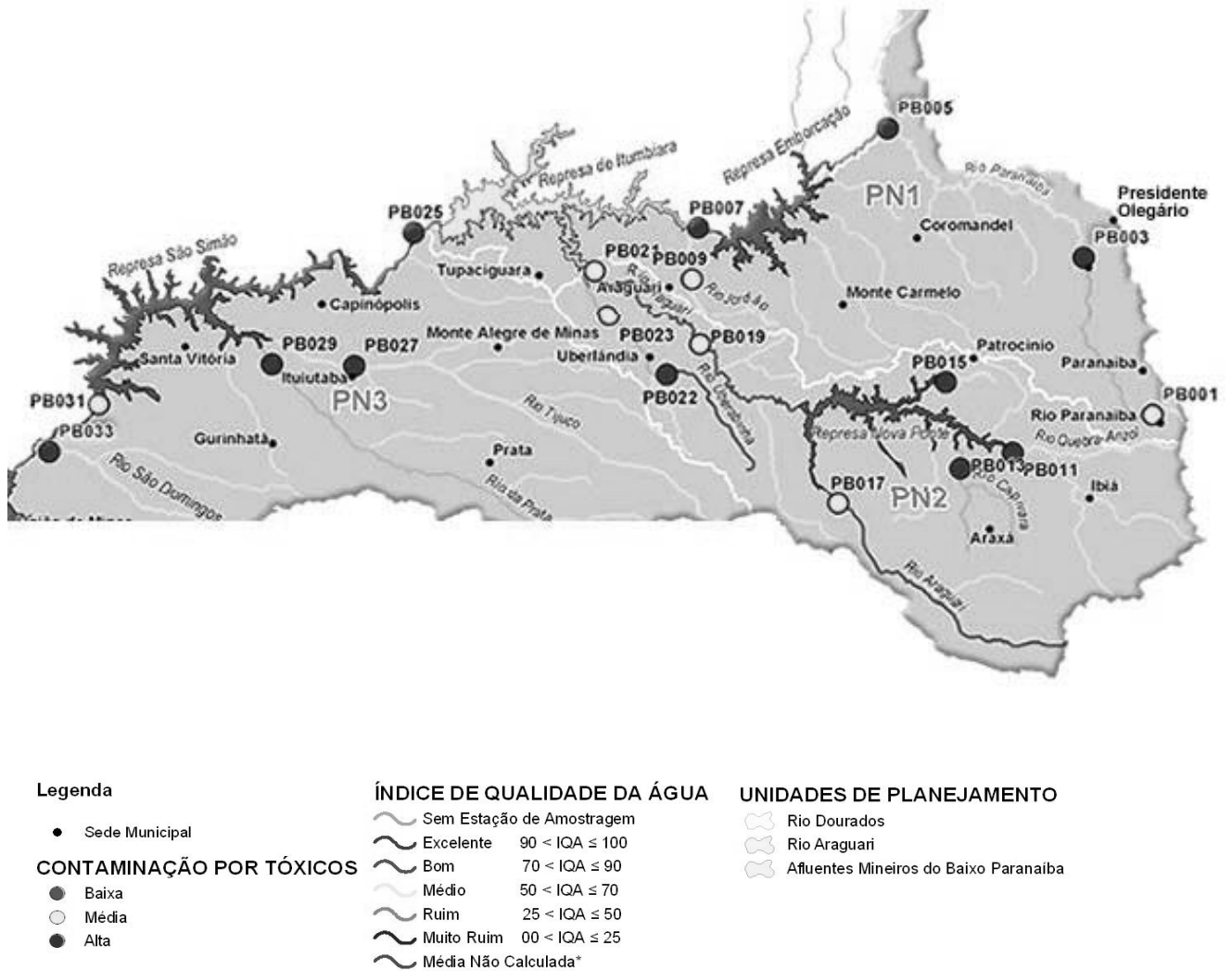
WETZEL, RG. and LIKENS GE., 2000. *Limnological analysis*. Springer-Verlag, New York.

