

USF

Campus de São Carlos

LIMNOLOGIA E GRAU DE TROFIA DOS
RESERVATÓRIOS EM CASCATA DO RIO TIETÊ
(MEDIO E BAIXO TIETÊ, SÃO PAULO)

ANNA PAULA LUZIA

ORIENTADORA: Prof^ª Dra. Takako Matsumura-Tundisi

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO



ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS

**LIMNOLOGIA E GRAU DE TROFIA DOS RESERVATÓRIOS
EM CASCATAS DO RIO TIETÊ (MÉDIO E BAIXO TIETÊ, SÃO
PAULO)**

Serviço de Pós-Graduação EESC/USP

EXEMPLAR REVISADO

Data de entrada no Serviço 17 / 05 / 04

Ass.: Leandro Corvelo

ANNA PAULA LUZIA



DEDALUS - Acervo - EESC



31100048838

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre em Ciências da Engenharia Ambiental.

ORIENTADORA: Prof.^a Dra. Takako Matsumura Tundisi

São Carlos

2004

Class.	FESE EESC
Cult.	3427
Tombo	T136104
Syno	

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento
da Informação do Serviço de Biblioteca – EESC/USP

L979L Luzia, Anna Paula
Limnologia e grau de trofia dos reservatórios em
cascata do Rio Tietê (médio e baixo Tietê, São
Paulo) / Anna Paula Luzia. -- São Carlos, 2004.

Dissertação (Mestrado) -- Escola de Engenharia de
São Carlos-Universidade de São Paulo, 2004.

Área: Ciências da Engenharia Ambiental.

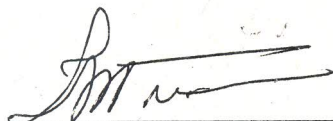
Orientador: Prof^a. Dra. Takako Matsumura Tundisi.

1. Limnologia. 2. Reservatórios em cascatas. 3. Rio
Tietê. 4. Eutrofização. 5. Índice do estado trófico.
6. Indicadores biológicos. I. Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidata: Bacharel ANNA PAULA LUZIA

Dissertação defendida e julgada em 08-03-2004 perante a Comissão Julgadora:



Prof. Tit. **TAKAKO MATSUMURA TUNDISI (Orientadora)**
(Instituto Internacional de Ecologia/IIE)

a prova do



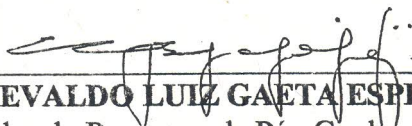
Prof. Assoc. **IVALDO LUIZ GAETA ESPINDOLA**
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

APROVADO

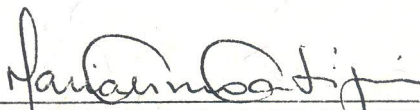


Prof. Dr. **IRINEU BIANCHINI JÚNIOR**
(Universidade Federal de São Carlos/UFSCar)

Aprovado



Prof. Associado **IVALDO LUIZ GAETA ESPINDOLA**
Coordenador do Programa de Pós-Graduação
em Ciências da Engenharia Ambiental



Prof. Assoc. **MARIA DO CARMO CALLJURI**
Presidente da Comissão de Pós-Graduação

Dedico este trabalho a Pedro, Mary e Gengis
Kamimura, pelo apoio e carinho.

Agradecimentos

À minha orientadora Prof^a Dra. Takako Matsumura Tundisi

Ao Prof. Dr. José Galizia Tundisi, pelas valiosas sugestões sobre o presente trabalho.

Aos Diretores do Instituto Internacional de Ecologia (Dra. Takako Matsumura-Tundisi, Dr. José Galizia Tundisi e Msc José Eduardo Tundisi), por oferecerem a estrutura física da empresa para o desenvolvimento da pesquisa.

As minhas queridas amigas Corina, Maria Regina, Valéria, Dayane, Sueli e Andréia por acreditarem em mim e pelo apoio constante.

À Escola de Engenharia de São Carlos –EESC.

Ao Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada – CRHEA.

Aos Professores. Dr. Evaldo Espíndola e Dr. Donato S. Abe, pelas sugestões no exame de qualificação do mestrado.

Aos amigos e companheiros de trabalho do Instituto Internacional de Ecologia.

Ao Fernando Raeder pela identificação e análise qualitativa e quantitativa do zooplâncton.

A Raika pela revisão ortográfica

A minha família, pelo apoio e carinho.

E por fim, a uma pessoa muito especial, meu querido Gengis, que com apoio e paciência esteve ao meu lado em todas as etapas deste trabalho.

*“Não importa quão longa e árdua será a
jornada, ela sempre começa com o
primeiro passo”.*

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	vi
LISTA DE TABELAS.....	xi
RESUMO.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	6
3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	7
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	12
4.1 – Período de amostragem.....	12
4.2 – Localização dos pontos de amostragem.....	12
4.3 – Variáveis físicas e químicas.....	13
4.4 – Variáveis Biológicas.....	14
4.5 – Aplicação dos índices do estado trófico.....	15
4.6 – Regressão do índice do estado trófico.....	17
5. RESULTADOS.....	18
5.1. Perfis verticais das variáveis limnológicas: temperatura, condutividade, pH e oxigênio dissolvido nos reservatórios de Barra Bonita, Bariri, Ibitinga, Promissão, Nova Avanhandava e Três Irmãos.....	18
5.2. Concentrações de nutrientes totais e dissolvidos: nitrogênio total, nitrato, nitrito, amônio, fósforo total, fósforo total dissolvido e fósforo inorgânico.....	35
5.3. Variáveis biológicas: clorofila a, composição do fitoplancton, composição do zooplancton nos seis reservatórios.....	50
5.3.1 – Biomassa e composição de fitoplâncton.....	50
5.3.2 – Densidade zooplânctônica (nº de organismos/ m ³) e sua composição.....	52
5.4. Índice do estados trófico nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tietê.....	59

5.5. Eutrofização na Represa de Barra Bonita ao longo do período de 1990 a 2003.....	63
6. DISCUSSÃO.....	66
6.1. Dinâmica de funcionamento dos reservatórios em cascata construídos no rio contínuo, em termos de nutrientes.....	66
6.2. Composição fito e zooplâncton em relação ao grau de trofia os reservatórios.....	68
6.3. Variação do Índice do estado trófico dos seis reservatórios nas épocas do verão (chuvoso) e do inverno (seca).....	71
6.4. Eutrofização na Represa de Barra Bonita.....	74
7 – Conclusões.....	76
8 – Bibliografia.....	78
9 – Anexos.....	86

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1 – Localização do estado de São Paulo e distribuição dos reservatórios construídos em cascata no Rio Tietê (Fonte: Tundisi 1988).....11
- FIGURA 2 - Mapa do Estado de São Paulo mostrando o percurso do Rio Tietê e a construção dos seis reservatórios em cascata, onde foram feitas as amostragens nos locais próximos as barragens de cada reservatório.....12
- FIGURA 3 – Perfis verticais de temperatura registrados nas seis represas do Médio e Baixo Rio Tietê, no verão durante o período de 12/03 a 20/04 de 1999.....19
- FIGURA 4 – Perfis verticais de temperatura nas represas do Médio e Baixo Rio Tietê, no inverno durante o período de 06/07 a 23/07/199921
- FIGURA 5 – – Perfis verticais dos valores de condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$) nas represas do Médio e Baixo Rio Tietê, no verão durante o período de 12/03 a 20/04/1999.....23
- FIGURA 6 – Perfis verticais de condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$) nas represas do Médio e Baixo Rio Tietê, no inverno, durante o período de 6/07 a 23/07/1999.....25
- FIGURA 7- Perfis verticais e valores de pH durante o verão nas seis represas em cascata do Médio e Baixo Tietê na época do verão.....27
- FIGURA 8 – Perfis verticais de pH nas represas do Médio e Baixo Rio Tietê, no inverno durante o período de 06/07 a 23/07/1999.....29

FIGURA 9 – – Perfis verticais de oxigênio dissolvido (mg/L) nas represas do Médio e Baixo rio Tietê, no verão durante o período de 12/03 a 20/04/1999.....	31
FIGURA 10 - Perfis verticais de oxigênio dissolvido (mg/L), nas represas do Médio e Baixo rio Tietê, no inverno durante o período de 06/07a 23/07/1999.....	33
FIGURA 11 – Valores médios de nitrogênio total ($\mu\text{g/L}$) obtidos da coluna de água nas represas de Barra Bonita, Bariri, Ibitinga, Promissão, Nova Avanhandava e Três Irmãos durante os períodos de verão e inverno do ano de 1999.....	36
FIGURA12 - Valores das concentrações de NH_4^+ , na superfície e no fundo nas represas do Médio e Baixo Rio Tietê, no verão durante o período de 12/03 a 20/04/1999.....	37
FIGURA 13 - Valores das concentrações de NH_4^+ , na superfície e no fundo nas represas do Médio e Baixo Rio Tietê, no inverno durante o período de 06/07a 23/07/1999.....	38
FIGURA 14 - Valores das concentrações de NO_3^+ , na superfície e no fundo nas represas do Médio e Baixo Rio Tietê, no verão durante o período de 12/03 a 20/04/1999.....	39
FIGURA 15 - Valores das concentrações de NO_3^+ , na superfície e no fundo nas represas do Médio e Baixo Rio Tietê, no inverno durante o período de 06/07 a 23/07/1999.....	40
FIGURA 16 - Valores das concentrações de NO_2^- , na superfície e no fundo nas represas do Médio e Baixo Rio Tietê, no verão durante o período de 12/03 a 20/04/1999.....	41

FIGURA 17 - Valores das concentrações de NO_2^- , na superfície e no fundo nas represas do Médio e Baixo Rio Tietê, no inverno durante o período de 06/07 a 23/07/1999.....42

FIGURA 18 – Valores médios de concentração de fósforo total obtidos da coluna d'água das Represas de Barra Bonita, Bariri, Ibitinga, Promissão, Nova Avanhandava e Três Irmãos períodos de verão e inverno (março e julho/99).....44

FIGURA 19 - Concentrações de fósforo total dissolvido, na superfície e no fundo nas represas do Médio e Baixo Rio Tietê, no verão durante o período de 12/03 a 20/04/1999.....45

FIGURA 20 - Concentrações de fosfato total dissolvido, na superfície e no fundo nas represas do Médio e Baixo Rio Tietê, no inverno durante o período de 06/07 a 23/07/1999.....46

FIGURA 21 - Concentrações de fosfato inorgânico, na superfície e no fundo nas represas do Médio e Baixo Rio Tietê, no verão durante o período de 12/03 a 20/04/1999.....47

FIGURA 22 - Concentrações de fosfato inorgânico, na superfície e no fundo nas represas do Médio e Baixo Rio Tietê, no inverno durante o período de 06/07 a 23/07/1999.....48

FIGURA 23 – Concentrações de silicato, na superfície e no fundo nas represas do Médio e Baixo Rio Tietê, no verão durante o período de 12/03 a 20/04/1999.....49

FIGURA 24 - Concentrações de silicato, na superfície e no fundo nas represas do Médio e Baixo Rio Tietê, no inverno durante o período de 06/07 a 23/07/1999.....49

FIGURA 25 – Concentração de Clorofila *a* na superfície das represas de Barra Bonita, Bariri, Ibitinga, Promissão, Nova Avanhandava e Três Irmãos durante os períodos de verão e inverno do ano de 1999.....50

FIGURA 26 - Abundância relativa dos principais grupos fitoplanctônicos analisados em amostras de 1990 nos cinco reservatórios em cascata do Médio e Baixo Rio Tietê (o gráfico foi elaborado a partir dos dados de Tundisi, 1990).....51

FIGURA 27- Densidade de zooplâncton (em n^o de org./m³) nas seis represas do Médio e Baixo Tietê, nas épocas do verão (março) e do inverno (julho) de 1999.....53

FIGURA 28 - Abundância relativa dos principais grupos zooplanctônicos: Rotifera, Cladocera, Copepoda e Turbellaria, nas represas em cascata do Médio e Baixo Rio Tietê, na época do verão (março/99).....54

FIGURA 29 - Abundância relativa dos principais grupos de zooplâncton: Rotifera, Cladocera, Copepoda e Turbellaria nas represas em cascata do Médio e Baixo Rio Tietê, na época do inverno (julho/99).....55

FIGURA 30– Abundância de Calanoida e de Cyclopoida nas represas do Médio e Baixo Rio Tietê, no verão durante o período de 12/03 a 20/04/1999.....56

FIGURA 31 – Abundância de Cyclopoida e de Calanoida nas represas do Médio e Baixo Rio Tietê, no inverno durante o período de 06/07 a 23/07/1999.....57

FIGURA 32 – Valores do índice do estado trófico para fósforo total obtidos nas represas do Médio e Baixo Rio Tietê, no verão durante o período de 12/03 a 20/04/1999.....60

FIGURA 33 – Valores do índice do estado trófico utilizando o fósforo total obtidos nas represas do Médio e Baixo Rio Tietê, no inverno durante o período de 06/07 a 23/07/1999.....61

FIGURA 34 – Valores do Índice do estado trófico utilizando as concentrações de clorofila a nas represas do Médio e Baixo Rio Tietê, no verão durante o período de 12/03 a 20/04/1999.....62

FIGURA 35 – Valores do índice do estado trófico em relação à clorofila a nas represas do Médio e Baixo Rio Tietê, no inverno durante o período de 06/07 a 23/07/1999.....63

FIGURA 36 – Índice do estado trófico aplicado as concentrações de fósforo total, no período de inverno, ao longo dos anos de 1990 a 2003 na represa de Barra Bonita.....64

FIGURA 37 – Índice do estado trófico aplicado as concentrações de clorofila a, no período de inverno, ao longo dos anos de 1990 a 2003 na represa de Barra Bonita.....65

FIGURA 38 - Comportamento do estado trófico, segundo parâmetro do fósforo, nos diferentes anos na barragem da represa de Barra Bonita (SP), segundo Carlson (1977) (Concentrações de fósforo total retirada de IETC, 2001), onde os valores em vermelho representam simulações.....75

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Composição específica dos organismos zooplanctônicos presentes nas represas de Barra Bonita, Bariri, Ibitinga, Promissão, Nova Avanhandava e Três Irmãos no ano de 1999.....**58**
- Tabela 2 - Índices de Carlson (1977), Kratzer & Brezonick (1981) e de Toledo Jr (1990).....**59**
- Tabela 3 - Variação vertical das variáveis, pH, condutividade, temperatura e oxigênio dissolvido na coluna da água represa de Barra Bonita durante o período de verão de 1999.....**86**
- Tabela 4- Variação vertical das variáveis, pH, condutividade, temperatura e oxigênio dissolvido na coluna da água represa de Bariri durante o período de verão de 1999.....**87**
- Tabela 5 - Variação vertical das variáveis, pH, condutividade, temperatura e oxigênio dissolvido na coluna da água represa de Ibitinga durante o período de verão de 1999.....**88**
- Tabela 6 - Variação vertical das variáveis, pH, condutividade, temperatura e oxigênio dissolvido na coluna da água represa de Promissão durante o período de verão de 1999.....**89**
- Tabela 7- Variação vertical das variáveis, pH, condutividade, temperatura e oxigênio dissolvido na coluna da água represa de Nova Avanhandava durante o período de verão de 1999.....**90**

Tabela 8 - Variação vertical das variáveis, pH, condutividade, temperatura e oxigênio dissolvido na coluna da água represa de Três Irmãos durante o período de verão de 1999.....	91
Tabela 9 - Variação vertical das variáveis, pH, condutividade, temperatura e oxigênio dissolvido na coluna da água represa de Barra Bonita durante o período de inverno de 1999.....	92
Tabela 10 - Variação vertical das variáveis, pH, condutividade, temperatura e oxigênio dissolvido na coluna da água represa de Bariri durante o período de inverno de 1999.....	93
Tabela 11 - Variação vertical das variáveis, pH, condutividade, temperatura e oxigênio dissolvido na coluna da água represa de Ibitinga durante o período de inverno de 1999.....	94
Tabela 12 - Variação vertical das variáveis, pH, condutividade, temperatura e oxigênio dissolvido na coluna da água represa de Promissão durante o período de inverno de 1999.....	95
Tabela 13 - Variação vertical das variáveis, pH, condutividade, temperatura e oxigênio dissolvido na coluna da água represa de Nova Avanhandava durante o período de inverno de 1999.....	96
Tabela 14 - Variação vertical das variáveis, pH, condutividade, temperatura e oxigênio dissolvido na coluna da água represa de Três Irmãos durante o período de inverno de 1999.....	97
Tabela 15 - Nutrientes dissolvidos em 6 represas do Médio e Baixo Tietê, no período de VERÃO (março/99).....	98

Tabela 16 - Nutrientes dissolvidos determinados em 6 reservatórios em cascata das bacias do Médio e Baixo Tietê no período de inverno (julho) de 1999.....**99**

Tabela 17- Valores de Nitrogênio total nas 6 represas do Médio e baixo Tietê no período de verão(março/99) e de inverno (julho/99)..... **100**

Tabela 18 - Valores do Fósforo total nas 6 represas do Médio e Baixo Tietê, no período do inverno (julho/99) e do verão (fevereiro/99)..... **101**

RESUMO

Luzia, A. P. (2004). Limnologia e Grau de Trofia dos Reservatórios em Cascata do Rio Tietê (Médio e Baixo Tietê, São Paulo). Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2004.

As represas construídas em cascata no rio Tietê (Barra Bonita, Bariri, Ibitinga, Promissão, Nova Avanhandava e Três Irmãos) constituem em sistemas artificiais com grande importância ecológica, econômica e social. Com base nos dados físicos químicos e biológicos das seis represas, foram avaliadas as condições limnológicas, abundância da comunidade fitoplanctônica e zooplanctônica e o estado de trofia dos reservatórios através da aplicação do índice do estado trófico, desenvolvido por Carlson (1977). A utilização da concentração de fósforo para determinação do índice é o que deu melhor resultado, mostrando uma redução gradual de sua concentração nas represas seqüenciais, principalmente no período do verão. Os reservatórios que se mostraram eutróficos como o de Barra Bonita, Bariri e Ibitinga apresentaram uma maior abundância e freqüência de florescimento das algas pertencentes a classe Cyanophyceae principalmente das espécies *Microcystis aeruginosa*. Algumas espécies de Rotifera, como *Asplanchna sieboldi*, *Brachionus caliciflorus* e *Kellicottia bostoniensis*, e de Copepoda Calanoida *Notodiaptomus iheringi*, também serviram de indicativos do estado trófico dos sistemas, já que esses estão associados a ambientes eutróficos.

Palavras-chaves: Limnologia, reservatórios em cascata, rio Tietê, eutrofização, índice do estado trófico, indicadores biológicos.

ABSTRACT

Luzia, A. P. (2004). Limnology and Trophic State of the Cascade Reservoirs of the Tietê River (middle and low Tietê River, São Paulo State).

Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2004.

Reservoirs built in cascade in Tietê river (Barra Bonita, Bariri, Ibitinga, Promissão, Nova Avanhandava and, Três Irmãos) constitute artificial systems with a high ecological, economic and social relevance. Based on the physical, chemical and biological data from the six reservoirs, limnological conditions were evaluated, the abundance of phytoplankton and zooplankton communities and the trophic state of reservoirs through the application of trophic state index, developed by Carlson (1977). The use of phosphorus concentration to determine the index gave the best result, showing a gradual reduction of its concentration in the sequential reservoirs, especially in summer period. The reservoirs that showed up to be eutrophic like Barra Bonita, Bariri and Ibitinga presented a higher abundance and frequency in development of algae belonging to the Cyanophyceae class, especially of *Microcystis aeruginosa* species. Some species of Rotifera such as *Asplanchna sieboldi*, *Brachionus calyciflorus* and, *Kellicottia bostonienses*, and of Copepoda Calanoida *Notodiaptomus iheringi*, also served as indicative of trophic state for these systems, since they are associated to eutrophic environments.

Key words: Limnology, cascading reservoirs, Tietê River, eutrophication, trophic state index, biological indicators.

1 – INTRODUÇÃO

O processo de eutrofização constitui-se no enriquecimento das águas por nutrientes (especialmente nitrogênio e fósforo), cujo resultado mais comum é o crescimento excessivo de plantas aquáticas, que podem ser tanto as que se movimentam livremente na água, como é o caso das comunidades fitoplanctônicas, quanto as plantas flutuantes ou submersas, como exemplo os conhecidos aguapés (*Eichhornia crassipes* e *Eichhornia azurea*). O processo não é função exclusivamente da presença de nutrientes na água, mas é controlado também por fatores físicos ambientais naturais, entre os quais se destacam a transparência, a temperatura da água, estrutura térmica bem como o regime hidráulico do corpo de água (WETZEL (1975), MARGALEFF (1976), CETESB, (2000)).

A eutrofização pode ser natural ou artificial e ocorre mais freqüentemente em lagos e reservatórios do que em rios, pois estes apresentam condições ambientais mais desfavoráveis para o crescimento de algas e outras plantas, como turbidez e fluxo de água com velocidades elevadas (Sperling, 1996).

A eutrofização natural está associada ao “envelhecimento” dos lagos e reservatórios, e consiste num processo lento e contínuo que resulta do aporte de nutrientes trazidos pelas chuvas e pelas águas superficiais que erodem e lavam a superfície terrestre (Esteves, 1998).

A declividade das encostas dos reservatórios contribui para a lixiviação natural, realçando a importância da topografia como um mecanismo promotor da eutrofização. Outra causa natural é a mudança do nível da água. Com sua elevação ocorre uma inundação das áreas marginais e conseqüentemente, um possível carreamento de material detrital. Essa causa terá efeito mais acentuado se o reservatório estiver localizado em uma área que pode ser inundada freqüentemente (Mattos, 1988).

O processo “cultural” de eutrofização é causado pela ação antrópica e tem despertado grande preocupação com seu crescimento acelerado. Este tipo de eutrofização é proveniente dos despejos de esgotos domésticos e industriais e o

carreamento de fertilizantes usados na agricultura. Geralmente, a eutrofização cultural acelera o processo de enriquecimento das águas superficiais e subterrâneas. No caso de lagos, represas e rios, esse processo consiste num rápido desenvolvimento de plantas aquáticas, iniciando com cianobactérias, ou "algas verde azuis", as quais produzem substâncias tóxicas que podem afetar a saúde do homem e podem causar a mortalidade de animais e intoxicações (Tundisi, 2003).

A poluição dos ecossistemas aquáticos tem causado muita preocupação, devido à deterioração ambiental como um todo, e tem ficado evidente que nas proporções que vem ocorrendo, ela vai levar à insustentabilidade.

O conjunto geral dos impactos causados nos ecossistemas aquáticos pode ser detectado no estudo desenvolvido pela Comissão Internacional do Ambiente Lacustre (ILEC), que envolveu 600 lagos e represas em todo o planeta. Os cinco impactos mais comuns relacionados com a contaminação de águas superficiais são: aumento do material em suspensão; declínio do nível de água; contaminação tóxica; eutrofização e acidificação (Tundisi, 1999).

Os problemas com a deterioração da qualidade dos corpos de água estão relacionados com o crescimento e a diversificação das atividades agrícolas, o aumento da urbanização e o aumento e intensificação das atividades nas bacias hidrográficas. O aumento da urbanização sem tratamentos de esgotos domésticos é uma causa significativa da eutrofização.

Estudos limnológicos em reservatórios como sistemas únicos não são raros, no entanto, estudos dessa natureza para reservatórios construídos em cascata não são muitos. É conhecida sua interconectividade hidrológica e funcional (obtidas em estudos de, por exemplo, mecanismos de transporte de sólidos suspensos (natural) ou de substâncias tóxicas), mas o estudo em que se considera esses sistemas do ponto de vista limnológico de maneira contínua precisa ser melhor conhecido (Straskraba *et al*, 1993).

A maior parte dos reservatórios do estado de São Paulo foram construídos no período de industrialização, pois estes poderiam suprir a grande demanda de energia e também serviriam para outros usos tais como irrigação (devido a

produção em grande escala da agricultura), pecuária, recreação e suprimento de água (devido ao aumento dos centros urbanos) (Tundisi, 1988; Barbosa *et al.*, 1999).

São variadas as causas (fontes dos tipos pontuais e difusas) que contribuem para a degradação da qualidade da água pela eutrofização, entre elas:

- Aumento da quantidade dos despejos de esgotos domésticos como resultado do aumento da população (fontes pontuais) e dos centros urbanos;
- Carreamento pela chuva de nutrientes do solo utilizado para agricultura e pecuária (fontes difusas);
- Emissões atmosféricas de gases poluidores em áreas próximas às regiões industrializadas;
- Descargas industriais (fontes pontuais) de resíduos;
- Contaminação da água subterrânea (fontes não pontuais), ocasionada por exemplo, pelas infiltrações originadas em depósitos de ração animal (Tundisi, 1988)

Segundo UNEP-IETC (2001) as conseqüências da eutrofização são:

- Anoxia, que causa a morte de peixes e de invertebrados e também resulta na liberação de gases tóxicos com odores desagradáveis.
- Florescimento de algas e crescimento incontrolável de outras plantas aquáticas.
- Produção de substâncias tóxicas por algumas espécies de cianofíceas.
- Altas concentrações de matéria orgânica, as quais se tratadas com cloro, podem criar compostos cancerígenos e dar sabor desagradável à água de abastecimento urbano.
- Diminuição do valor recreativo de um lago ou de um reservatório devido a diminuição da transparência da água.
- Acesso restrito à pesca e as atividades recreativas devido ao acúmulo de plantas aquáticas.

- Menor número de espécies de plantas e animais (biodiversidade).
- Alteração na composição de espécies, daquelas mais importantes para as menos importantes (em termos econômicos e valor protéico).
- Depleção de oxigênio, particularmente nas camadas mais profundas, durante o outono em lagos e reservatórios de regiões temperadas, causando a liberação de metais do sedimento.
- Diminuição da produção de peixes causada por depleção significativa de oxigênio na coluna de água e nas camadas mais profundas de lagos e reservatórios. (UNEP-IETC, 2001).

Outro efeito indesejável que ocorre com a eutrofização é o aumento nos custos de tratamentos de água e problemas com abastecimento industrial devido à necessidade de remoção de algas, cor e palatabilidade, maior consumo de produtos químicos e lavagens mais freqüentes dos filtros, além do desaparecimento do corpo de água como um todo (Sperling, 1996).

Em reservatórios construídos em cascata as concentrações de nutrientes podem diminuir da primeira para a última represa, ocorrendo a chamada: autodepuração. A autodepuração está relacionada com a sedimentação em cada reservatório, que por sua vez está relacionada ao tempo de retenção destes (Espíndola, 2001).

As condições físicas e químicas em que se encontram os ambientes aquáticos também determinam as populações biológicas que ali vivem. Com isso alguns grupos ou até mesmo espécies planctônicas podem auxiliar na avaliação do estado trófico em que se encontra o ambiente.

Em ambientes ricos em nutrientes é comum encontrar maior abundância de algas do grupo Cyanophyta, pois algumas espécies (algumas tóxicas) se favorecem nestas condições.

Assim, entre as diversas maneiras de monitorar-se a poluição aquática e suas conseqüências, destacam-se os indicadores físicos, químicos, biológicos, juntamente com o auxílio de índices.

Para ter uma resposta mais rápida sobre o estado do sistema, e para facilitar a divulgação para a sociedade, foram criados índices do estado trófico. Esses índices são de fácil aplicação e utilizam variáveis física, química e biológica.

A classificação do estado trófico envolve o estabelecimento de níveis ou limites baseados no grau ou intensidade do processo da eutrofização e das suas conseqüências (Toledo Jr *et al*, 1983). A classificação dos corpos de água em relação ao estado trófico mais comumente usada é: oligotrófico (baixa produtividade), mesotrófico (produtividade intermediária) e eutrófico (alta produtividade) (Carlson, 1977).

O presente trabalho avaliou o estado trófico dos sistemas em cascata do Médio e Baixo Tietê utilizando-se de diferentes ferramentas, como bioindicadores da comunidade fitoplanctônica e zooplânctônica e índice do estado trófico com diversos parâmetros (fósforo, nitrogênio e clorofila), relacionando com a dinâmica e funcionamento dos mesmos.

A estratégia utilizada neste trabalho foi o estudo comparativo dos reservatórios em cascata com a finalidade de determinar os vários graus de trofia no sistema e, conseqüentemente, compreender cientificamente como os reservatórios atuam no processo de eutrofização: remoção de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo na cascata, possíveis exportações de nutrientes para os reservatórios à jusante e mecanismos de funcionamento de cada sistema e no conjunto. A hipótese fundamental é a de que os reservatórios em cascata funcionam ora como um sistema integrado e ora como um sistema isolado, com características próprias que dependem de suas respectivas bacias hidrográficas e não somente das contribuições dos reservatórios da montante.

2 - OBJETIVOS

- 1 - Avaliar as condições limnológicas e o grau de trofia dos reservatórios construídos em cascata em um rio contínuo (rio Tietê – Médio e Baixo Tietê).
- 2 - Estabelecer a relação entre o grau de trofia dos seis reservatórios (Barra Bonita, Bariri, Ibitinga, Promissão, Nova Avanhandava e Três Irmãos) com a abundância e composição da comunidade fitoplanctônica e zooplanctônica, com o intuito de encontrar associações planctônicas que sirvam de indicadores biológicos do grau de trofia.
- 3 - Aplicação dos índices do estado trófico de Carlson (1977), Kratzer & Brezonick (1981) e Toledo (1990), aos seis reservatórios do Médio e Baixo Tietê.
- 4 - Determinar a evolução do processo de eutrofização da represa de Barra Bonita através da regressão do índice de estado trófico.

3- CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O rio Tietê é um dos mais importantes rios do estado de São Paulo, pois atravessa praticamente todo o estado, desde os contrafortes da serra do Mar até o rio Paraná, extremo oeste do estado. Sua nascente fica no município de Salesópolis e sua foz no rio Paraná, fronteira do estado de São Paulo com o estado do Mato Grosso do Sul.

Seu leito percorre cerca de 1150 Km, tendo um desnível entre as cabeceiras e a desembocadura de cerca de 860 m, sendo a declividade média global em torno de 74cm/Km. Os grandes desníveis são usados para construção de barragens destinadas a produção de energia hidrelétrica (Ministério dos Transportes, 2003).

Durante seu percurso, o rio é dividido em quatro trechos, sendo eles: Alto Tietê, Médio Tietê Superior e Baixo Tietê.

O Alto Tietê compreende um percurso de 250 Km de extensão, desde suas nascentes até a cidade de Pirapora, passando por grandes aglomerados populacionais (Ministério dos Transportes, 2003).

A parte que compreende o Médio Tietê é dividida em duas partes sendo elas Médio Tietê Superior e o Médio Tietê Inferior.

A área drenada pelo Médio Tietê, segundo o Ministério dos Transportes (2003), é de cerca de 42277 Km², havendo na sua bacia numerosas cidades importantes, entre as quais: Americana, Araraquara, Bauru, Botucatu, Campinas, Jaú, Limeira, Lins, Piracicaba, Rio Claro e São Carlos.

O Médio Tietê Superior compreende um percurso de 260 Km de extensão, desde a cidade de Pirapora até a barragem de Barra Bonita (Ministério dos Transportes, 2003). O Médio Tietê Inferior compreende desde a barragem de Barra Bonita até a corredeira de Laje.

O Baixo Tietê tem cerca de 240 Km de extensão, que vai desde a corredeira de Laje até a foz no rio Paraná, drenando uma área de 13646 Km e em sua bacia contribuinte há apenas uma cidade de maior importância: Andradina. O desnível é em torno de 98m e é cortado por duas grandes cachoeiras: salto de

Avanhandava, com 19m de queda e salto de Itapura (Ministério dos Transportes, 2003).

As represas do Médio e Baixo Tietê foram construídas em cascata, totalizando seis represas, sendo a represa de Barra Bonita a primeira seguida pelas represas de Bariri, Ibitinga, Promissão, Nova Avanhandava e Três Irmãos.

O reservatório de Barra Bonita, por ser o primeiro grande represamento de águas, reflete os processos de toda a área de captação, a qual conta com uma população de 23 milhões de habitantes em áreas urbanizadas, incluindo a região metropolitana de São Paulo, Campinas e Sorocaba e as regiões de cultivo extensivo de cana-de-açúcar.

As características morfométricas dos seis reservatórios foram baseadas em Matsumura-Tundisi *et al* (1981), CETESB (1993) e Barbosa (1999).

Represa de Barra Bonita

A represa de Barra Bonita, construída em 1963, tinha como objetivo principal a produção de energia elétrica. Possui uma extensão de 32 330 Km² e seus principais tributários são os rios Tietê e Piracicaba. Esse reservatório localizado na região do Médio Tietê está a uma altitude de 430 m. A ocupação do solo é em sua maioria a monocultura de cana de açúcar.

Características morfométricas:

Perímetro – 525 Km

Profundidade máxima – 30 m

Profundidade média – 10,1 m

Área superficial - 310 Km²

Área inundada – 324,84 Km²

Volume total - 3135 x 10⁶ Km³

Tempo de residência – 37-137 dias.

Coordenadas do ponto de coleta - 20° 31'S e 48° 32'W.

Represa de Bariri

O reservatório de Bariri é o segundo de uma série de seis reservatórios. O enchimento desse reservatório deu-se em meados de 1969.

Características morfométricas:

Perímetro – 193 Km

Profundidade média – 8,6 m

Área superficial - 63 Km²

Volume - 546 x 10⁶ m³

Tempo de residência – 7-24 dias.

Coordenadas do ponto de coleta – 22°06' S e 48° 45' W.

Altitude – 442 m

Represa de Ibitinga

O reservatório de Ibitinga é o terceiro reservatório de uma série de seis reservatórios. O enchimento desse reservatório deu-se em meados de 1969.

Características morfométricas:

Profundidade média – 8,6 m

Área superficial - 114 Km²

Volume total - 981 10⁶ x m³

Tempo de residência – 12-43 dias.

Coordenadas do ponto de coleta - 21° 45'S e 48° 59'W

Altitude – 460 m

Represa de Promissão

O reservatório de Promissão teve seu enchimento em 1975.

Características morfométricas:

Profundidade média – 14 m

Área superficial - 741 Km²

Volume total - 7.408 m³ x 10⁶

Tempo de residência – 124-458 dias.

Coordenadas do ponto de coleta - 21^o 18'S e 49^o 47'W

Altitude – 410 m

Represa de Nova Avanhandava

O reservatório de Nova Avanhandava completou seu enchimento em 1985.

Características morfométricas:

Profundidade média –13 m

Área superficial - 210 Km²

Volume total - 2.720 m³ x 10⁶.

Tempo de residência – 32-119 dias.

Coordenadas do ponto de coleta - 21^o 07'S e 50^o 17'W.

Altitude – 380 m

Represa de Três irmãos

O reservatório de Três Irmãos é o último de uma série de seis reservatórios.

O enchimento desse reservatório deu-se em meados de 1991.

Características morfométricas

Profundidade média -17,2 m

Área superficial - 817 Km²

Volume total - 13372 m³ x 10⁶.

Tempo de residência - 166-615 dias.

Coordenadas do ponto de coleta - 21^o 45'S e 49^o 47'S W.

A figura 1 mostra o mapa do estado de São Paulo, o percurso do rio Tietê e os reservatórios construídos em cascata.

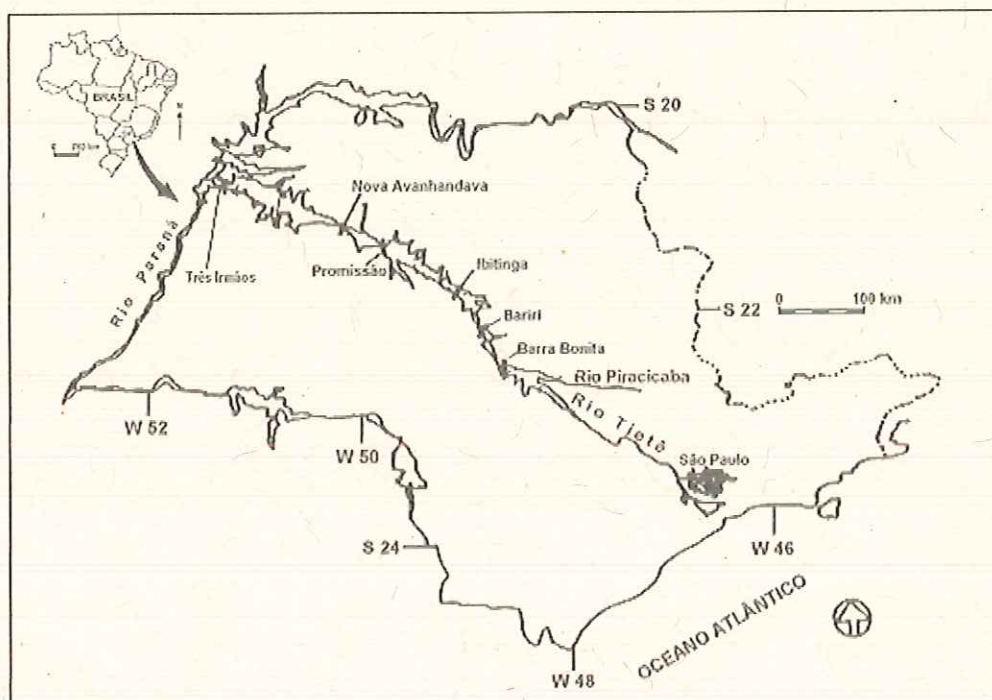


FIGURA 1 - Localização do estado de São Paulo e distribuição dos reservatórios construídos em cascata no rio Tietê (Fonte: Tundisi 1988).

4 – MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 - Período de amostragem

As amostragens foram feitas em duas épocas do ano de 1999: verão (março) e inverno (julho), conforme apresentados abaixo.

Represas	pontos de coleta	data da coleta		
		in	Chuva	Seca
Barra Bonita	Barragem		12/3/1999	23/7/1999
Bariri	Barragem		18/3/1999	22/7/1999
Ibitinga	Barragem		25/3/1999	12/7/1999
Promissão	Barragem		1/4/1999	11/7/1999
Nova Avanhandava	Barragem		25/3/1999	12/7/1999
Três Irmãos	Barragem		24/4/1999	6/7/1999

4.2 – Localização dos pontos de amostragem

As amostragens foram realizadas nos locais próximo às barragens dos seis reservatórios (Fig 2).

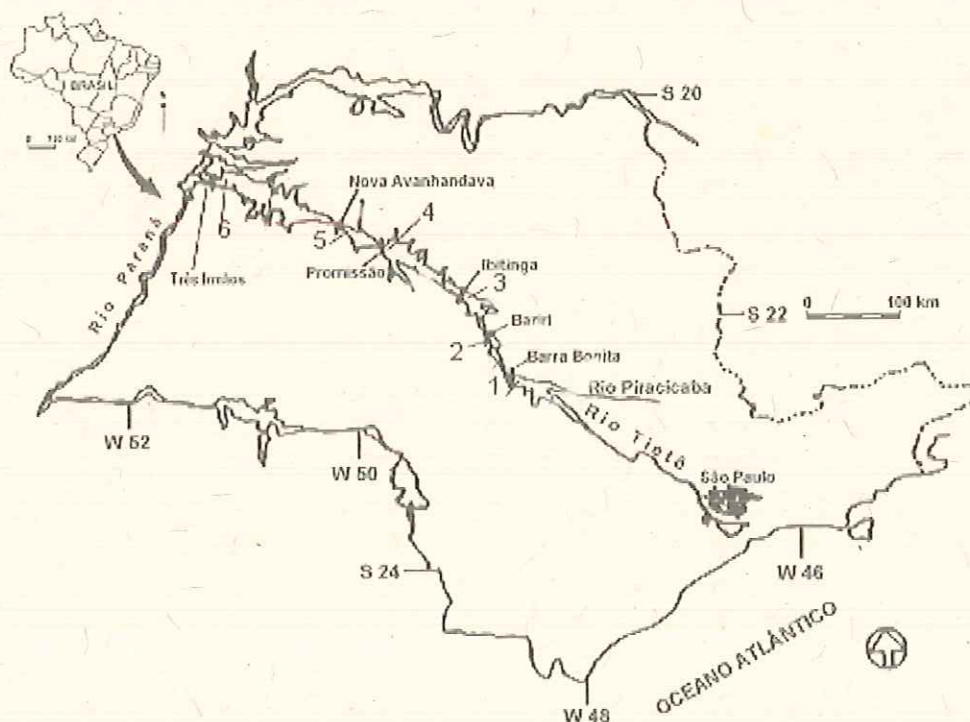


Figura 2 - Mapa do estado de São Paulo mostrando o percurso do rio Tietê e a construção dos seis reservatórios em cascata, onde foram feitas as amostragens nos locais próximos as barragens de cada reservatório.

4.3 - Variáveis físicas e químicas da água

Os perfis verticais de temperatura, oxigênio dissolvido, pH e condutividade foram determinados através de medições *in situ*, utilizando a multi sonda Horiba modelo U10.

As amostras para a quantificação dos nutrientes nitrogênio total, nitrito, nitrato, amônio, fósforo total particulados e fósforo dissolvido foram coletadas com garrafa do tipo Van Dorn, em diferentes profundidades, dependendo do local de coleta.

As metodologias utilizadas para a determinação dos nutrientes foram:

- Nitrogênio total - segundo Valderrama (1981), pelo método oxidativo o qual oxida o nitrogênio total em nitrato e em seguida é reduzido a nitrito e determinado espectrofotometricamente.
- Nitrato - segundo Mackereth et al (1978). Nesse método o nitrato é reduzido a nitrito. Para tal redução utiliza-se cádmio finamente dividido, e amalgamado. A conversão do nitrato a nitrito se dá em presença de cloreto de amônio e de bórax, sob agitação, em 20 minutos.
- Nitrito - segundo Golterman et al (1978), no qual consiste sua determinação em meio ácido (com sulfalnamida e bicloridrato n-1 naftil etilenodiamina) formando um composto róseo que é determinado espectrofotometricamente a 543 nm.
- Amônio - segundo Golterman et al (1978), pelo método do azul indofenol, (leitura a 630 nm).

Para quantificação de fósforo total particulado e fósforo dissolvido (fosfato total e fosfato inorgânico) foram utilizadas as seguintes metodologias:

- Fósforo total particulado foi utilizado o método de Valderrama (1981), processo oxidativo que oxida o fósforo total (P) em ortofosfato (PO_4^{3-}), que é complexado com molibdato. Este complexo é reduzido pelo ácido ascórbico a um complexo azul que é determinado espectrofotometricamente a 882 nm.
- Fosfato total dissolvido – foi determinado segundo Strickland e Parsons (1960), na qual consiste na digestão oxidativa com persulfato, em autoclave, a 120°C , durante uma hora, sendo depois o fosfato determinado espectrofotometricamente a 882 nm.

- Fosfato inorgânico dissolvido - segundo Strickland e Parsons (1960) e depois determinado espectrofotometricamente a 882 nm.
- Silicato - segundo Golterman *et al* (1978), o silicato é complexado pelo molibdato de sódio formando o ácido silícico-molibdico, que é reduzido por cloreto estanoso para um complexo azul. A leitura em espectrofotômetro é feita a 815 nm.

4.4 - Variáveis biológicas

- Clorofila *a*

A obtenção dos dados de clorofila foi realizada segundo as recomendações de Marke *et al* (1980), utilizando as equações de Lorezen (1967).

Os valores da clorofila *a* foram obtidos somente nas superfícies dos seis pontos de coleta.

As amostras de clorofila *a* foram filtradas em filtro Whatman GF/F de 47 mm de diâmetro. Para a extração do pigmento foi feita a maceração dos filtros com etanol 90% a quente (85°C), ficando em repouso por 24 horas a -20°C. O extrato resultante foi filtrado e lido nos comprimentos de onda 665 nm e 750 nm, na cubeta de 5 cm de caminho ótico. A determinação da feoftina, na qual os valores são necessários para o cálculo final de clorofila *a*, foi feita acidificando o extrato com 0,6ml de ácido clorídrico a 37%, obtendo um pH em torno de 2,6 a 2,8. Após 30 minutos, as amostras foram novamente lidas nos mesmos comprimentos de onda e na mesma cubeta.

- Fitoplâncton

Os dados de fitoplâncton foram obtidos do projeto: limnologia comparada dos cinco reservatórios em cascata do Médio Tietê (processo FAPESP) realizado em 1990 (Tundisi, 1992 -relatório)

- Zooplâncton

As amostras de zooplâncton foram obtidas utilizando uma rede de plâncton de 68 µm de abertura de poro, através de arrasto vertical do fundo para superfície. O material concentrado foi fixado e preservado em solução de formol a 4% . A análise dos organismos zooplanctônicos no laboratório foi feita

retirando-se alíquotas de volumes variados de tal forma a obter um número mínimo de 300 organismos de cada grupo zooplanctônico. Para os organismos de pequeno porte e que ocorrem em grande abundância tais como rotíferos e náuplios de Copepoda foram sub-amostrados 1ml, colocados na lâmina de Sedgewick Rafter e analisados no microscópio binocular. Para os microcrustáceos Cladocera e Copepoda as sub-mostragens maiores foram feitas e colocadas em um recipiente quadriculado onde os organismos foram analisados no microscópio estereoscópico que permite aumento de 100 vezes.