WIKIPEDIA, 2009. <http://pt.wikipedia.org>. A encyclopedia livre. Acessado em novembro de 2009.

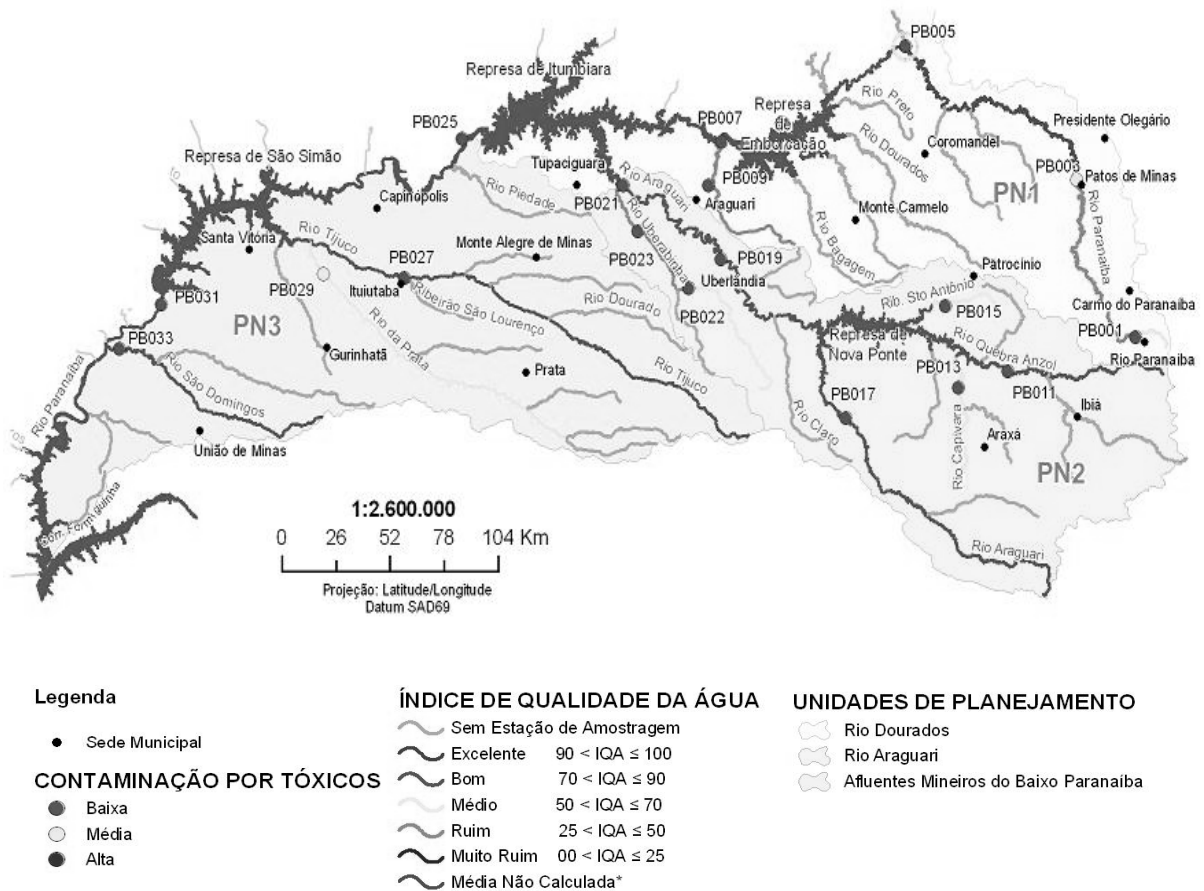
YUNES JS., SALOMON PS., MATTHIENSEN A., BEATTLE K.A., RAGGETT S.L. and CODD, GA., 1996. Toxic blooms of cyanobacteria in the Patos Lagoon Estuary, southern Brazil. *J. aquat. Ecos. Health* 5:223-229.

ZALEWSKI, M., LOTKOWSKA-WAGNER, I. and TARCZYNSKA, M., 2000. Ecohydrological approaches to the elimination of toxic algal blooms in a lowland reservoir. *Ver. Internat. Verein. Limnol.*, 27: 3176-3183.

Anexos A



**Figura 45.** Mapa temático ilustrando a qualidade de água dos reservatórios de São Simão, Cachoeira Dourada (Capinópolis), Itumbiara e Emborcação todos no Rio Paranaíba, Minas Gerais. O mapa traz ainda a qualidade de água dos principais tributários do lado mineiro do Rio Paranaíba (mapa obtido junto ao web site do IGAM e modificado por Pinto-Coelho 2004)



**Figura 46.** Mapa temático ilustrando a qualidade de água dos reservatórios de São Simão, Cachoeira Dourada (Capinópolis), Itumbiara e Emborcação todos no Rio Paranaíba, Minas Gerais mapa traz ainda a qualidade de água dos principais tributários do lado mineiro do Rio Paranaíba (mapa obtido junto ao web site do IGAM e modificado por Teixeira de Oliveira, 2010).

## Anexo B

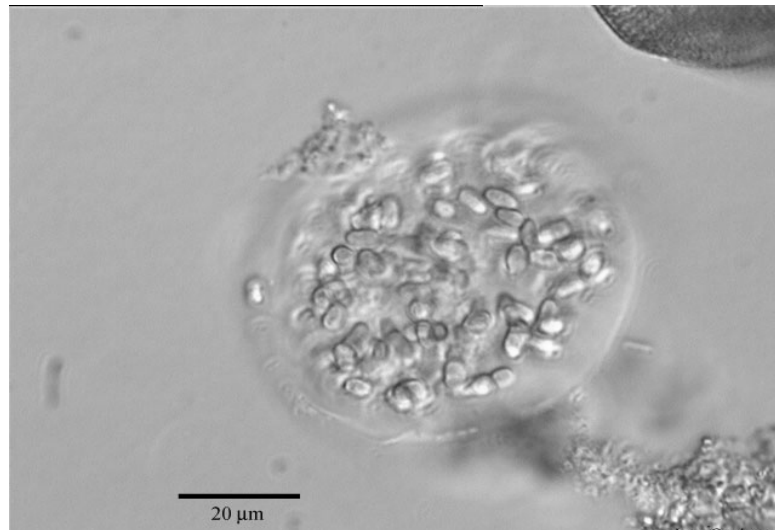
**Tabela 33.** Frequência de ocorrência das espécies amostradas no reservatório de Cachoeira Dourada nos meses de dezembro de 2006, maio de 2007 e novembro de 2007 em 15 pontos amostrais (Onde: C = constantes, \* = frequentes, + = comuns, R = raro, segundo os critérios estabelecidos por Lobo e Leighton, 1986).