A densidade dos organismos zooplanctônicos em nº de organismos/m³ foi calculada determinando o volume de água filtrada na rede segundo a fórmula $V = \pi R^2 \times d$, onde

V = volume em m³,

R = raio da rede e

d = altura do arrasto (ou profundidade do arrasto)

4.5 – Aplicação do Índice do estado trófico

Dentre os vários índices desenvolvidos para avaliar o estado trófico dos ecossistemas aquáticos têm-se de Carlson (1977), Kratzer & Brezonick (1981), e Toledo (1990, apud CETESB 2001).

➤ Carlson (1977)

O índice desenvolvido por Carlson para avaliação do estado trófico baseia-se na concentração de fósforo total e na concentração de clorofila, segundo a fórmula:

$$IET_{(P_t)} = 10 \times (6 - (\ln(48/P_t) / \ln 2))$$

$$IET_{(Chl)} = 10 \times (6 - (2,04 - 0,68 \times \ln(chl)) / \ln 2)$$

onde:

IET = índice do estado trófico

P_t = fósforo total (µg/l)

Chl = clorofila a (µg/l)

➤ Kratzer & Brezonik (1981)

Kratzer & Brezonik (1981) desenvolveram o índice do estado trófico considerando-se as concentrações de Nitrogênio total segundo a fórmula:

$$IET_{(Nt)} = 10 \times (6 - \ln(1,47/N_t) / \ln 2)$$

onde:

IET = índice do estado trófico

N_t = nitrogênio total ($\mu\text{g/l}$)

No quadro abaixo encontra-se a faixa de valores do IET obtidos considerando as das concentrações de fósforo total, clorofila ou nitrogênio total e os respectivos graus de trofia dos sistemas.

Estado Trófico	IET
Ultra-oligotrófico	< 20
Oligotrófico	21 – 40
Mesotrófico	41 – 50
Eutrófico	51 – 60
Hipereutrófico	> 61

➤ Índice de Toledo Jr. (1990)

Utilizou-se também os índices desenvolvidos por Toledo Jr, 1990 que leva em consideração, tanto concentrações de fósforo total como de clorofila, para efeito de comparação com os índices de Carlson, segundo as equações:

$$IET_{(P)} = 10 \times (6 - \ln(80,32/P) / \ln 2)$$

$$IET_{(Cl)} = 10 \times (6 - 2,04 - 0,695 \times \ln(Cl) / \ln 2)$$

onde:

IET = índice do estado trófico

P = fósforo total ($\mu\text{g/l}$)

Cl = clorofila a ($\mu\text{g/l}$)

A faixa de valores do IET para fósforo e clorofila, a qual pode ser utilizada por meio da média dos dois valores, encontra-se a seguir:

Estado trófico	IET
Oligotrófico	≤ 44
Mesotrófico	$44 < \text{IET} \leq 54$
Eutrófico	$54 < \text{IET} \leq 74$
Hipereutrófico	> 74

4.6 - Regressão do índice do estado trófico

O índice utilizado foi o índice do estado trófico proposto por Carlson (1977) utilizando o parâmetro do fósforo.

Para a regressão linear simples foi usado as variáveis anos x IET(P).

Para o ajuste da regressão linear simples foram utilizadas as seguintes equações para se determinar os coeficientes linear e angular da reta:

$$b = \frac{\sum xy - \frac{\sum x \sum y}{n}}{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}}$$

Onde b é o coeficiente angular que dá a inclinação da reta, x corresponde ao índice e y corresponde ao tempo (anos)

$$a = Y - bX$$

Onde a é o coeficiente linear que indica o ponto em que a reta corta o eixo das ordenadas, e Y e X são as médias do tempo e do índice, respectivamente.

5 - RESULTADOS

5.1 – Perfis verticais das variáveis limnológicas: temperatura, condutividade, pH e oxigênio dissolvido nos reservatórios de Barra Bonita, Bariri, Ibitinga, Promissão, Nova Avanhandava e Três Irmãos.

➤ Temperatura

Verão

Na época do verão, em um estudo realizado entre os dias 12 de março a 20 de abril, somente as represas de Bariri, Ibitinga e Promissão apresentaram descontinuidade térmica nas primeiras camadas entre a superfície e à profundidade de 4,0m, como pode ser observado na Fig 3. Na **represa de Bariri** o valor da temperatura da superfície foi de 27,7°C, enquanto que a do fundo (18,0 m) foi de 25,5°C, apresentando uma variação de 2,2°C; na **represa de Ibitinga** a temperatura da superfície foi de 29,5°C e a do fundo (22,0 m) foi de 25,5°C, apresentando uma variação de 4,0°C; na **represa de Promissão** foi encontrada duas pequenas estratificações térmicas, sendo uma entre a superfície e 1,5m de profundidade, apresentando uma diferença de 0,6° C e a segunda nos últimos quatro metros de profundidade (entre 24,0 e 28,0m), apresentando uma diferença de 0,4°C . A máxima temperatura observada foi de 28,8°C na superfície e o mínimo foi de 26,7° C, a 28,0m. Nos outros reservatórios como em **Barra Bonita**, a temperatura se mostrou homogênea da superfície ao fundo (em torno de 26,0°C). Na **represa de Nova Avanhandava** houve um declínio gradual da temperatura na coluna d'água da superfície ao fundo, registrando valores da superfície de 28,1° C e a do fundo de 27,5° C , com uma variação de 0,6°C. O perfil de temperatura na **represa de Três Irmãos** mostrou-se bastante homogêneo em toda coluna de água, em torno de 26°C, de forma semelhante a **represa de Barra Bonita**.

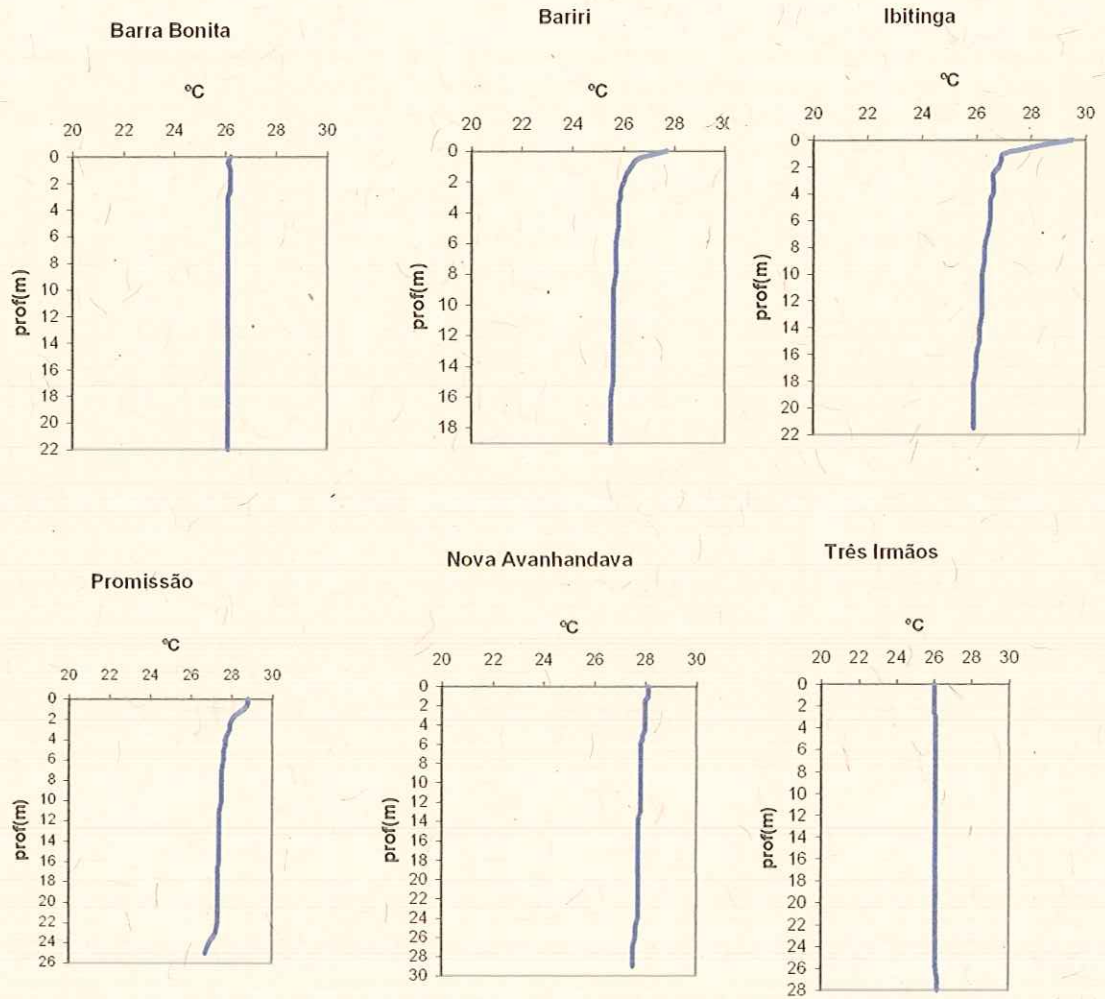


FIGURA 3 – Perfis verticais de temperatura registrados nas represas do Médio e Baixo rio Tietê, no verão durante o período de 12/03 a 20/04/1999.

Inverno

O comportamento térmico das 6 represas, em um estudo realizado na época do inverno (de 6 a 23 de julho de 1999), apresentou-se bastante semelhante ao do verão (Fig 4). A **represa de Barra Bonita** mostrou uma isoterмия da superfície ao fundo em torno de 18°C e a **represa de Promissão** uma isoterмия em torno de 20°C; Na **represa de Bariri** foi observado um declínio gradual de temperatura como uma variação de 2,2°C entre a superfície (20,9°C) e o fundo (18,7°C); Na **represa de Ibitinga** a temperatura decresceu gradativamente ao longo da coluna de água, apresentando uma variação de 1,2°C, entre a temperatura da superfície (20,4°C) e a do fundo (19,2°C); A **represa de Nova Avanhandava** registrou também um decréscimo gradual de temperatura da superfície (21,3°C) ao fundo (20,5°C), apresentando uma variação de 0,8°C; Na **represa de Três Irmãos** a máxima temperatura registrada foi de 22,1°C na superfície, e o mínimo de 21,5°C nos últimos 14 metros de profundidade apresentando uma variação de 0,6°C.

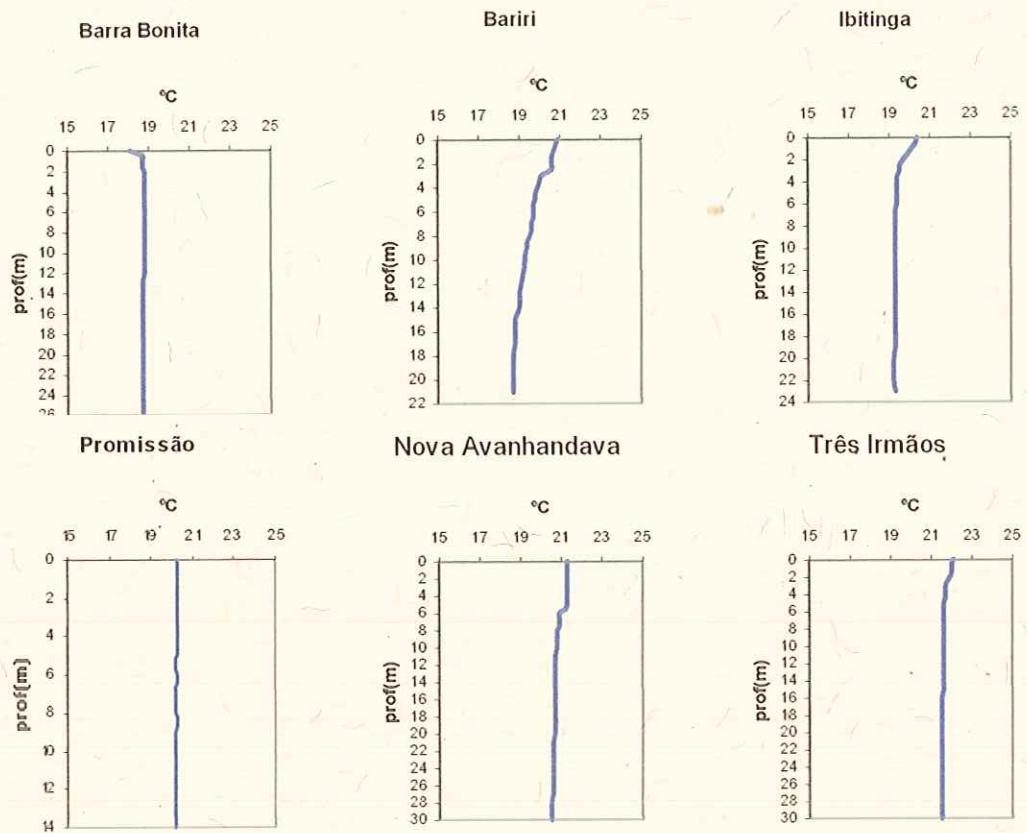


FIGURA 4 – Perfis verticais de temperatura nas represas do Médio e Baixo rio Tietê, no inverno durante o período de 06/07 a 23/07/1999

➤ Condutividade

Verão

A Fig 5 mostra os perfis verticais de condutividade obtidos nas represas em cascata do Médio e Baixo rio Tietê. A **represa de Barra Bonita** apresentou condutividade entre 116 e 117 μ S/cm; Na **represa de Bariri** houve uma pequena redução, registrando-se valores entre 113 e 114 μ S/cm. A **represa de Ibitinga** apresentou um perfil de condutividade bastante irregular, iniciando na superfície com o valor 96 μ S/cm, diminuindo para 94 μ S/cm a 2,5m de profundidade e aumentando novamente até 11metros quando registrou 101 μ S/cm, seguida de nova diminuição para 98 μ S/cm e novo aumento até o fundo atingindo 103 μ S/cm. Na **represa de Promissão** também ocorreu uma distribuição vertical descontínua, iniciando na superfície com valor de 113 μ S/cm com uma diminuição gradativa até 13 metros, atingindo 111 μ S/cm, seguido de novo aumento registrando o valor de 116 μ S/cm a 25 metros. A **represa de Nova Avanhandava** mostrou valores similares aos de Barra Bonita, com condutividade nas águas da superfície de 116 μ S/cm, aumentando para 118 μ S/cm no fundo. Já na **represa de Três Irmãos** o valor da condutividade até 18m foi de 99 μ S/cm, mostrando um pequeno aumento para 100 μ S/cm a partir desta profundidade.

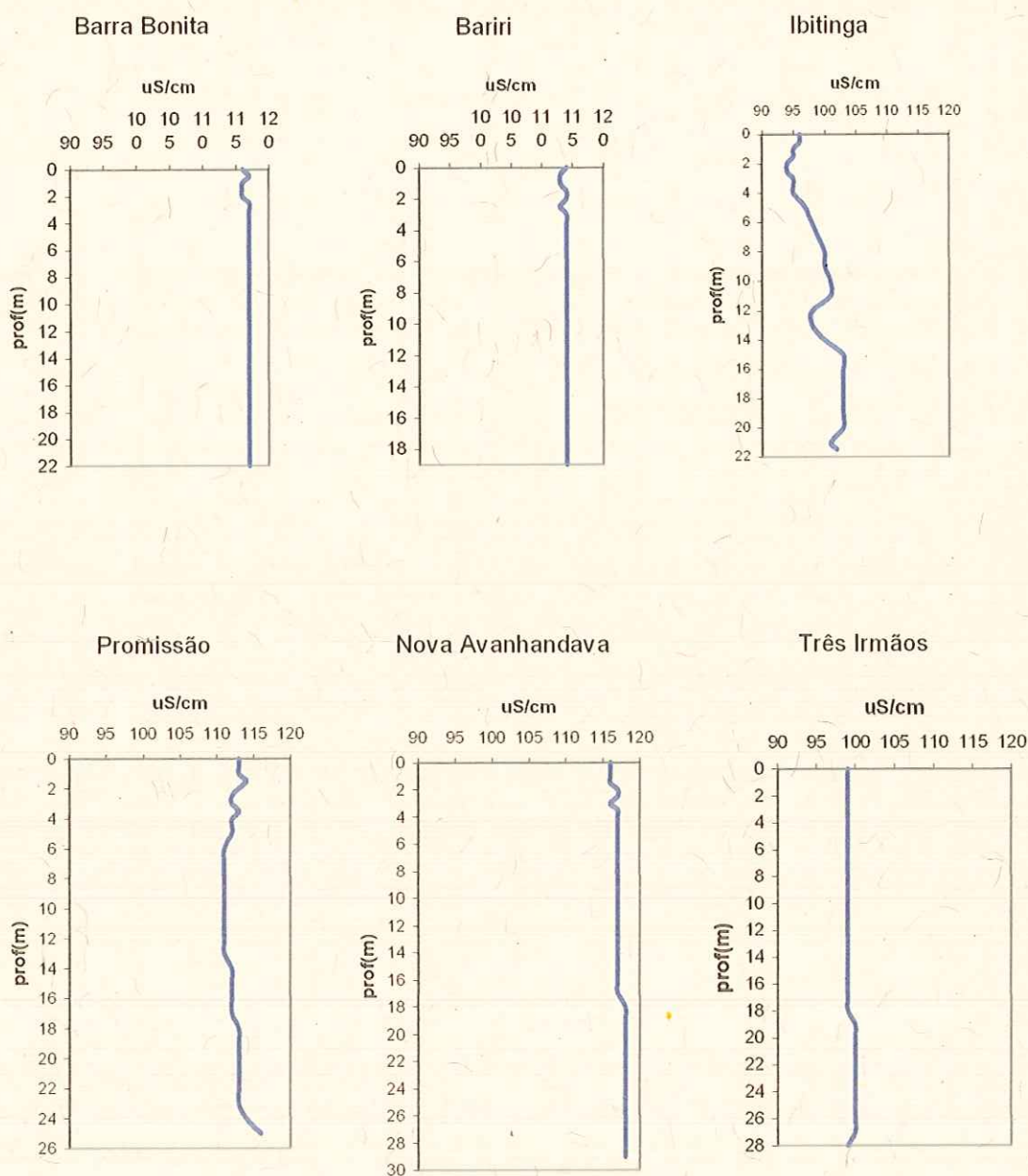


FIGURA 5 – Perfis verticais dos valores de condutividade ($\mu\text{S/cm}$) nas represas do Médio e Baixo rio Tietê, no verão durante o período de 12/03 a 20/04/1999.

Inverno

Na época do inverno, como mostra a Fig 6, os perfis verticais de condutividade medidos nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tietê apresentaram o seguinte comportamento: os valores de condutividade na **represa de Barra Bonita** foram praticamente homogêneos em toda coluna de água e maiores do que os do verão ($182\mu\text{S}/\text{cm}$), somente na superfície foi registrado o valor de $186\mu\text{S}/\text{cm}$. Na **represa de Bariri** a condutividade variou de 159 a $163\mu\text{S}/\text{cm}$, mas a sua distribuição vertical foi irregular, registrando uma camada de água até 2,0 metros com $159\mu\text{S}/\text{cm}$; de 2,0 a 5,5 metros com $158\mu\text{S}/\text{cm}$; a partir de 5,5 metros houve um aumento gradual até 8,0 metros, quando atingiu $162\mu\text{S}/\text{cm}$, porém, novamente houve uma diminuição e um novo aumento a partir de 10,0 metros até a profundidade de 19,0 metros com $163\mu\text{S}/\text{cm}$. Na **represa de Promissão**, a condutividade oscilou de 94 a $95\mu\text{S}/\text{cm}$, atingindo $104\mu\text{S}/\text{cm}$ no fundo. Na **represa de Nova Avanhandava** os valores foram uniformes na coluna d'água (entre 101 e $102\mu\text{S}/\text{cm}$). Nessas duas represas os valores foram inferiores aos obtidos no verão. Na **represa de Três Irmãos** os valores de condutividade oscilaram entre 105 e $108\mu\text{S}/\text{cm}$ da superfície ao fundo, sendo que estes valores foram maiores do que os registrados no verão.

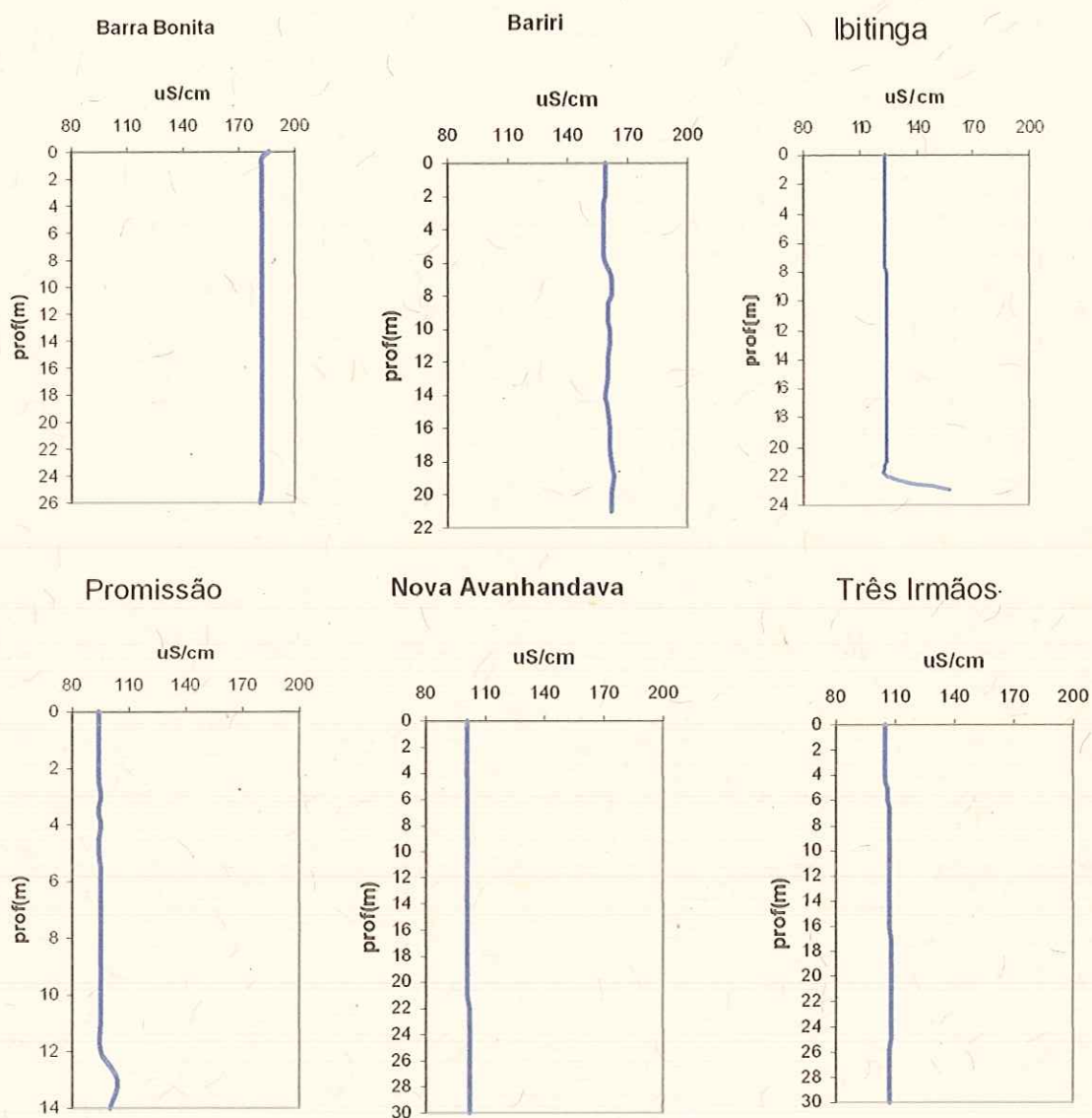


FIGURA 6 – Perfis verticais de condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$) nas represas do Médio e Baixo rio Tietê, no inverno, durante o período de 6/07 a 23/07/1999.