Táxons	%	Clas	Táxons	%	Clas
<b>CYANOPHYCEAE</b>			<b>BACILLARIOPHYCEAE</b>		
<i>Anabaena</i> sp.	26,66	+	<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grunow) Simonsen	20	R
<i>Aphanocapsa</i> cf. <i>koordersii</i> Ström.	6,66	R	<i>Aulacoseira ambigua</i> var. <i>spiralis</i> (Muller) Simon	6,66	R
<i>Aphanocapsa</i> sp.	53,33	*	<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehr.) Simon.	80	C
<i>Aphanothece</i> sp.	80	C	<i>Cyclotella</i> sp.	33,33	+
Células livres de <i>Microcysis</i> sp.	66,66	*	<i>Cymatopleura</i> sp.	6,66	R
<i>Chroococcus</i> cf. <i>minutus</i> (Kützing) Nägeli	26,66	C	<i>Cymbella</i> sp.	60	*
<i>Chroococcus</i> cf. <i>minimus</i> (Keis.)Lemm.	53,33	*	<i>Diploneis</i> sp.	6,66	R
<i>Coelomoron</i> sp.	13,33	R	<i>Eunotia</i> sp.	33,33	+
<i>Geitlerinema unigranulatum</i> (Singh) Kom. & Azevedo	73,,33	*	<i>Fragilaria</i> sp.	20	R
<i>Gomphosphaeria</i> sp.	13,33	R	<i>Fragillaria</i> sp.1	53,33	*
<i>Limnothrix</i> sp.	20	R	<i>Fragillaria</i> sp.2	6,66	R
<i>Lyngbya</i> sp.	6.66	R	<i>Gomphonema</i> sp.	33,33	+
<i>Mastigocladus laminosus</i>	33,33	+	<i>Gyrosigma</i> sp.	13,33	R
<i>Merismopedia glauca</i> Kützing	6.66	R	<i>Navicula</i> sp.	80	C
<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kütz.) Kütz.	33,33	+	<i>Nitzschia</i> sp.	13,33	R
<i>Microcystis panniformis</i> Komárek	40	+	<i>Pinnularia</i> sp.	33,33	+
<i>Microcystis</i> sp.	13.33	R	<i>Surirella</i> sp.	53,33	*
<i>Oscillatoria</i> cf. <i>proboscídea</i> Gomont	33,33	+	<i>Tabellaria</i> sp.	6,66	R
<i>Oscillatoria</i> sp.	33,33	+	<b>EUGLENOPHYCEAE</b>		
<i>Phormidium</i> sp.1	20	R	<i>Euglena</i> sp.	13,33	R
<i>Phormidium</i> sp.2	26,66	+	<i>Trachelomonas</i> cf. <i>verrucosa</i> Stokes	6,66	R
<i>Phormidium</i> sp.3	6,66	R	<i>Trachelomonas</i> sp.	73,33	*
<i>Planktothrix</i> sp.	40	+	<i>Trachelomonas volvocina</i> Defl.	73,33	*
<i>Pseudanabaena mucicola</i> (Hüb.-Pest. & Naum.) Bour.	26,66	+	<b>CHRYSOPHYCEAE</b>		
<i>Pseudanabaena</i> sp.1	73,33	*	<i>Dinobryon bavaricum</i>	6,66	R
<i>Pseudanabaena</i> sp.2	40	+	<i>Dinobryon</i> sp.	13,33	R
<i>Pseudanabaena</i> sp.3	20	R	<i>Mallomonas</i> sp.	33,33	+
<i>Spirulina</i> sp.	13,33	R	<i>Synura uvella</i> Ehr.	20	R
<i>Westiella</i> sp.	6,66	R	<b>CRYPTOPHYCEAE</b>		
<i>Wolskyella</i> sp.	13,33	R	<i>Cryptomonas</i> sp.	20	R

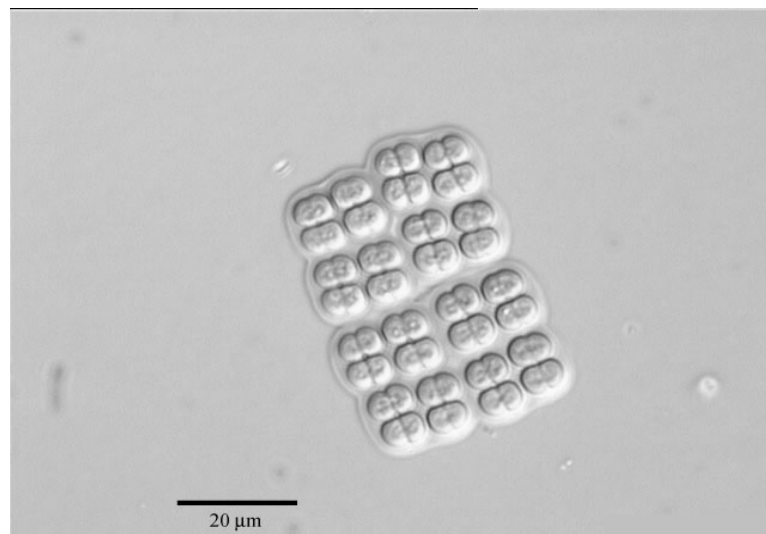
**Cont..Tabela 33.** Frequência de ocorrência das espécies amostradas no reservatório de Cachoeira Dourada nos meses de dezembro de 2006, maio de 2007 e novembro de 2007 em 15 pontos amostrais (Onde: C = constantes, \* = frequentes, + = comuns, R = raros , segundo os critérios estabelecidos por Lobo e Leighton, 1986).