➤ pH

Verão

Na Fig 7 estão apresentados os perfis verticais de pH obtidos nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tietê durante as coletas realizadas no verão.

Na **represa de Barra Bonita** o pH mais baixo (5,40) foi registrado na superfície, aumentando gradativamente com a profundidade até o valor de 6,0. O reservatório de **Bariri** apresentou, na superfície, um pH maior (7,44), diminuindo com a profundidade (6,59). O mesmo comportamento foi verificado na **represa de Três Irmãos**, onde o pH da superfície foi 7,14, diminuindo gradativamente até 6,29 no fundo. Nas **represas de Ibitinga, Promissão e Nova Avanhandava**, os maiores valores de pH foram registrados na sub superfície, sendo obtidos em **Ibitinga** a 0,5m um valor de 6,82, diminuindo gradativamente (6,05). Em **Promissão**, o maior valor de pH foi registrado a 1,0 m de profundidade, diminuindo gradativamente (6,15) a 25m de profundidade. Em **Nova Avanhandava**, o maior valor do pH (7,41) foi registrado a 0,5 m de profundidade diminuindo gradativamente (até 6,49) a 29,0 m de profundidade.

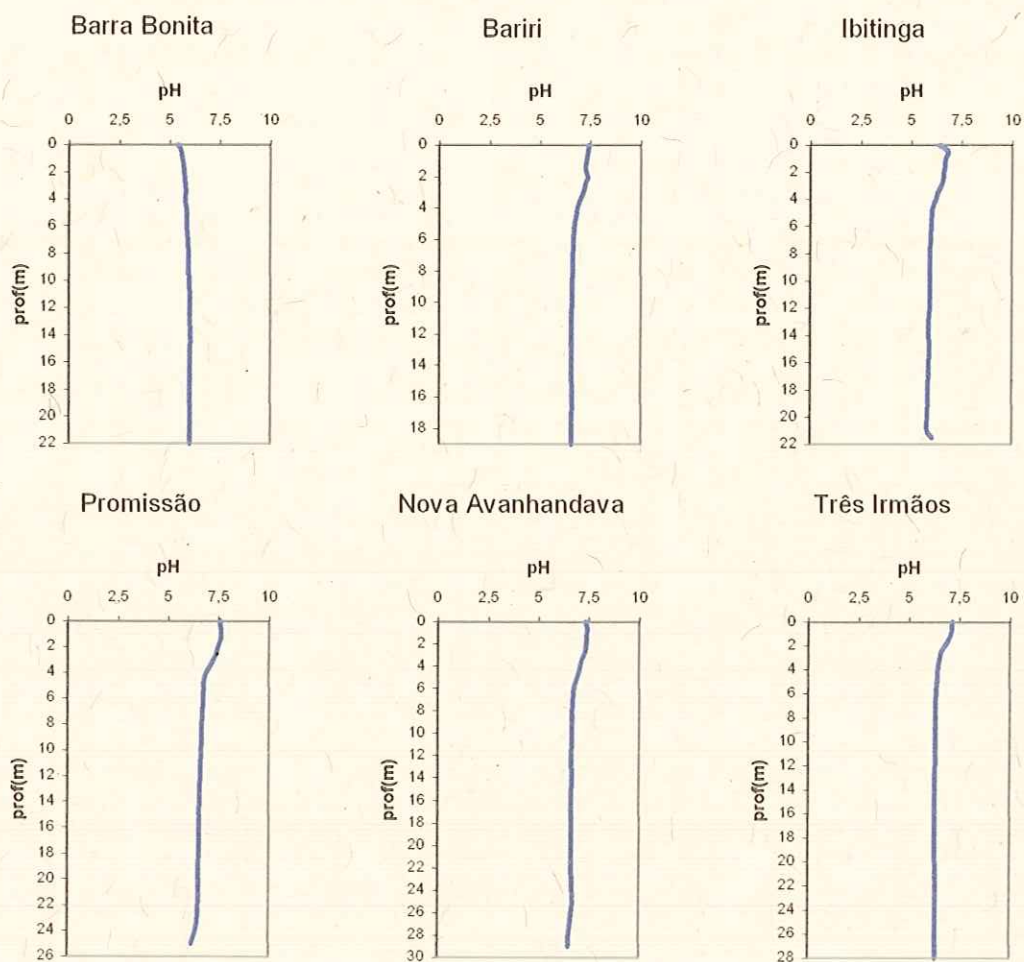


FIGURA 7 - Perfis verticais de pH registrados nas represas do Médio e Baixo rio Tietê, no verão durante o período de 12/03 a 20/04/1999.

Inverno

Na Fig 8 estão apresentados os perfis verticais e os valores de pH registrados nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tietê, nas coletas de inverno.

O **reservatório de Barra Bonita** apresentou uma variação de pH de 6,64 ,na superfície à 6,32 no fundo (a 26,0m). Na **represa de Bariri** o maior valor de pH (8,40) foi registrado na sub superfície a (0,5m) diminuindo gradativamente até 6,45 a 21,0m de profundidade. Na **represa de Ibitinga** o maior valor de pH registrado foi na superfície (7,59), diminuindo com a profundidade atingindo 6,45, a 23,0m de profundidade. Na **represa de Promissão** o maior valor de pH (7,00) foi registrado a 2,0m de profundidade, diminuindo gradativamente até 6,24 (a 14,0m de profundidade). O mesmo comportamento foi verificado em **Três Irmãos** , onde o maior valor de pH (7,39) foi registrado entre 2,0 e 2,5 m de profundidade, diminuindo gradativamente até 6,59 (a 30,0m de profundidade). Em **Nova Avanhandava** o maior valor de pH (7,52) foi registrado a 1,0m de profundidade, decrescendo gradualmente até 6,60 (a 30,0m de profundidade).

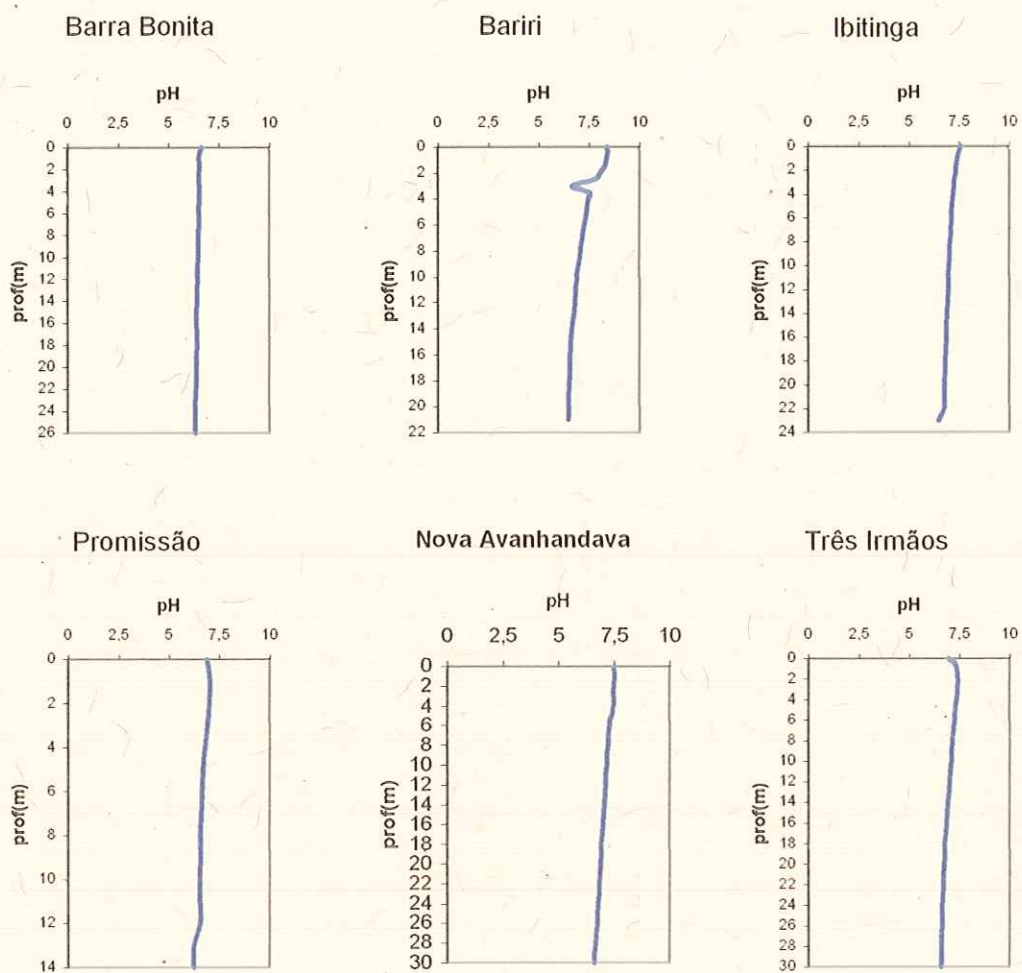


FIGURA 8 – Perfis verticais de pH nas represas do Médio e Baixo rio Tietê, no inverno durante o período de 06/07 a 23/07/1999.

Em todos os reservatórios foram verificados valores mais elevados de pH nas coletas correspondentes ao inverno e verão, e isto deve estar associado à maior estabilidade dos sistemas.

➤ Oxigênio Dissolvido

Verão

Na Fig 9 apresentam-se os valores e o perfil vertical de oxigênio dissolvido registrado nos 6 reservatórios em cascata das bacias do Médio e Baixo rio Tietê estudados na época do verão. Desses reservatórios o único que apresentou baixas concentrações de oxigênio dissolvido foi a **represa de Barra Bonita**, cujos valores em toda coluna d'água estiveram entre o máximo de 3,92mg/L e o mínimo de 3,72mg/L. Nas **represas de Bariri** e de **Ibitinga** os valores decresceram da superfície ao fundo, sendo o máximo valor observado na primeira represa foi de 7,44 mg/L na superfície e o mínimo 6,59 mg/L no fundo. Na **represa de Ibitinga**, o valor máximo de 6,82mg/L foi observado na camada sub superficial a 0,5m e o mínimo no fundo 5,80 mg/L. Nas **represas de Promissão** e de **Nova Avanhandava**, também os valores máximos ocorreram na sub superfície a 1,0m e 0,5m respectivamente com os valores de 7,60 e 7,40 mg/L. Os valores mínimos registrados no fundo dos dois reservatórios foram 6,15 e 6,49 mg/L, respectivamente nos reservatórios de **Promissão** e **Ibitinga**. Na **represa de Três Irmãos** observou-se uma distribuição vertical de oxigênio dissolvido bastante irregular, com aumento e diminuição dos valores ao longo da coluna d'água, e o máximo de 7,66 mg/L ocorrendo a 26m de profundidade e o mínimo de 6,85 mg/L a 1,0m de profundidade.

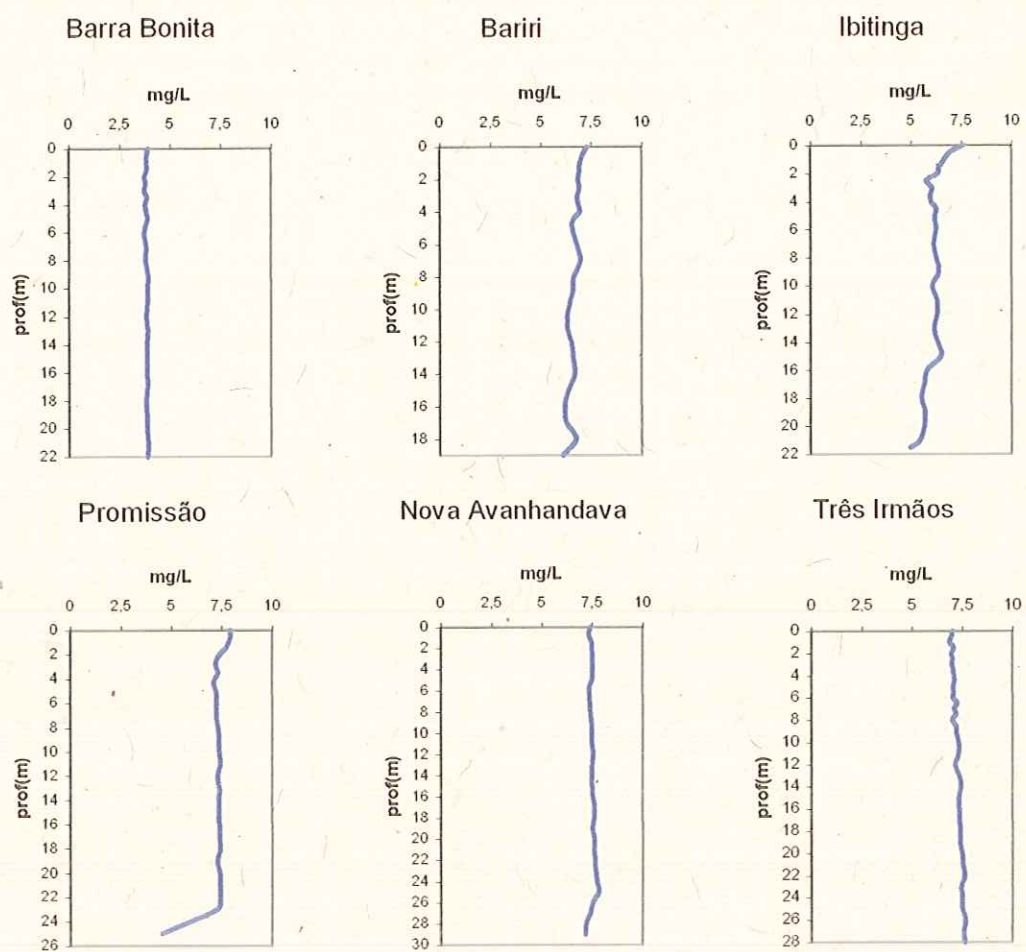


FIGURA 9 – Perfis verticais de oxigênio dissolvido (mg/L) nas represas do Médio e Baixo rio Tietê, no verão durante o período de 12/03 a 20/04/1999.

Inverno

Na Fig 10 estão apresentados os valores e o perfil vertical de distribuição de oxigênio dissolvido em estudo feito durante a época do inverno nas 6 represas em cascata das bacias do Médio e Baixo rio Tietê. A concentração de oxigênio dissolvido registrada na época do inverno, em todos os reservatórios foi maior do que a encontrada no verão. Assim, na **represa de Barra Bonita**, o maior valor registrado foi na superfície com 6,63mg/L e o menor valor no fundo com 5,07 mg/L, tendo uma distribuição vertical com pequenos aumentos e diminuições ao longo da coluna d'água.

A **represa de Bariri** é a represa que apresentou maior valor de oxigênio na superfície com 10,46 mg/L, diminuindo gradativamente até o fundo onde foi registrado cerca de 5,03 mg/L.

A **represa de Ibitinga** apresentou o máximo valor de oxigênio na superfície com 7,94 mg/L e o mínimo 6,76 mg/L a 7,5m de profundidade. A sua distribuição na coluna d'água foi bastante irregular com freqüentes aumentos e diminuições sendo que no fundo foi registrada a concentração de 7,15 mg/L.

A **represa de Promissão** também apresentou uma distribuição irregular de concentração de oxigênio, iniciando com alto valor na superfície de 8,14 mg/L e diminuição até 7,99 mg/L a 2,0m de profundidade, com novo aumento e nova diminuição até a profundidade de 13,0m, onde foi registrada a concentração de 7,68 mg/L. Porém, na ultima profundidade a 14,0m houve uma queda brusca a 2,64 mg/L.

As **represas de Nova Avanhandava** e de **Três Irmãos** mostraram um comportamento semelhante de distribuição vertical irregular com pequenos aumentos e diminuições das concentrações de oxigênio dissolvido ao longo da coluna d'água e variações entre máximos e mínimos não superiores a 1,02 mg/L ocorrida na **represa de Nova Avanhandava** cujo máximo foi registrado nas camadas superficiais (8,77 mg/L) e o mínimo na ultima camada do fundo (7,75 mg/L); na **represa de Três Irmãos** o valor máximo de 7,94 mg/L foi registrado a 2,0m de profundidade e o mínimo de 7,62 mg/L entre 5,5 a 6,5m de profundidade.

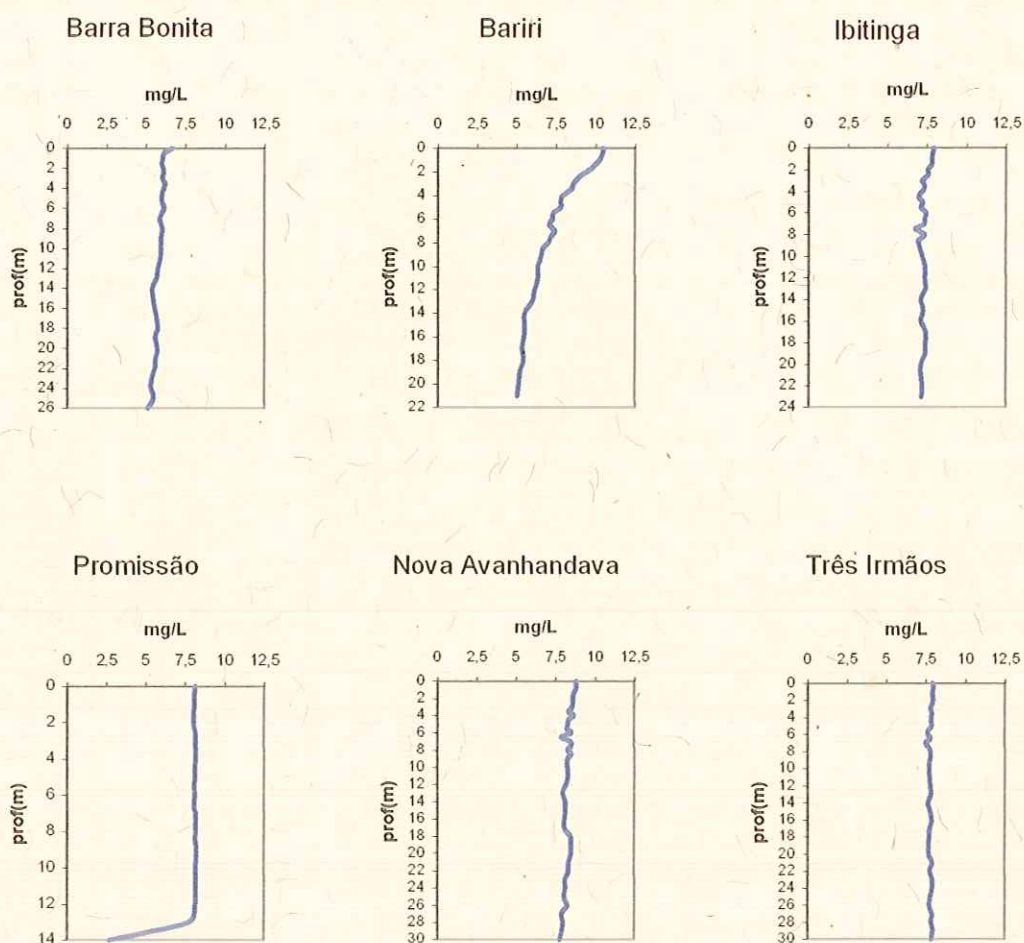


FIGURA 10 - Perfis verticais de oxigênio dissolvido (mg/L), nas represas do Médio e Baixo rio Tietê, no inverno durante o período de 06/07a 23/07/1999.

O perfil vertical de OD nas **represas de Barra Bonita, Bariri e Ibitinga** decresceram da superfície ao fundo. Os valores máximos observados nessas barragens foram de 6,63 mg/L em **Barra Bonita**, 10,46mg/L em Bariri e 7,94 mg/L em Ibitinga todas nas superfícies, e os mínimos observados foram de 5,07mg/L (**Barra Bonita**), 5,03mg/L (**Bariri**) e 7,5 mg/L (**Ibitinga**) todos no fundo.

Comparando os valores das duas estações, as barragens anteriores apresentaram uma maior concentração de oxigênio no inverno.

Os valores de OD na coluna de água da barragem de **Promissão** ficaram em torno de 8 mg/L, porém na profundidade de 14 metros o valor observado foi de 2,64 mg/L. Os valores de OD no inverno também foram superiores aos do verão.

O valor máximo observado na **represa de Nova Avanhandava** foi de 8,77mg/L e o mínimo foi de 7,55mg/L. Os valores do período de verão foram inferiores ao período de inverno.

Na **represa de Três Irmãos** o valor máximo observado foi de 7,94 mg/L e o mínimo foi de 7,48 mg/L.

A **represa de Barra Bonita**, assim como no verão, apresentou menores concentrações de oxigênio dissolvido na coluna de água.

5.2 – Concentrações de nutrientes totais e dissolvidos: nitrogênio total, nitrato, nitrito, amônio, fósforo total, fósforo total dissolvido e fósforo inorgânico.

Formas nitrogenadas

As concentrações de nitrogênio total, nitrito, nitrato e amônio foram determinadas em diferentes profundidades (tabelas 16, 17 e 18, em anexo), mas optou-se, no presente estudo, em apresentar somente os valores médios de nitrogênio total e os de superfície e fundo para as formas dissolvidas.

➤ NITROGÊNIO TOTAL

As concentrações de nitrogênio total obtidas nas represas em cascata no verão e inverno de 1999 (Fig 11), mostram que nas quatro primeiras represas (**Barra Bonita, Bariri, Ibitinga e Promissão**), os valores de nitrogênio total foram mais elevados no inverno do que no verão, enquanto que nas duas últimas (**Nova Avanhandava e Três Irmão**) os valores do verão foram ligeiramente maiores em relação ao inverno.

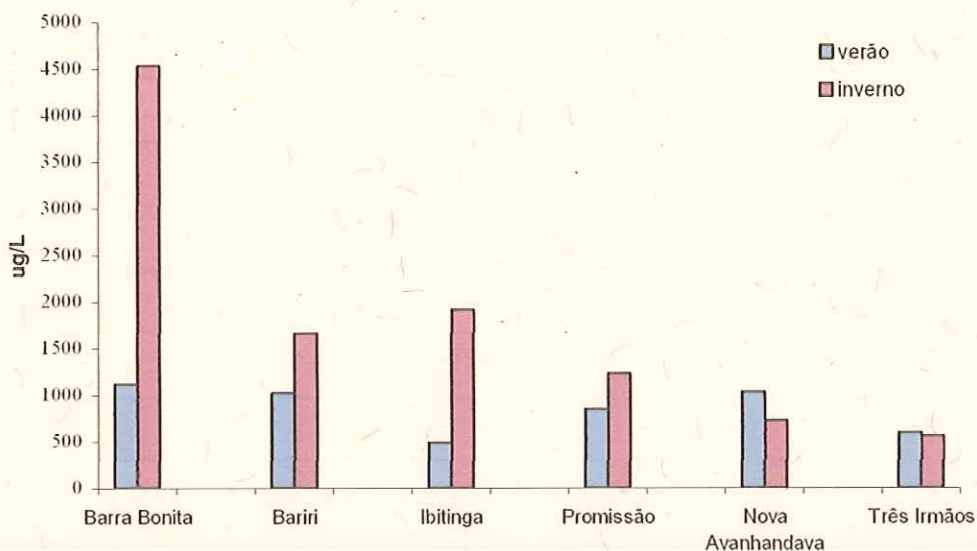


FIGURA 11 – Valores médios de nitrogênio total ($\mu\text{g/L}$) obtidos na coluna de água nas represas de Barra Bonita, Bariri, Ibitinga, Promissão, Nova Avanhandava e Três Irmãos durante os períodos de verão e inverno, do ano de 1999.

Os valores médios do inverno e do verão obtidos nas represas foram respectivamente, $4531,53 \mu\text{g/L}$ e $1121,42 \mu\text{g/L}$ em **Barra Bonita**; $1661,41 \mu\text{g/L}$ e $1018,73 \mu\text{g/L}$ em **Bariri**; $1910,59 \mu\text{g/L}$ e $488,59 \mu\text{g/L}$ em **Ibitinga**; $1224,04 \mu\text{g/L}$ e $848,45 \mu\text{g/L}$ em **Promissão**; $717,86 \mu\text{g/L}$ e $1023,59 \mu\text{g/L}$ em **Nova Avanhandava** e $551,03 \mu\text{g/L}$ e $596,27 \mu\text{g/L}$ em **Três Irmãos**.

- Formas de AMÔNIO (NH_4^+), NITRATO (NO_3^+) e NITRITO (NO_2^-)

AMÔNIO

A variação das concentrações do íon amônio nas represas na época do verão, na superfície e no fundo pode ser vista na Fig 12, verificando-se que nas represas de **Barra Bonita**, **Promissão** e **Nova Avanhandava** foram obtidas as maiores concentrações na superfície e as menores no fundo (**Barra Bonita**:

11,47 $\mu\text{g/L}$ a 0,0m e 4,30 $\mu\text{g/L}$ a 20,0m; **Promissão**: 16,06 $\mu\text{g/L}$ a 0,0m e 4,52 $\mu\text{g/L}$ a 24,0m; **Nova Avanhandava**: 6,52 $\mu\text{g/L}$ a 0,0m e 5,16 $\mu\text{g/L}$ a 29,0m).

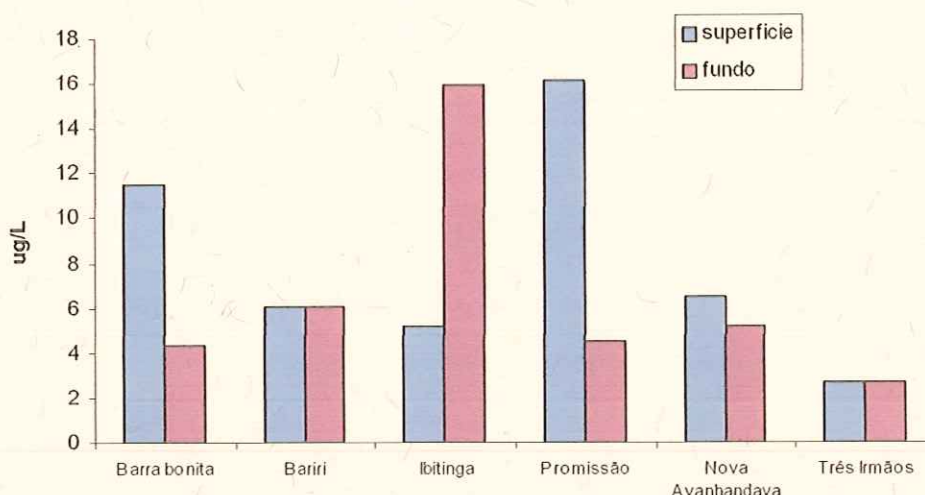


FIGURA12 - Valores das concentrações de NH_4^+ , na superfície e no fundo nas represas do Médio e Baixo rio Tietê, no verão durante o período de 12/03 a 20/04/1999.

Na **represa de Ibitinga**, a concentração maior de NH_4^+ (15,91 $\mu\text{g/L}$) foi encontrada no fundo (21,0m), enquanto que na superfície a concentração foi 6,02 $\mu\text{g/L}$.

Na época do INVERNO, os valores de amônio, foram maiores do que os valores da época do verão em quase todos os reservatórios com exceção de **Promissão**. A Fig 13 mostra as concentrações de amônio encontradas na superfície e no fundo dos reservatórios, porém nem sempre os maiores ou menores valores corresponderam às camadas do fundo e da superfície. Assim, nas represas de **Barra Bonita** e **Nova Avanhandava** as concentrações mais elevadas foram registradas na superfície respectivamente (respectivamente com 23,65 $\mu\text{g/L}$ e 53,93 $\mu\text{g/L}$). Em **Bariri** o maior valor foi registrado a 11,0m (51,63 $\mu\text{g/L}$) enquanto que no fundo valor foi um pouco menor com 41,14 $\mu\text{g/L}$. Na **represa de Ibitinga** o maior valor de 16,95 $\mu\text{g/L}$ ocorreu a 13,0m, enquanto que no fundo o

valor foi de $3,82\mu\text{g/L}$. Em **Três Irmãos** o valor máximo ocorreu no fundo ($13,38\mu\text{g/L}$). A **represa de Promissão** apresentou baixíssimas concentrações de amônio somente foi detectado a 0,0m ($4,21\mu\text{g/L}$).

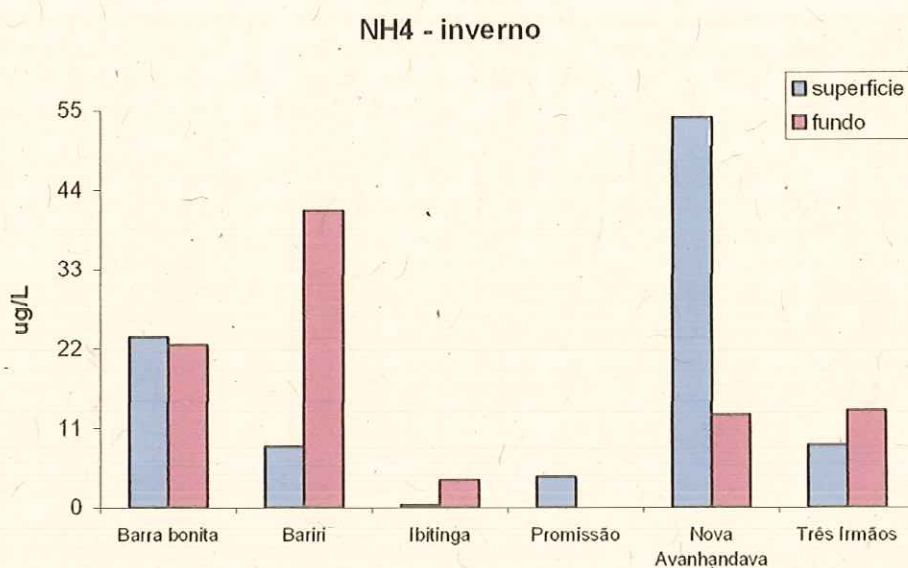


FIGURA 13 - Valores das concentrações de NH_4^+ , na superfície e no fundo nas represas do Médio e Baixo rio Tietê, no inverno durante o período de 06/07a 23/07/1999.

NITRATO

As concentrações de nitrato, na época do verão determinadas na superfície e fundo dos 6 reservatórios são apresentadas na Fig 14. Pode-se observar que as concentrações diminuíram gradativamente de **Barra Bonita** para **Três Irmãos**. Quanto a esse composto, não houve uma grande variação na sua concentração na coluna d'água ou entre a superfície e fundo sendo que na represa de **Barra Bonita** o concentração média foi de $726,21\mu\text{g/L}$; em **Bariri** $605,03\mu\text{g/L}$; **Ibitinga** $526,23\mu\text{g/L}$, **Promissão** $430,22\mu\text{g/L}$; **Nova Avanhandava** $433,96\mu\text{g/L}$ e em **Três Irmãos** $322,79\mu\text{g/L}$.

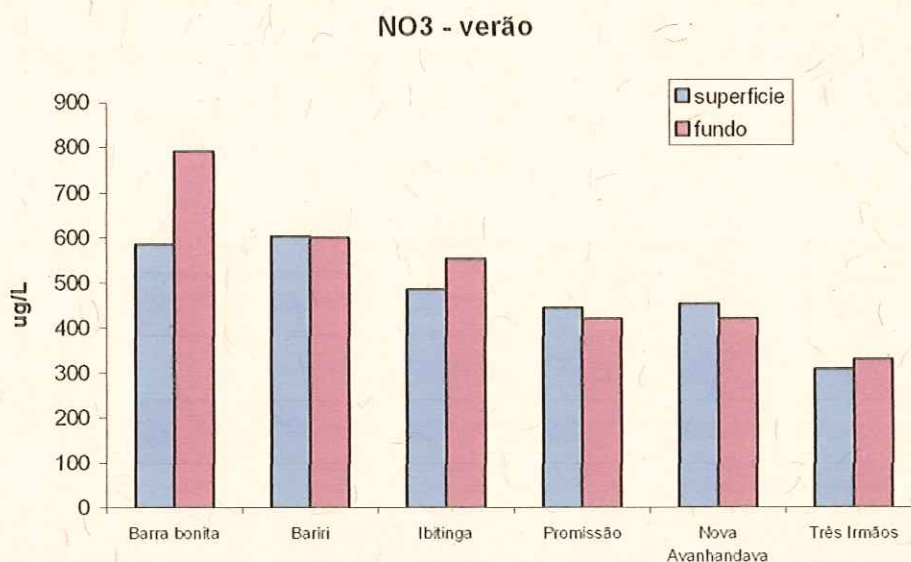


FIGURA 14 - Valores das concentrações de NO₃⁺, na superfície e no fundo nas represas do Médio e Baixo rio Tietê, no verão durante o período de 12/03 a 20/04/1999.

As concentrações de nitrato na época do INVERNO foram superiores as registradas na época do verão nos reservatórios de **Barra Bonita**, **Bariri**, **Ibitinga** e **Promissão**, não havendo, portanto, grandes diferenças na coluna d'água ou entre superfície e fundo (Fig 15). Maior concentração de nitrato foi registrada na **represa de Barra Bonita** com valor médio de 2.418,90µg/L, com decréscimo nas represas situadas à jusante; a **represa de Bariri** apresentou o valor médio de 1.176,95µg/L, **Ibitinga** com 1.272,22µg/L, **Promissão** 745,10µg/L, **Nova Avanhandava** 421,81µg/L e **Três Irmãos** 344,89µg/L. A redução da concentração do nitrato de um reservatório a outro no mês de inverno foi praticamente de 40%.

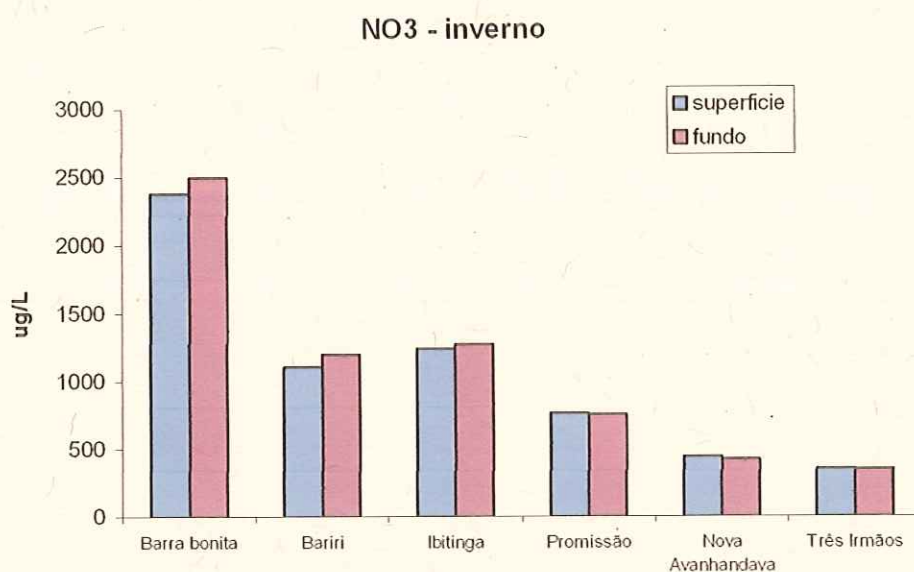


FIGURA 15 - Valores das concentrações de NO₃⁺, na superfície e no fundo nas represas do Médio e Baixo rio Tietê, no inverno durante o período de 06/07 a 23/07/1999.

NITRITO

O nitrito é um composto encontrado em pequenas concentrações, geralmente abaixo de 6,0µg/L. Na época do verão como mostra a Fig 16, o nitrito esteve presente em quantidade alta na superfície da **represa de Ibitinga** com valor de 13,47µg/L. Nas outras represas como **Barra Bonita**, **Bariri** e **Três Irmãos** a concentração de nitrito ficou abaixo de 2,0µg/L. Na **represa de Promissão** o valor oscilou 3,54 a 4,81µg/L e na **represa de Nova Avanhandava** oscilou entre 4,84 a 6,35µg/L.

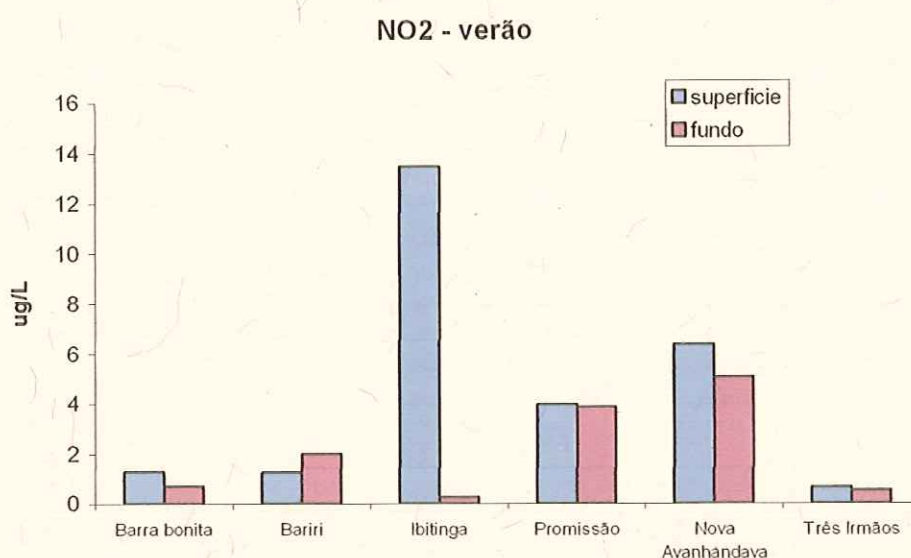


FIGURA 16 - Valores das concentrações de NO₂, na superfície e no fundo nas represas do Médio e Baixo rio Tietê, no verão durante o período de 12/03 a 20/04/1999.

A Fig 17 refere-se às concentrações de nitrito obtidas nas 6 represas na superfície e no fundo, na época do inverno. As represas que apresentaram concentrações altas de nitrito nesse período foram as **represas de Barra Bonita** com um valor médio de 46,12µg/L e de **Bariri** com 29,97µg/L. As outras represas apresentaram valores médios abaixo de 6,0µg/L (Tabela x).

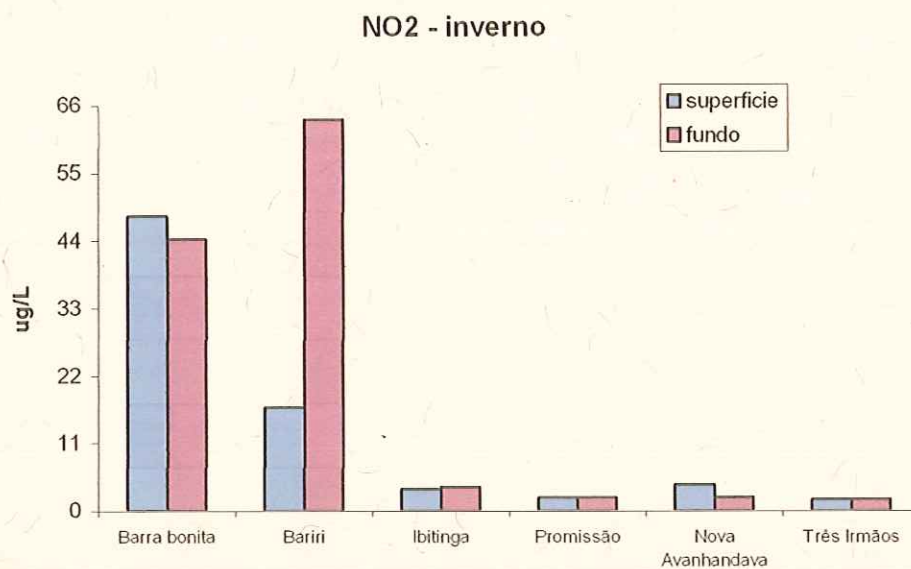


FIGURA 17 - Valores das concentrações de NO₂, na superfície e no fundo nas represas do Médio e Baixo rio Tietê, no inverno durante o período de 06/07 a 23/07/1999

FOSFÓRO DISSOLVIDO E FOSFORO TOTAL

➤ FÓSFORO TOTAL

A Fig 18 se refere ao fósforo total analisado nas seis represas do Médio e Baixo Tietê na época do verão (fevereiro/99) e do inverno (julho/99). Observa-se que no caso do fósforo, ao contrário do nitrogênio as concentrações mais altas foram observadas no verão, com decréscimo gradual da **represa de Barra Bonita** para a **represa de Três Irmãos**. A **represa de Barra Bonita** apresentou uma concentração de 78,27 μ g/L de fósforo decrescendo para 61,09 μ g/L em **Bariri**, 49,02 μ g/L em **Ibitinga**, 28,60 μ g/L em **Promissão**, 14,33 μ g/L em **Nova Avanhandava** e 5,37 μ g/L em **Três Irmãos**. No período de inverno, o valor médio do fósforo total na **represa de Barra Bonita** foi 42,76 μ g/L, decrescendo na represa de **Bariri** para 29,84 μ g/L e para 17,38 μ g/L em **Ibitinga**. Entretanto, nas represas de **Promissão** e de **Nova Avanhandava** houve um pequeno aumento atingindo respectivamente 24,72 e 25,37 μ g/L. A **represa de Três Irmãos** apresentou um valor médio de 14,20 μ g/L.

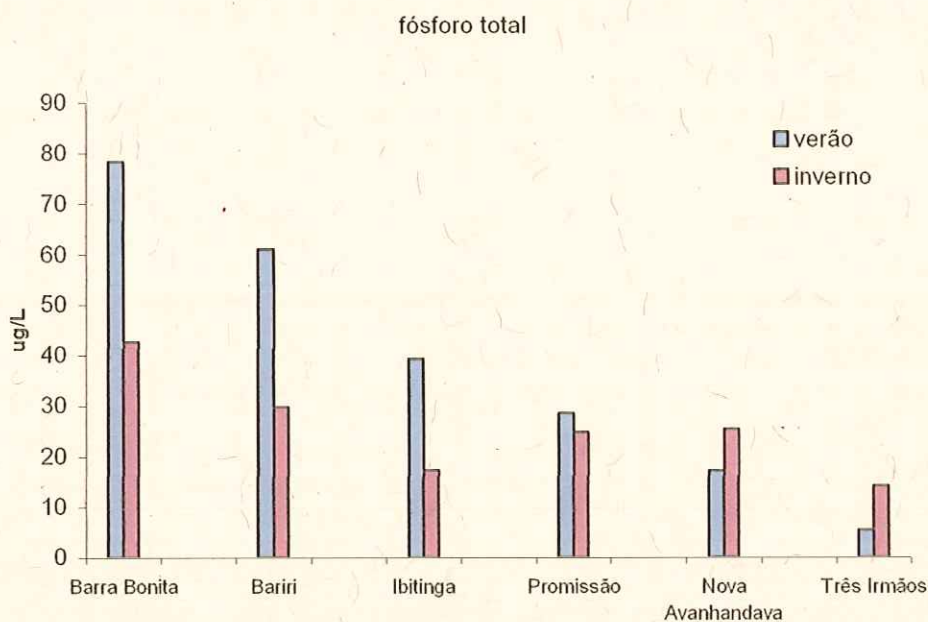


FIGURA 18 – Valores médios de concentração de fósforo total obtidos da coluna d'água das represas de Barra Bonita, Bariri, Ibitinga, Promissão, Nova Avanhandava e Três Irmãos períodos de verão e inverno (março e julho/99).

➤ FOSFORO TOTAL E FOSFORO INORGÂNICO DISSOLVIDO

Como pode ser visto na Fig 19 o fósforo total dissolvido determinado sob a forma de ortofosfato (PO_4^{-3}) nas 6 represas, no período do verão foi encontrado em concentrações maiores na superfície do que no fundo na **represas de Barra Bonita, Bariri, Ibitinga** com valores variando de 37,08µg/L encontrado na **represa de Bariri** a 49,61µg/L encontrado em **Ibitinga**. Na **represa de Promissão** o valor mais alto (25,47µg/L) foi encontrado na camada do fundo enquanto que nas **represas de Nova Avanhandava e Três Irmãos**, não houve diferença significativa entre a superfície e fundo com valores médios de 7,28µg/L em **Nova Avanhandava** e de 3,39µg/L em **Três Irmãos**.

Os valores de fósforo total dissolvido corresponderam ao redor de 50% dos valores de fósforo total particulado significando que 50% do valor deste último

correspondem ao fósforo incorporado em material particulado, principalmente aos organismos planctônicos.