Táxons	%	Clas	Táxons	%	Clas
<b>CHLOROPHYCEAE</b>			<b>ZYGNEMATOPHYCEAE</b>		
<i>Ankistrodesmus falcatus</i> (Corda) Ralfs	20	R	<i>Actinotaenium globosum</i> (Boldt)	6,66	R
<i>Ankistrodesmus</i> sp.	6,66	R	<i>Closterium</i> sp.	26,66	+
<i>Botryococcus</i> sp.	33,33	+	<i>Cosmarium</i> cf. <i>decussiferum</i> Croasdale	20	R
<i>Chlamydomonas</i> sp.	86,66	C	<i>Cosmarium</i> cf. <i>quadrum</i> Lundell	13,33	R
<i>Coelastrum microporum</i> Nägeli	13,33	R	<i>Cosmarium</i> sp.1	33,33	+
<i>Coelastrum reticulatum</i> (P.A.Dangeard) Senn	100	C	<i>Desmidium</i> cf. <i>cylindricum</i>	20	R
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i> H.C. Wood.	40	+	<i>Desmidium</i> sp.	20	+
<i>Dimorphococcus lunatus</i> Br.	6,66	R	<i>Hyaloteca dissiliens</i> (Smith) Brebisson	26,66	+
<i>Elakatothrix</i> cf. <i>gelatinosa</i> Wille	33,33	+	<i>Hyaloteca</i> sp.	20	R
<i>Eutetramorus fottii</i> (Hind.)Kom. <i>Sensu Kom.</i>	93,33	C	<i>Mougeotia</i> sp.1	60	*
<i>Golenkiniospsis</i> sp.	6,66	R	<i>Mougeotia</i> sp.2	33,33	+
<i>Kirchneriella</i> cf. <i>lunaris</i> (Kirchner) Möebius	20	R	<i>Mougeotia</i> sp 3	20	R
<i>Kirchneriella obesa</i> (W. West) Schmidle	6,66	R	<i>Sphaeroszma laeve</i>	20	R
<i>Micractinium</i> sp.	6,66	R	<i>Sphaeroszma</i> sp.	26,66	+
<i>Monoraphidium</i> cf. <i>griffithii</i> (Berk.)Kom.-Legn.	13,33	R	<i>Spondilosium</i> cf. <i>panduriforme</i> (W. & G. S. West). Teiling	6,66	R
<i>Monoraphidium circinale</i> (Nygaard) Nygaard	6,66	R	<i>Staurastrum laeve</i>	6,66	R
<i>Nephrocytium</i> sp.	26,66	+	<i>Staurastrum leptocladum</i> Nordst.	46,66	+
<i>Oocystis</i> sp.	20	R	<i>Staurastrum leptocladum</i> var. <i>cornutum</i> Nordst	20	R
<i>Scenedesmus</i> cf. <i>ecornis</i> Ehrenberg) Chodat nano	13,33	R	<i>Staurastrum margaritaceum</i> (Ehrenb.) Ralfs	6,66	R
<i>Scenedesmus opoliensis</i> Richter	13,33	R	<i>Staurastrum muticum</i> (Bréb.) Ralfs	6,66	R
<i>Scenedesmus</i> sp.	20	R	<i>Staurastrum rotula</i> Nordstedt	6,66	R
<i>Schroederia</i> sp	6,66	R	<i>Staurastrum</i> sp.	26,66	+
<i>Sphaerocystis</i> sp.	80	C	<i>Staurodesmus</i> cf. <i>triangularis</i> (Lagerh.) Teil	6,66	R
<i>Volvox</i> sp.	26,66	+	<i>Staurodesmus</i> sp.	26,66	+
<b>DINOPHYCEAE</b>			<i>Tetmemorus</i> sp.	6,66	R
<i>Peridinium</i> sp.	46,66	+	<b>XANTHOPHYCEAE</b>		
			<i>Isthmochloron lobulatum</i> (Naeg.) Skuja	13,33	R
			<i>Tetraplektron</i> sp.	6,66	R