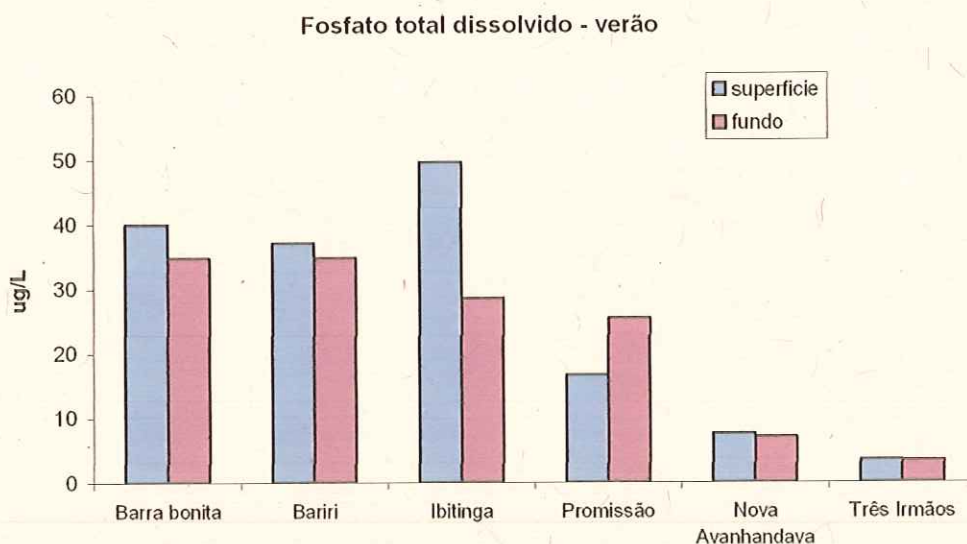


FIGURA 19 - Concentrações de fósforo total dissolvido na superfície e no fundo nas represas do Médio e Baixo rio Tietê no verão, durante o período de 12/03 a 20/04/1999.

Na época do inverno (Fig 20), nas represas de **Barra Bonita**, **Bariri**, **Ibitinga** e **Promissão** houve redução das concentrações de fósforo total dissolvido em relação ao verão, porém, nas represas de **Nova Avanhandava** e **Três Irmãos** houve um aumento, sendo que na primeira, principalmente na camada do fundo foi registrado concentração de $31,57\mu\text{g/L}$ de fósforo e na represa de **Três Irmãos** na superfície registrou-se $17,50\mu\text{g/L}$.

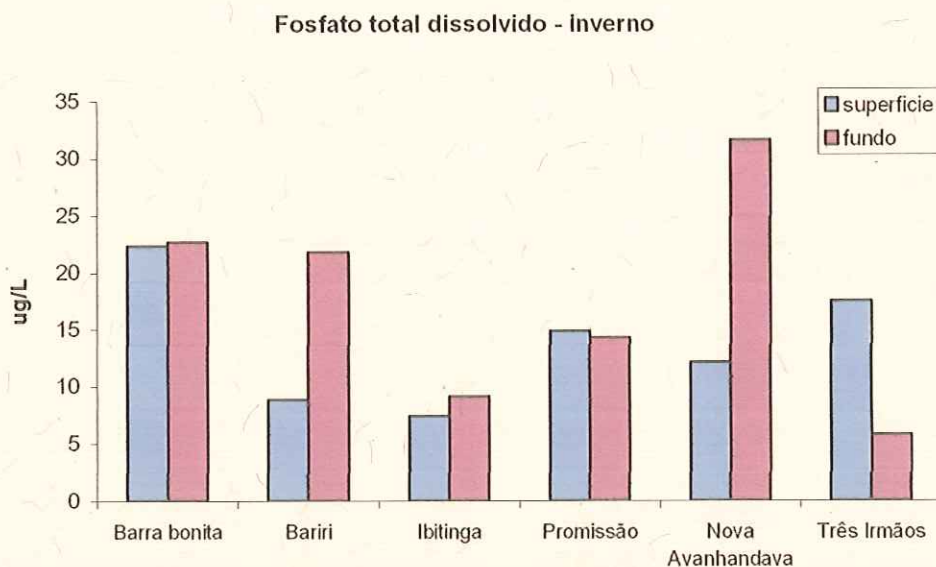


FIGURA 20 - Concentrações de fosfato total dissolvido na superfície e no fundo nas represas do Médio e Baixo rio Tietê no inverno, durante o período de 06/07 a 23/07/1999

➤ FOSFORO INORGÂNICO

O fósforo inorgânico, elemento químico essencial para o crescimento do fitoplâncton, foi encontrado em concentrações superiores a $25,0\mu\text{g/L}$ nas três primeiras represas em cascata (**Barra Bonita, Bariri e Ibitinga**), na época do verão, com valores um pouco maiores na camada da superfície (Fig 21). Na **represa de Promissão** a concentração se reduziu drasticamente, apresentando valores um pouco maiores no fundo ($11,20\mu\text{g/L}$). Em **Nova Avanhandava** e **Três Irmãos** as concentrações de fósforo inorgânico nessa época foi inferior a $2,0\mu\text{g/L}$.

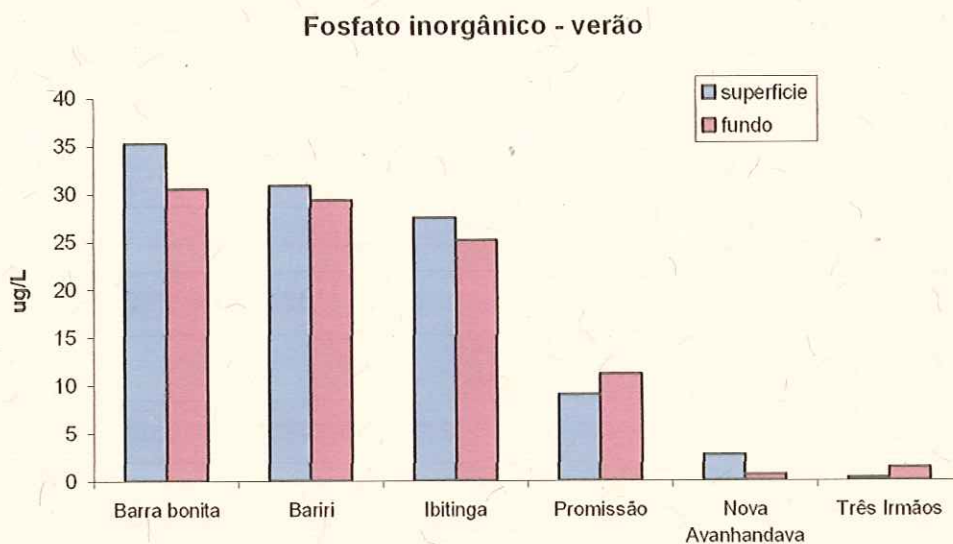


FIGURA 21 - Concentrações de fosfato inorgânico na superfície e no fundo nas represas do Médio e Baixo rio Tietê no verão, durante o período de 12/03 a 20/04/1999.

No período do inverno houve quedas das concentrações de fósforo inorgânico em relação às de verão e, na maioria das represas os valores maiores foram encontrados nas camadas de fundo (Fig 22). Concentrações maiores foram encontradas nas **represas de Barra Bonita** ($22,63\mu\text{g/L}$) seguida de **Bariri** ($21,75\mu\text{g/L}$) e na **represa de Nova Avanhandava** ($13,84\mu\text{g/L}$).

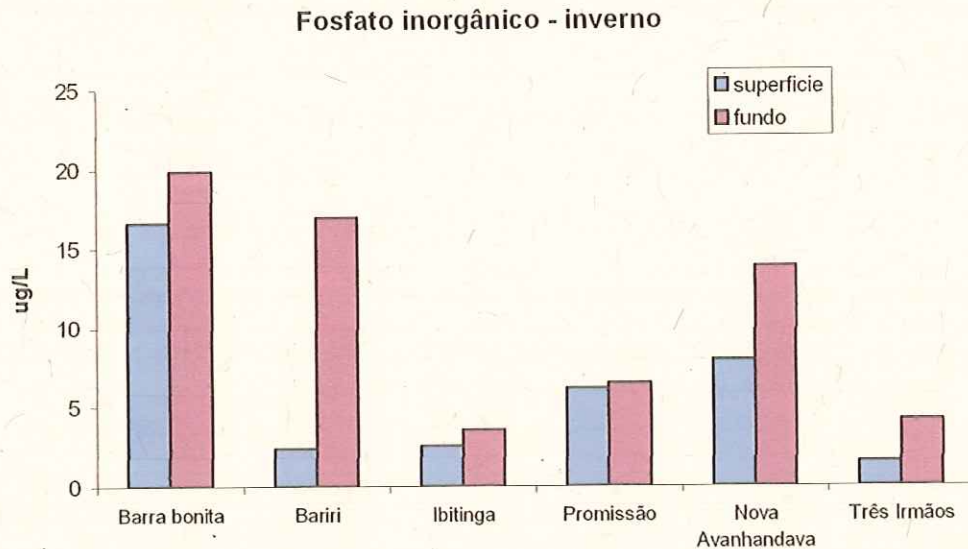


FIGURA 22 - Concentrações de fosfato inorgânico na superfície e no fundo nas represas do Médio e Baixo rio Tietê no inverno, durante o período de 06/07 a 23/07/1999.

➤ SILICATO

O silicato é um elemento químico importante para o crescimento de certos grupos de fitoplâncton como Diatomomideo, composto de muitos gêneros dos quais o mais importante é o gênero *Aulacoseira*, muito comum nos reservatórios do Médio Tietê. Essas algas utilizam a sílica para a construção de suas frústulas. Nos seis reservatórios estudados, como pode ser observado na Fig 23 na época do verão, a concentração mais baixa foi encontrada na **represa de Barra Bonita** (valor médio de 2,91mg/L) e a mais alta em **Promissão** onde foi registrada 5,45mg/L. No inverno (Fig 24) a mais baixa foi registrada em **Ibitinga** com 1,92mg/L e o valor mais alto na **represa de Nova Avanhandava** com 4,62mg/L.

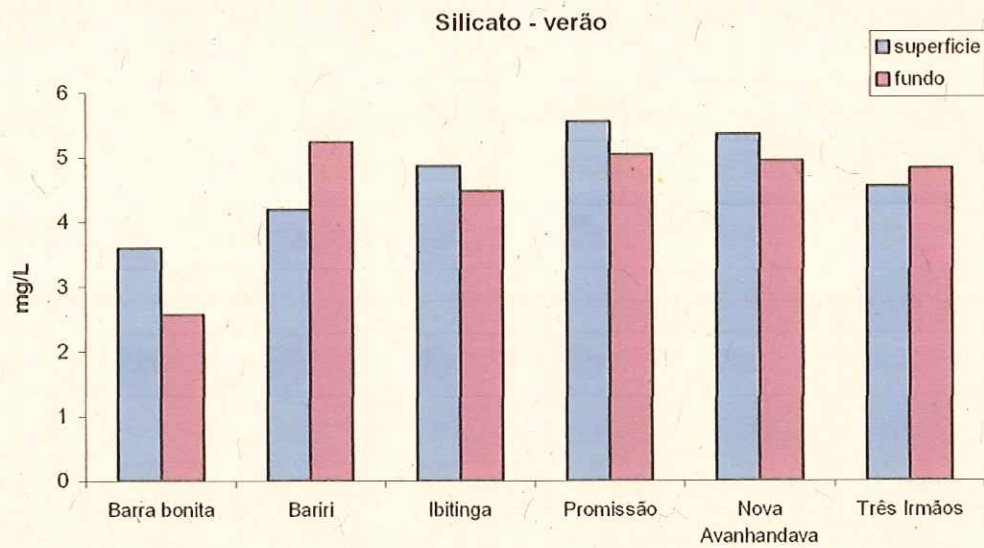


FIGURA 23 – Concentrações de silicato na superfície e no fundo nas represas do Médio e Baixo rio Tietê, no verão durante o período de 12/03 a 20/04/1999.

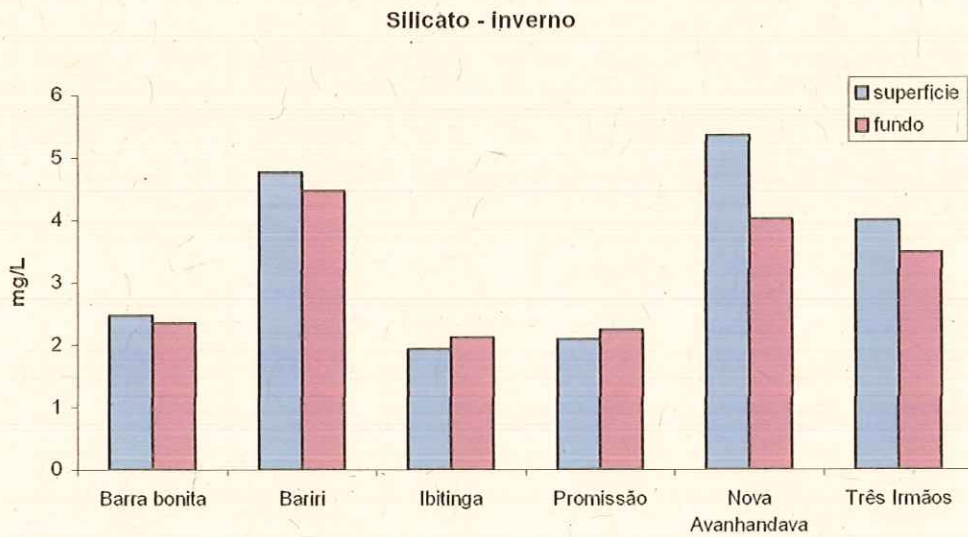


FIGURA 24 - Concentrações de silicato na superfície e no fundo nas represas do Médio e Baixo rio Tietê, no inverno durante o período de 06/07 a 23/07/1999.

5.3 – VARIÁVEIS BIOLÓGICAS

5.3.1 – BIOMASSA E COMPOSIÇÃO DE FITOPLÂNCTON

➤ Concentração de clorofila a

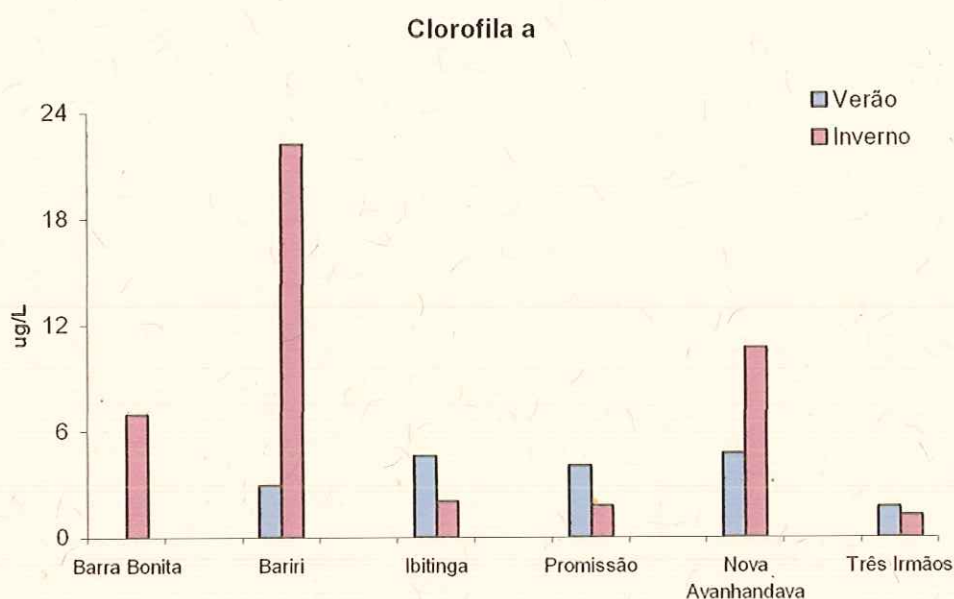


FIGURA 25 – Concentração de clorofila a na superfície das represas de Barra Bonita, Bariri, Ibitinga, Promissão, Nova Avanhandava e Três Irmãos durante os períodos de verão e inverno do ano de 1999.

As concentrações de clorofila foram maiores no período de inverno nas represas de **Barra Bonita, Bariri e Nova Avanhandava** e, nas represas de **Ibitinga, Promissão e Três Irmãos** as concentrações de clorofila foram superiores no verão.

Na **represa de Barra Bonita**, na época do verão, não foi possível detectar clorofila pois no dia que antecedeu a coleta houve um forte temporal com chuvas intensas ocasionando uma mistura das águas da represa com a dos tributários e das águas de drenagem, trazendo consigo uma grande quantidade de material inorgânico. Também, com o aumento do nível da água da represa as comportas



foram abertas descarregando toda a água superficial que contém a comunidade fitoplanctônica. A concentração de clorofila no período do inverno deste ambiente foi de 6,91 $\mu\text{g/L}$.

A mais alta concentração de clorofila foi encontrada na **represa de Bariri**, na época do inverno, registrando o valor de 22,22 $\mu\text{g/L}$ e também em **Nova Avanhandava** (10,67 $\mu\text{g/L}$).

➤ Composição fitoplanctônica- abundância relativa dos principais grupos.

A análise da distribuição da abundância relativa dos grupos fitoplanctônicos nesses reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tietê está associado com o estado trófico dos reservatórios.

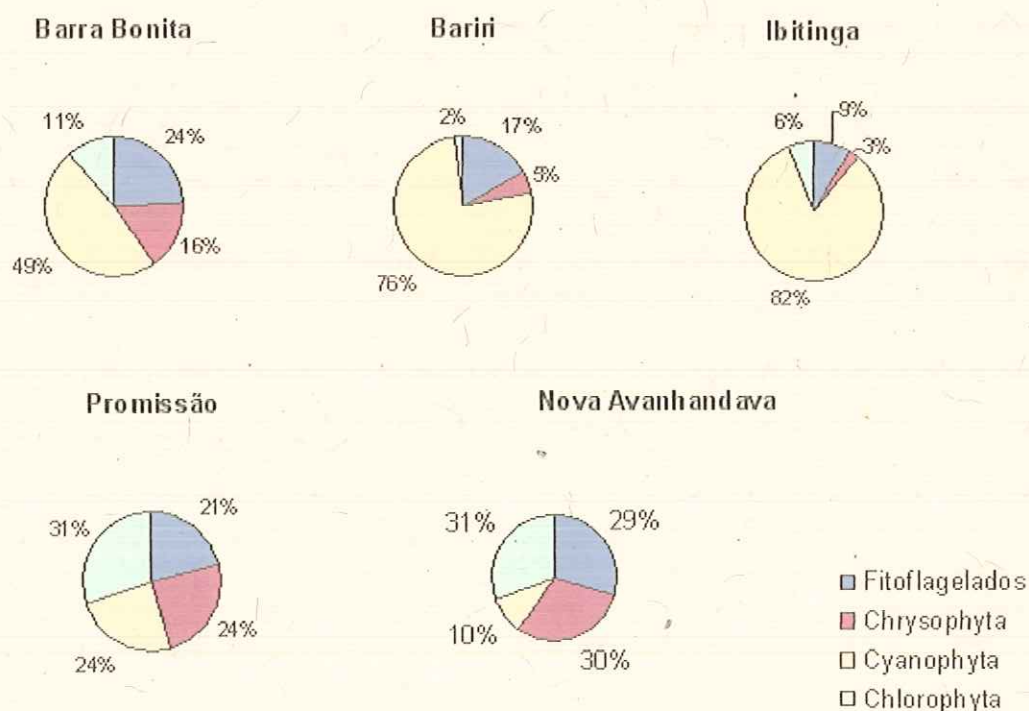


FIGURA 26 - Abundância relativa dos principais grupos fitoplanctônicos analisados em amostras de 1990 nos cinco reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tietê (o gráfico foi elaborado a partir dos dados de Tundisi, 1990).

Na Fig 26 as três primeiras represas (**Barra Bonita, Bariri e Ibitinga**) apresentam maior abundância do grupo das Cyanophyta, característica de águas eutróficas. Maior percentual deste grupo foi encontrado na **represa de Ibitinga**, com 82%, seguida da **represa de Bariri** (com 76%) e **Barra Bonita** (com 49%). As **represas de Promissão** e de **Nova Avanhandava**, que são menos eutrofizadas, apresentaram o grupo das Chlorophyta como sendo mais abundante.

5.3.2 - DENSIDADE ZOOPLANCTÔNICA (N ° DE ORGANISMOS/ M³) E COMPOSIÇÃO

➤ Abundância do zooplâncton

Na Fig 27 estão apresentados os dados de abundância de organismos zooplancônicos obtida nos seis reservatórios em cascata analisada nas épocas de inverno (julho) e de verão (março) de 1999. Nas amostras de verão e maior abundância de zooplâncton foi encontrada nas **represas de Barra Bonita, Nova Avanhandava e Três Irmãos** enquanto que nas de inverno, maior abundância foi encontrada na **represa de Barra Bonita** seguida pelas outras em valores decrescentes até **Três Irmãos**.

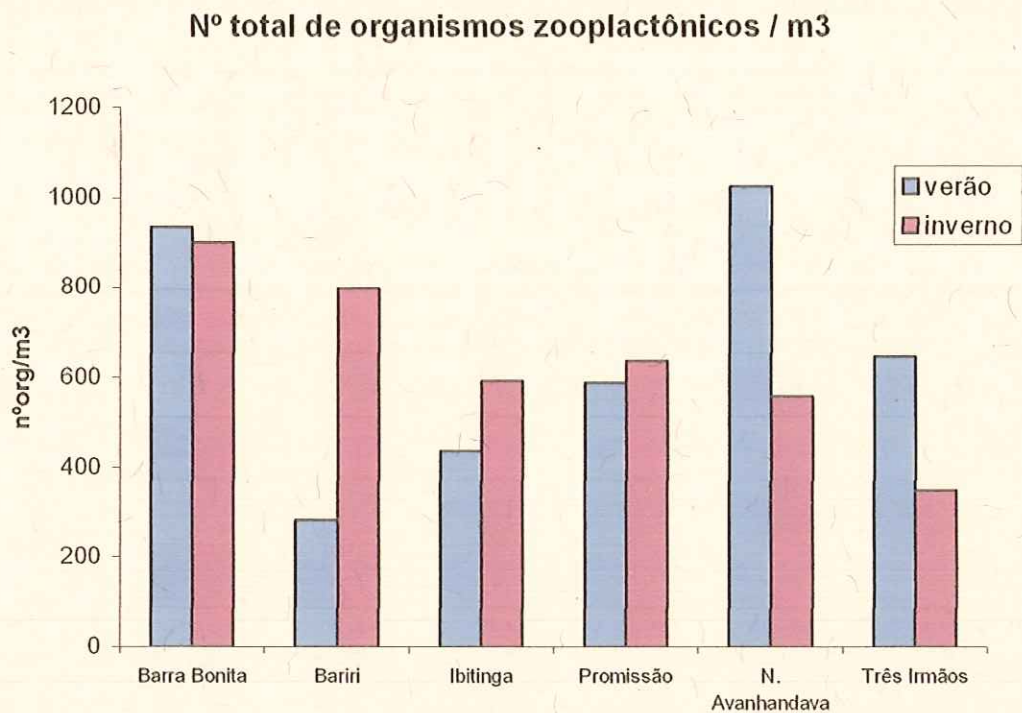


FIGURA 27-Densidade de zooplâncton (em nº de org./m³) nas seis represas do Médio e Baixo Tietê, nas épocas do verão (março) e do inverno (julho) de 1999.

➤ **Composição - Abundância relativa dos principais grupos zooplanctônicos**

A análise da ocorrência dos grupos zooplanctônicos: Rotifera, Cladocera e Copepoda em termos de abundância relativa é importante, pois a abundância de um ou de outro grupo encontra-se relacionada com o estado trófico dos reservatórios.

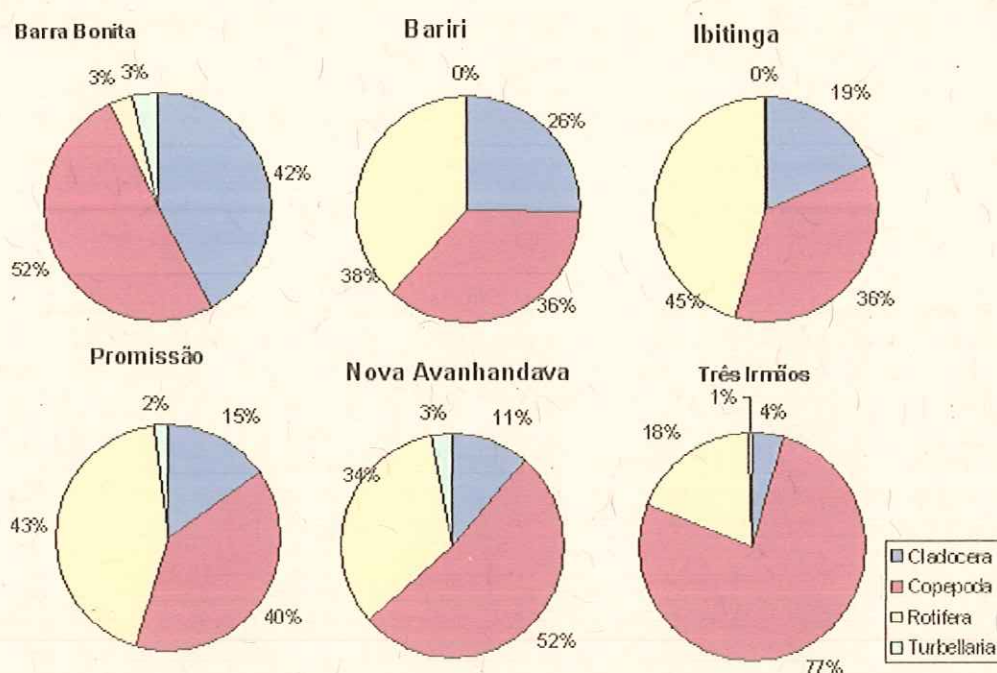


FIGURA 28 - Abundância relativa dos principais grupos zooplanctônicos: Rotifera, Cladocera, Copepoda e Turbellaria, nas represas em cascata do Médio e Baixo rio Tietê na época do verão (março/99).

Na Fig 28 pode-se observar que na época do verão as seis represas foram dominadas pelos microcrustáceos Copepoda e Cladocera, especificamente nas **represas de Barra Bonita** cujo zooplâncton foi composto por 52% de Copepoda e 42% de Cladocera e na **represa de Três Irmãos** onde Copepoda teve 77% de participação e Cladocera 4%. A presença de Turbelário carnívoro do gênero *Mesochra* nas **represas de Barra Bonita** (3%), **Promissão** (2%) e **Nova Avanhandava** (3%) constitui uma importante indicação de controle populacional que os sistemas possuem da relação predador-presa.

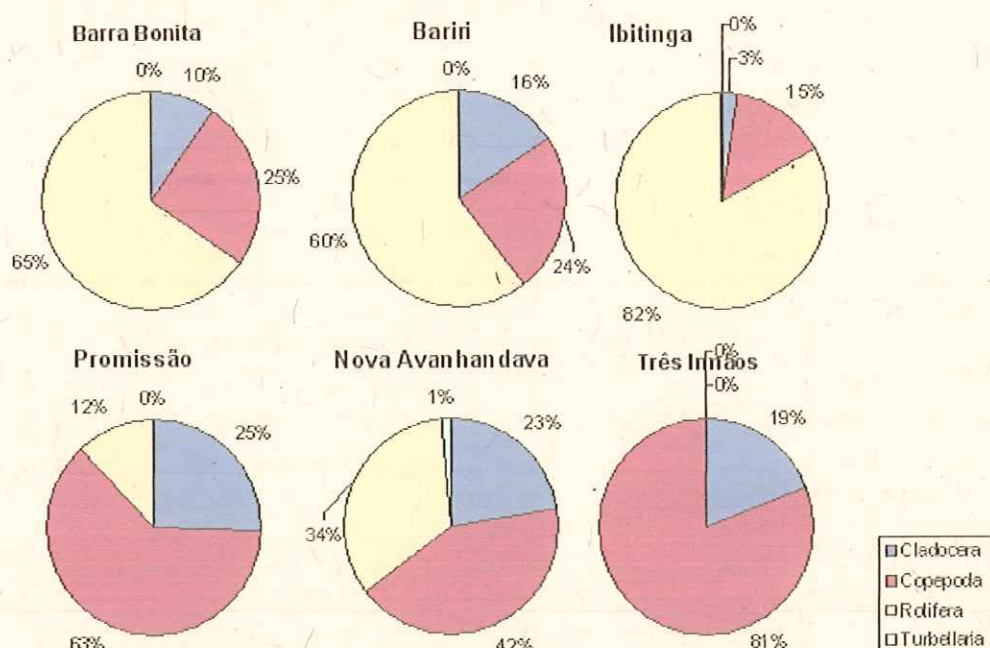


FIGURA 29 - Abundância relativa dos principais grupos de zooplâncton: Rotifera, Cladocera, Copepoda e Turbellaria nas represas em cascata do Médio e Baixo rio Tietê, na época do inverno (julho/99).

Na época do inverno (Fig 29), os Rotifera dominaram as três primeiras represas contribuindo com 65% na **represa de Barra Bonita**, 60% em **Bariri** e 82% em **Ibitinga**. Nas outras represas foram os microcrustáceos sendo que na **represa de Promissão** os Copepoda contribuíram com 63% e Cladocera 25%; em **Nova Avanhandava** a contribuição dos Copepoda foi de 42% e de Cladocera 23%. Na **represa de Três Irmãos** o zooplâncton foi constituído somente por Copepoda (91%) e Cladocera (19%) estando ausente os Rotifera.

A presença de Turbelário nesta época foi verificada somente na **represa de Nova Avanhandava** contribuindo com 1%.

➤ Relação Calanoida e Cyclopoida

Entre os Copepoda dois grupos, Calanoida e Cyclopoida, se diferenciam pelo seu hábito alimentar; o primeiro sendo considerado herbívoro e o segundo carnívoro. E a abundância de um ou de outro grupo nos reservatórios constitui indicativo do estado trófico dos sistemas.

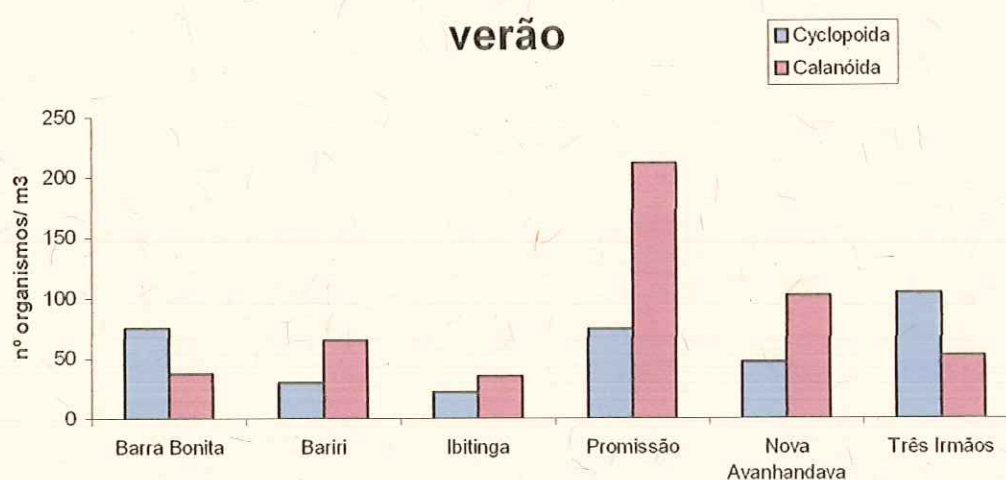


FIGURA 30– Abundância de Calanoida e de Cyclopoida nas represas do Médio e Baixo rio Tietê, no verão durante o período de 12/03 a 20/04/1999.

A Fig 30 mostra que na época do verão os Cyclopoida foram mais abundantes do que os Calanoida nas **represas de Barra Bonita e Três Irmãos**. Nos outros reservatórios, especificamente na **represa de Promissão** os Calanoida foram mais abundantes do que Cyclopoida.

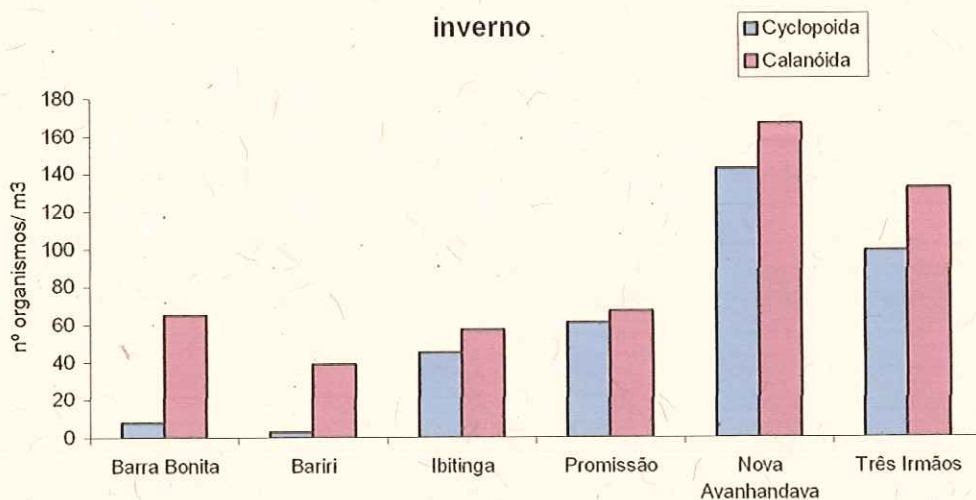


FIGURA 31 – Abundância de Cyclopoida e de Calanoida nas represas do Médio e Baixo rio Tietê, no inverno durante o período de 06/07 a 23/07/1999

No período de inverno, como mostra a Fig 31, o grupo dos Calanoida foi mais abundante que o grupo dos Cyclopoida nas 6 represas em cascata estudadas.

A tabela 1 fornece a composição específica dos organismos zooplanctônicos

Tabela 1 - Composição específica dos organismos zooplancônicos presentes nas represas de Barra Bonita, Bariri, Ibitinga, Promissão, Nova Avanhandava e Três Irmãos no ano de 1999.

Espécies	Barra Bonita	Bariri	Ibitinga	Promissão	Nova Avanhandava	Três Irmãos
Rotifera						
<i>Ascomorpha ovalis</i>			X			
<i>Asplanchna sieboldi</i>	X			X	X	
<i>Brachionus calyciflorus</i>	X	X		X	X	X
<i>Conochilus unicornis</i>		X	X	X	X	X
<i>Filinia terminales</i>			X	X	X	X
<i>Kellycottia bostoniensis</i>	X	X				
<i>Keratella coclearis</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Lecane lunares</i>	X		X	X	X	
<i>Polyarthra vulgaris</i>	X	X	X	X	X	
<i>Trichocerca capucina</i>	X					X
Cladocera						
<i>Bosmina hagdmani</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Bosminopsis deitersi</i>	X					
<i>Ceriodaphnia cornuta</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Ceriodaphnia silvestrii</i>	X	X	X	X	X	
<i>Daphnia gessneri</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Diaphanosoma birgei</i>	X		X	X	X	X
<i>Diaphanosoma spinulosum</i>	X	X	X	X	X	
<i>Leydigia sp</i>	X					
<i>Moina minuta</i>	X	X	X	X	X	
<i>Simocephalus serrulatus</i>				X	X	X
Copepoda						
Calanóida						
<i>Notodiaptomus iheringi</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Notodiaptomus sp.A</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Notodiaptomus sp.B</i>	X		X	X	X	
<i>Notodiaptomus cearensis</i>	X	X	X	X	X	
<i>Argyrodiaptomus azevedoi</i>					X	X
Cyclopoida						
<i>Mesocyclops ogunnus</i>	X	X	X			X
<i>Thermocyclops minutus</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Thermocyclops decipiens</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Eucyclops encifer</i>		X				

5.4 – Índice do estado trófico nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tietê.

Foram aplicados os índices desenvolvidos por Carlson (1977), Kratzer & Brezonick (1981) e de Toledo Jr (1990), para avaliar o estado trófico dos seis reservatórios cujos resultados estão apresentados na tabela 2.

Tabela 2 - Índices de Carlson (1977), Kratzer & Brezonick (1981) e de Toledo Jr (1990).

LOCAL	Carlson (1977)				Kratzer&Brezonick (1981)	
	IET(P) verão	IET(P) inverno	IET(CHL) verão	IET(CHL) inverno	IET(N) verão	IET(N) inverno
Barra Bonita	67,05	58,33	*	49,53	155,75	175,9
Bariri	63,48	53,14	36,28	60,78	154,37	161,42
Ibitinga	57,09	45,34	47,22	37,61	143,77	163,44
Promissão	52,53	50,43	39,20	36,00	151,73	157,02
Nova Avanhandava	45,19	50,80	45,79	53,79	154,44	149,32
Três Irmãos	28,40	42,43	33,59	32,60	146,64	145,5

Estado Trófico	IET	Estado Trófico	IET
Ultra-oligotrófico	< 20	Ultra-oligotrófico	< 20
Oligotrófico	21 – 40	Oligotrófico	21 – 40
Mesotrófico	41 – 50	Mesotrófico	41 – 50
Eutrófico	51 – 60	Eutrófico	51 – 60
Hipereutrófico	> 61	Hipereutrófico	> 61

LOCAL	Verão			Inverno		
	IET(P)	IET(CHL)	IET(P)+IET(CHL)/2	IET(P)	IET(CHL)	IET(P)+IET(CHL)/2
Barra Bonita	59,63	*	*	50,91	49,95	50,43
Bariri	56,05	36,41	46,23	45,71	61,44	53,58
Ibitinga	49,67	47,59	48,63	37,92	37,77	37,84
Promissão	45,10	39,39	42,25	43,00	36,12	39,56
Nova Avanhandava	37,77	46,13	41,95	43,37	54,31	48,84
Três Irmãos	20,97	33,65	27,31	35,00	32,64	33,82

Estado trófico	IET
Oligotrófico	< = 44
Mesotrófico	44<IET<=54
Eutrófico	54<IET,=74
Hipereutrófico	>74

Desses índices os que deram melhor resultado, aproximando-se mais da realidade foram os índices de Carlson. Desta forma foram utilizados os índices desenvolvidos por Carlson (1977), utilizando a concentração do fósforo total e da clorofila para avaliar o estado trófico dos seis reservatórios. A utilização da equação de Kratzer & Brezonick (1981) para nitrogênio total não foi eficaz, devido a grande concentração de formas de nitrogênio dissolvidas que ocorreram nesses reservatórios.

A aplicação do índice de Carlson, considerando a concentração do fósforo total nos seis reservatórios em cascata do Médio e Baixo Tietê, na época do verão e do inverno, mostrou que no verão (Fig 32) as represas de **Barra Bonita** e **Bariri** apresentaram um IET > 60 tendendo para hipereutrófico. A represa de **Ibitinga** apresentou um IET entre 50 – 60, sendo considerado eutrófico e, as represas de **Promissão** e **Nova Avanhandava** (40 – 50) mesotrófico e Três Irmãos (20 - 40) oligotrófico.

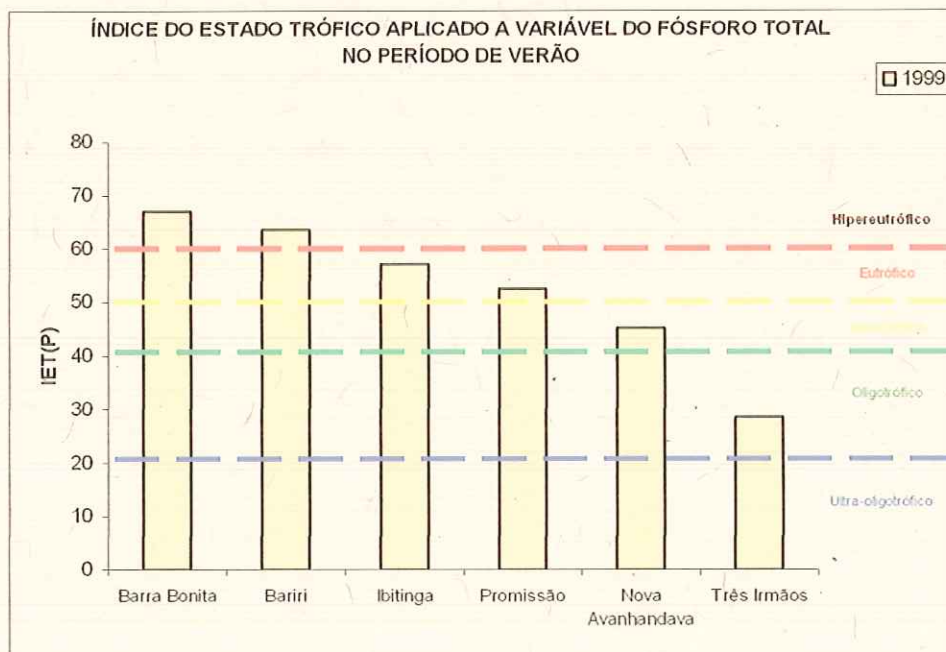


FIGURA 32 – Valores do índice do estado trófico para fósforo total obtidos nas represas do Médio e Baixo rio Tietê, no verão durante o período de 12/03 a 20/04/1999.

Na época do inverno a maioria das represas apresentou valores do IET que se enquadram entre mesotrófico tendendo para eutrófico. Somente as **represas de Barra Bonita e Bariri** apresentaram o valor do IET entre 50 – 60, sendo consideradas eutróficas.

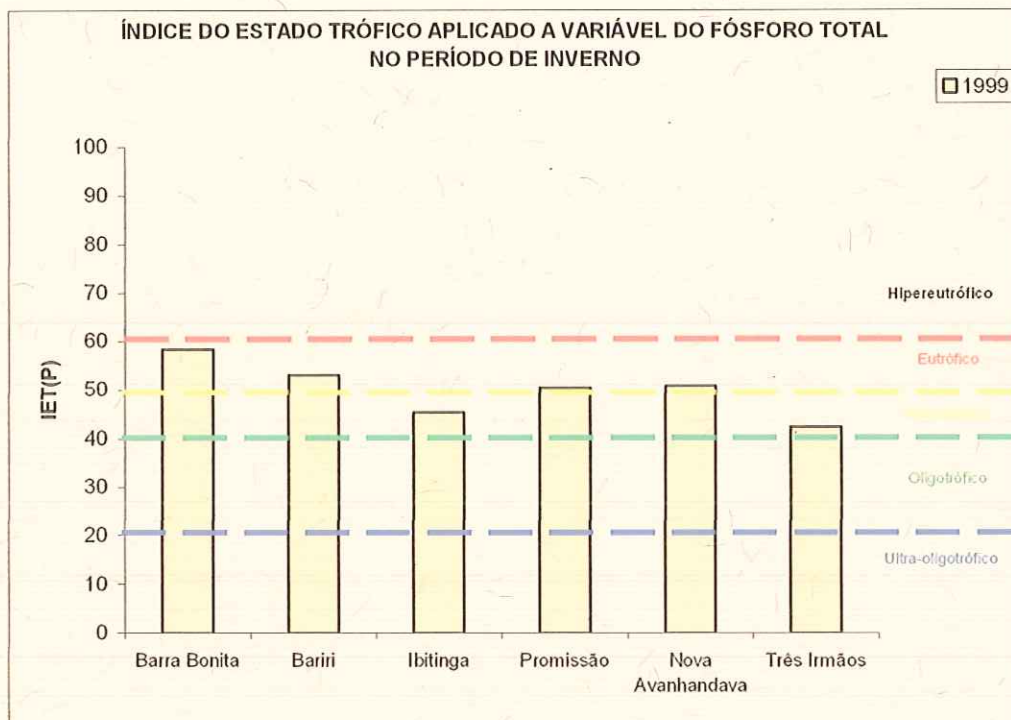


FIGURA 33 – Valores do índice do estado trófico utilizando o fósforo total obtidos nas represas do Médio e Baixo rio Tietê, no inverno durante o período de 06/07 a 23/07/1999

O índice do estado trófico aplicado às concentrações de clorofila nos reservatórios encontra-se na Fig 34, para os valores da época do verão e, na Fig 35 para os valores da época do inverno.

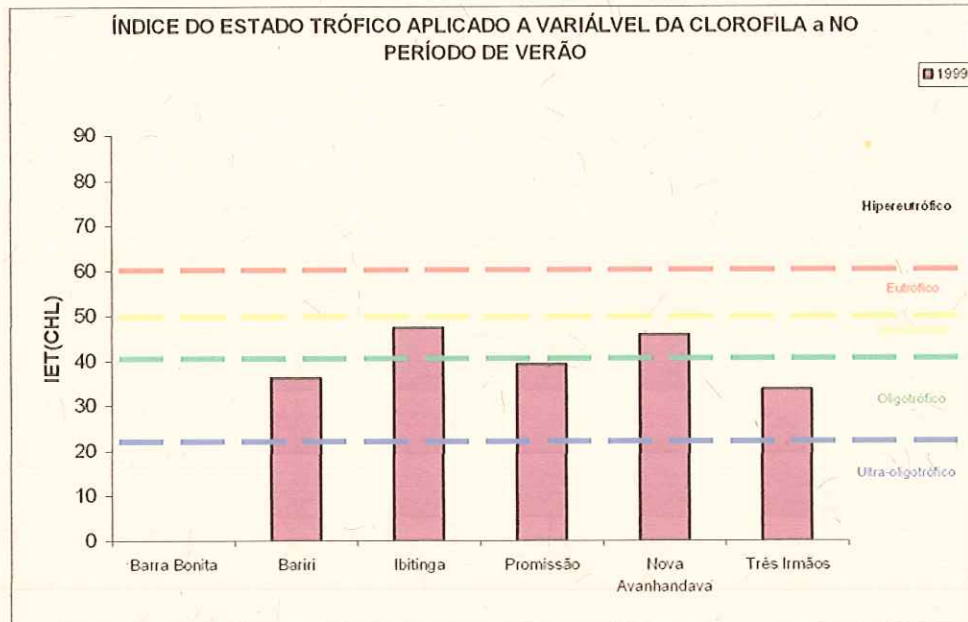


FIGURA 34 – Valores do índice do estado trófico utilizando as concentrações de clorofila *a* nas represas do Médio e Baixo rio Tietê, no verão durante o período de 12/03 a 20/04/1999.