## Anexo C – Fotos de espécies encontrados no trabalho



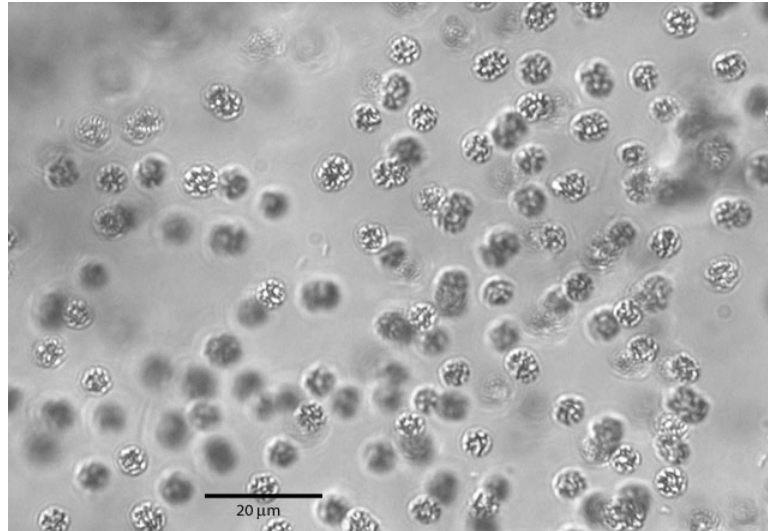
TEIXEIRA DE OLIVEIRA, M.

**Figura 47.** Figura ilustrada de *Apnanotnece* sp.

TEIXEIRA DE OLIVEIRA, M.

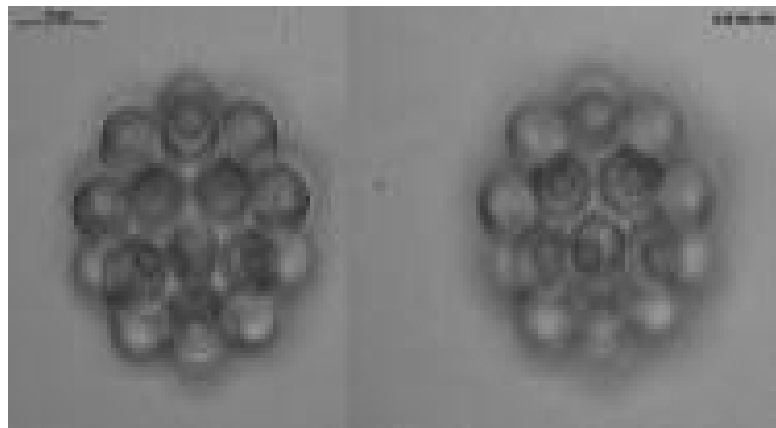
**Figura 48.** Figura ilustrativa de *Merismopedia glauca*





TEIXEIRA DE OLIVEIRA, M.

**Figura 49.** Figura ilustrativa de *Microcystis* sp.



TEIXEIRA DE OLIVEIRA, M.

**Figura 50.** Figura ilustrativa de *Coelastrum microporum*



TEIXEIRA DE OLIVEIRA, M.

**Figura 51.** Figura ilustrativa de *Trachelomonas volvocina*

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)