Na época de verão, ainda com precipitação elevada, as represas apresentaram baixos valores de clorofila, a maioria apresentando índices baixos que colocam os sistemas de oligotrófico a mesotrófico. Na **represa de Barra Bonita** nem foi possível determinar a clorofila, pois devido a forte chuva ocorrida no dia anterior ao da coleta, houve um aumento de turbidez da água decorrente da entrada da material inorgânico, além de uma saída das águas superficiais carregando o fitoplâncton pela abertura das comportas da barragem.

No inverno (época da seca) (Fig 35) a **represa de Barra Bonita** apresentou uma concentração de clorofila *a* cujo índice indicou a represa como sendo mesotrófico. Os índices calculados para as **represas de Bariri e de Nova Avanhandava** indicaram que elas são eutróficas enquanto que as represas de **Ibitinga, Promissão e Três Irmãos** se comportaram como oligotróficas.

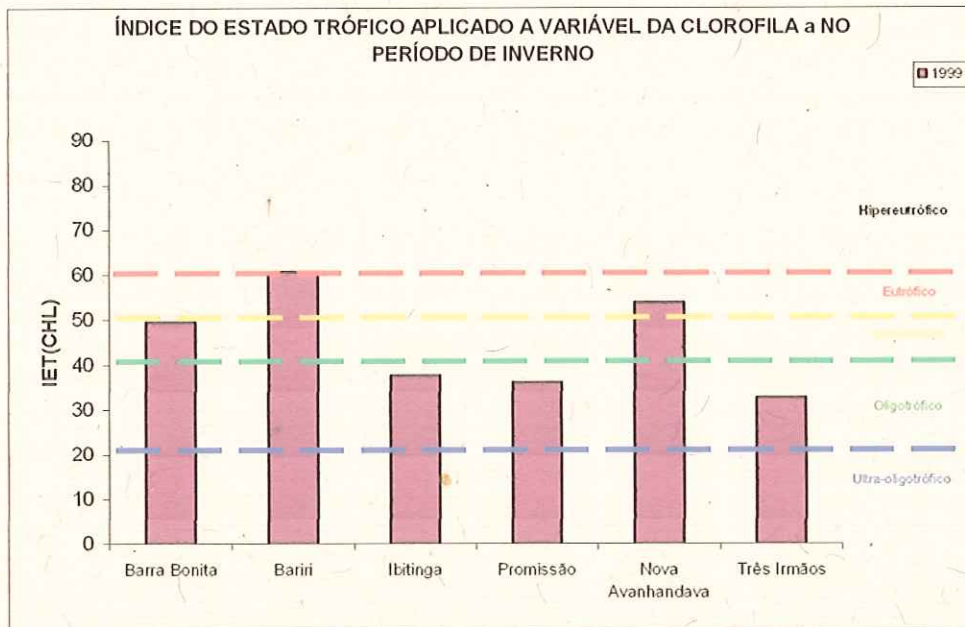


FIGURA 35 – Valores do índice do estado trófico em relação à clorofila a nas represas do Médio e Baixo rio Tietê, no inverno durante o período de 06/07 a 23/07/1999

5.5 Eutrofização na represa de Barra Bonita ao longo do período de 1990 a 2003.

A **represa de Barra Bonita** é a mais eutrofizada dos seis reservatórios em cascata construídos no rio Tietê por ser o primeiro deles, recebendo toda a carga poluidora, doméstica e industrial da metrópole de São Paulo. Os índices do estado trófico determinados, utilizando tanto o fósforo total (Fig 36) como os valores de clorofila (Fig 37) através do índice de Carlson, mostram que o reservatório está caminhando de mesotrófico a eutrófico em 1990 para completamente eutrófico em 2000 (Rodgher, 2001) e hipereutrófico em 2003 (Brasil das Águas).

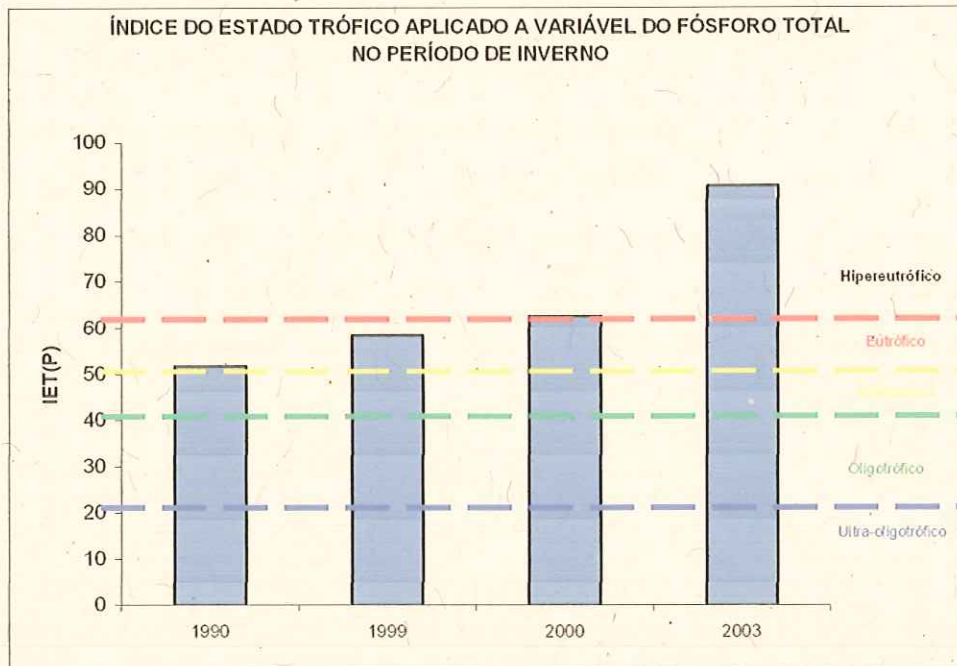


FIGURA 36 – Índice do estado trófico aplicado às concentrações de fósforo total, no período de inverno, ao longo dos anos de 1990 a 2003 na represa de Barra Bonita.

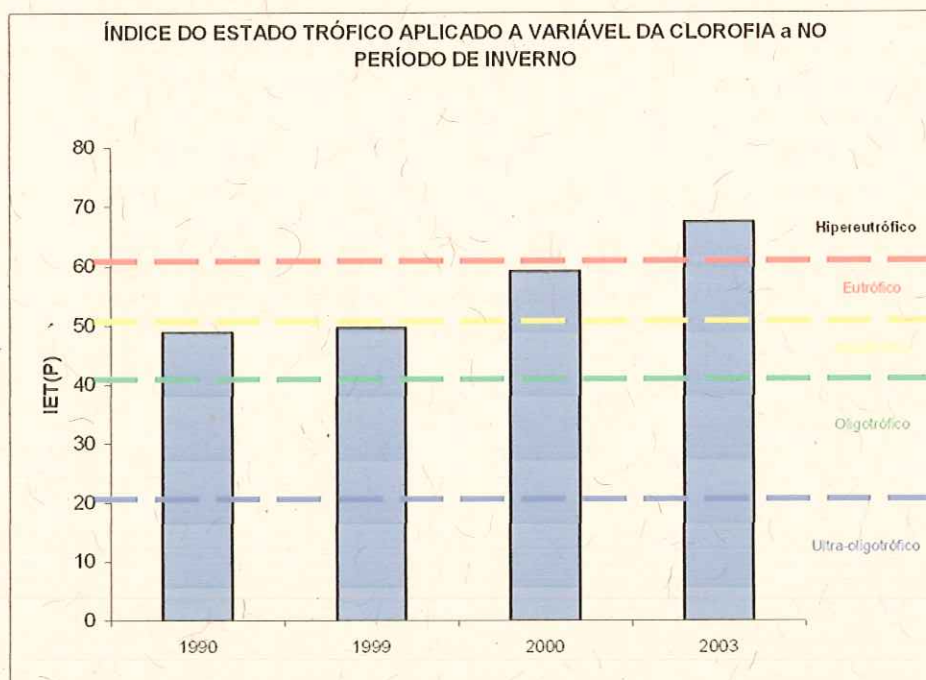


FIGURA 37 – Índice do estado trófico aplicado às concentrações de clorofila a, no período de inverno, ao longo dos anos de 1990 a 2003 na represa de Barra Bonita.

6. DISCUSSÃO

6.1. Dinâmica de funcionamento dos reservatórios em cascata construídos no rio contínuo, em termos de nutrientes.

A construção de uma série de reservatórios em cascata ao longo de um rio certamente causa uma série de mudanças nas características originais do mesmo, como foi observado por Vannotte *et al.* (1980). O rio Tietê, que percorre o estado de São Paulo no sentido leste – oeste, recebe no seu trecho inicial uma grande carga de poluentes provindos da metrópole de São Paulo. E o primeiro a receber essa carga de poluentes do rio Tietê é o reservatório de Barra Bonita que por sua vez recebe um outro tributário, o rio Piracicaba, que trás consigo uma outra carga de poluentes vindo da bacia do rio Piracicaba. Portanto o reservatório de Barra Bonita é um grande acumulador de carga de nutrientes encontrando-se no estado bastante eutrófico. Nos primeiros estudos feitos nesses reservatórios em 1979 por Matsumura-Tundisi *et al.* (1981), Tundisi (1981), Tundisi & Matsumura-Tundisi (1989), já havia sido detectada a grande carga de matéria orgânica que a represa de Barra Bonita estava recebendo, havendo um prognóstico de um aumento acelerado do processo de eutrofização. Os reservatórios que se seguem ao de Barra Bonita, como de Bariri, Ibitinga e outros recebem cada vez menos carga de nutrientes, declinando o estado trófico dos reservatórios. Barbosa *et al.* (1999) encontraram claramente uma redução gradual da concentração de nitrogênio total do rio Tietê para as represas de Barra Bonita e desta para Bariri, Ibitinga, Promissão, Nova Avanhandava e Três Irmãos.

No presente trabalho foi detectado que o fósforo é o componente que responde melhor à medição do grau de trofia, pois mostra uma redução gradual da concentração de fósforo total nessas represas seqüenciais, principalmente no período do verão, havendo uma redução de 93,14% de fósforo de Barra Bonita (76,27µg/L) a Três Irmãos (5,37µg/L). O nitrogênio total também apresentou uma diminuição gradual nos reservatórios em seqüência, porém com melhor resultado

no período do inverno com uma redução de 87,84% de Barra Bonita (4.531,53 μ g/L) a Três Irmãos.

Tundisi *et al.*, (1990) comparando a limnologia dos cinco reservatórios do Médio Tietê (Barra Bonita, Bariri, Ibitinga, Promissão e Nova Avanhandava), concluiu que as principais funções de força que causam alterações na dinâmica dos nutrientes são os fatores climatológicos, tais como precipitação e vento, taxa de fluxo e tempo de retenção. Segundo esses autores, uma vez que esses reservatórios são acoplados em um sistema de operação bem projetado é importante comparar o seu funcionamento tanto como uma série de unidades ou como um reator multicompartimental.

É importante considerar também o sistema operacional das barragens, a localização das turbinas e dos vertedouros que controlam as vazões (vertidas e turbinadas) e que descarregam águas de diferentes densidades. As características morfométricas dos reservatórios, o volume de água retida e a contribuição da qualidade de água dos tributários, também exercem influência na retenção ou na exportação de materiais. Ou seja, mesmo em uma cascata, um reservatório pode ter algumas características próprias que dependem da sua relação com a bacia hidrográfica (tipos de solo e usos do solo), número de tributários que alimentam o reservatório e intensidade das atividades humanas na bacia hidrográfica. Por exemplo: determinou-se, recentemente, que o reservatório de Barra Bonita tem 114 pequenos e grandes tributários, os quais descarregam material em suspensão orgânico ou inorgânico e nutrientes, neste reservatório. Nem todos os reservatórios em cascata do Médio Tietê tem tal número de tributários, o que estabelece imediatamente diferenças quanto a heterogeneidade espacial do sistema.

A maioria dos reservatórios do estado de São Paulo são construídos em uma região plana, ocupando assim uma grande extensão de área de inundação sendo, portanto, não muito profundos. Assim, qualquer ação do vento é capaz de quebrar uma estratificação térmica que eventualmente pode se formar durante o verão e provocar a mistura das massas de água. Portanto, é difícil estabelecer um padrão de distribuição das variáveis limnológicas tanto no sentido vertical como no

sentido horizontal. Estudos recentes realizados com os dados de Barra Bonita por Tundisi *et al* (2002) mostraram que os valores do número de Wedderburn indicam sistemas de circulação permanente com estratificação fraca.

Muitos dos dados limnológicos obtidos no presente estudo, tais como temperatura, pH, condutividade e oxigênio dissolvido em duas épocas, período de verão chuvoso e inverno seco, não mostraram um padrão distinto de distribuição vertical com termoclina ou oxiclina no verão em todos os reservatórios, como foi também observado por Barbosa *et al.* (1999). Isto indica como o comportamento funcional desses reservatórios varia numa escala muito pequena de tempo, devido a uma série de fatores como climatológicos (vento, precipitação), sistemas operacionais da barragem, influenciam no funcionamento dos processos ecológicos.

A construção de reservatórios em série no rio contínuo altera as características originais do rio em termos físicos, químicos e biológicos, porém, essas alterações resultantes da passagem da fase lótica para lântica podem trazer benefícios como o aumento da produtividade biológica.

6.2. Composição do fito e zooplâncton em relação ao grau de trofia dos reservatórios

Os organismos aquáticos são vulneráveis às mudanças ambientais que resultam de atividades humanas com a introdução no meio de poluentes orgânicos ou inorgânicos. As espécies, ou se adaptam às novas condições ou acabam se extinguindo pela falta de capacidade adaptativa às perturbações (Matsumura-Tundisi, 1999). Especialmente os organismos planctônicos, tanto fito como zooplâncton, respondem de imediato a essas perturbações e, muitas vezes algumas espécies ou associações de espécies podem ser utilizadas como indicadores do estado trófico ou de ambientes que sofrem perturbações por atividades humanas.

A comunidade fitoplanctônica pode mostrar constantes mudanças causadas pela variação do nutriente limitante por meio da eutrofização (Woo-Myung &

Bomchul, 1997). A ocorrência de florescimento de algas do grupo das Cyanophyceae (algas azuis) constitui um indicativo de um ambiente eutrófico com alta concentração de nutrientes, principalmente de fósforo. Rawson (1956) e Wetzel (1975) apresentam uma lista de espécies de fitoplâncton caracterizando sistemas oligotróficos, mesotróficos e eutróficos, porém, no caso do fitoplâncton não há necessidade de chegar ao nível de espécies, bastando avaliar os grandes grupos.

Os dados do presente trabalho, cujo estudo de abundância dos grupos fitoplanctônicos foi realizado em 1990, mostram que os reservatórios com maior abundância de Cyanophyceae foram: Ibitinga (82%), Bariri (76%) e Barra Bonita (49%). Esses mesmos resultados foram obtidos por Barbosa et al (1999), quase dez anos após.

O desenvolvimento de certas espécies de Cyanophyceae tóxicas (*Microcystis spp*, *Cylindrospermopsis*) nas últimas décadas, vem sendo objeto de preocupação constante dos órgãos ambientais, institutos de pesquisa e companhias de saneamento, pois em alguns países já foram detectados danos à saúde humana e outros animais (Jardim et al., 2000).

Quanto à comunidade do zooplâncton, segundo Matsumura-Tundisi et al. (1990) não há um organismo específico de cada grupo (seja de Rotifera, Cladocera ou Copepoda) que possa ser considerado como indicador das condições tróficas. Entretanto, algumas espécies de Rotifera, como *Asplanchna sieboldi*, uma espécie carnívora de grande tamanho, aparece em ambientes extremamente eutrofizados como em lagoas de estabilização, porém a sua ocorrência em reservatórios não é freqüente e portanto, muitas vezes esses organismos não são capturados nas amostragens realizadas mesmo em ambientes eutrofizados. Na represa de Barra Bonita essa espécie foi encontrada em várias ocasiões em grande abundância, porém, no presente estudo, esta espécie foi registrada em pequena quantidade na represa de Barra Bonita e em quantidades maiores nas represas de Promissão e Nova Avanhandava.

Muitos autores tentam caracterizar o estado trófico dos lagos através da abundância dos grupos zooplanctônicos, como foi referido por Sidagis Galli

(1997), onde ambientes oligotróficos são dominados por populações de Copepoda e ambientes altamente eutróficos exibem grandes populações de pequenos herbívoros como rotíferos e cladóceros. Porém, essa conceituação com relação a grandes grupos zooplanctônicos não funciona, pois mesmo dentro do mesmo grupo lidamos com organismos de diferentes tamanhos, diferentes hábitos alimentares, ciclos de vida diferentes, tipo de reprodução, enfim há envolvimento de espécies de capacidades adaptativas diferentes. Para os organismos zooplanctônicos é necessário considerar a nível de espécie, pois cada espécie possui peculiaridades biológicas e ecológicas que definem a presença ou a ausência da espécie num determinado ambiente.

A análise da composição do zooplâncton em termos da abundância de organismos predadores é um outro fator que pode diferenciar os sistemas de diferentes estados de trofia. De acordo com Welch (1980), a composição do zooplâncton pode mudar com enriquecimento, mas as mudanças podem ser mais evidentes através da relação predador-presa do que por nutriente ou pelas condições do fitoplâncton.

Considerando o grupo dos Copepoda, que possui dois subgrupos distintos pelo seu hábito alimentar, sendo os Calanoida filtradores (herbivoria) e os Cyclopoida (predador), Tundisi *et al.* (1988) analisaram as 5 represas do Médio Tietê, em termos da razão Calanoida/Cyclopoida, sendo que nas represas mais eutrofizadas como de Barra Bonita, Bariri e Ibitinga essa razão foi menor do que 0,01 enquanto que a de Promissão foi maior do que 0,5. Entretanto, nem sempre essa razão é válida pois depende muito das espécies de Calanoida ou de Cyclopoida presentes. O zooplâncton da represa de Barra Bonita, em 1986, foi dominado pelo Copepoda Calanoida *Notodiaptomus iheringi*, ocorrendo numa quantidade muito maior do que os Cyclopoida (Matsumura-Tundisi & Tundisi, 2003) indicando que esta espécie se adaptou muito bem às condições eutróficas, (Rietzler *et al.*, 2002), estando presente atualmente em grande abundância nas primeiras represas do Médio Tietê. A presença de *Argyrodiaptomus azevedoi* nas represas de Nova Avanhandava e Três Irmãos indica que essa é uma espécie de ambientes meso-oligotróficos.

A ocorrência de associação de certas espécies de Rotifera consideradas de ambientes eutróficos, tais como *Asplanchna sieboldi*, *Brachionus calyciflorus* e *Kellicottia bostoniensis* em grande abundância nas represas de Barra Bonita, Bariri e Ibitinga, pode ser o indicativo da eutrofização dessas represas.

6.3 – Variação do índice do estado trófico dos seis reservatórios nas épocas do verão (chuvoso) e do Inverno (seca).

A seqüência de reservatórios em um mesmo curso de água, chamadas de cascatas, é comum a muitos sistemas fluviais no Brasil e, requerem estudos especiais em relação a sua vulnerabilidade a processos de eutrofização e acumulação de substâncias tóxicas que deterioram a qualidade da água, principalmente porque cada reservatório é operado como uma única unidade de reator (Tundisi *et al.*, 1993).

O estado trófico de um corpo de água pode ser determinado de forma muito confiável, a partir do levantamento da concentração do nutriente limitante e da clorofila *a*; o nutriente denominado limitante é aquele que controla o crescimento das plantas aquáticas. Diversos estudos têm demonstrado que o nutriente limitante do crescimento algal na maioria dos corpos de água doce é o fósforo, na sua fração inorgânica disponível. A clorofila *a*, pigmento fotossintético das algas, permite estimar a biomassa presente, sendo dessa forma o parâmetro mais comumente utilizado nos estudos de eutrofização (CETESB, 2001).

O aumento da disponibilidade de nutrientes propicia o crescimento exagerado de algas e macrofitas com uma produção primária excessiva, levando à periódica desoxigenação da água, produzindo condições desfavoráveis para muitas espécies de peixes. Em regiões temperadas o fósforo dissolvido aparentemente é normalmente o principal nutriente limitante para o fitoplâncton e para as macrofitas aquáticas. No entanto, isso não exclui o papel ocasional do nitrogênio como nutriente limitante do crescimento (Straskraba *et al.*, 1995).

Na tentativa de estabelecer limites para os graus de trofia de um sistema, foram desenvolvidos os Índices de Estado Trófico (IET), levando-se em

consideração os parâmetros mais significativos do aspecto trófico do sistema (Carlson, 1977).

No presente trabalho os índices permitiram classificar os ambientes quanto seu grau de trofia, e forneceram informações quanto o efeito cascata na seqüência de reservatórios.

Os valores do Índice de Estado Trófico de Carlson (1977) aplicado para as concentrações de fósforo durante o período de verão mostraram que o primeiro compartimento da cascata (represa de Barra Bonita) se classifica como hipereutrofico e, nos reservatórios subseqüentes os graus de trofia vão se modificando até que o último sistema (Três Irmãos) se encontrar oligotrófico.

Esses sistemas podem, hora estarem em um grau de trofia, hora em outro, dependendo da época do ciclo hidrológico.

Também pode-se observar que os valores do índice (para as concentrações de fósforo) para algumas represas (Barra Bonita, Bariri, Ibitinga e Promissão) foram maiores no período de verão, enquanto que nas represas de Nova Avanhandava e Três Irmãos aumentaram no inverno.

Os valores do índice aplicado ao parâmetro da clorofila foram maiores no período de inverno comparado ao de verão, porém sua distribuição em ambos períodos nas seis represas não apresentaram decréscimo da primeira para a última represa.

Isso pode ser correlacionado com fatores que afetam exclusivamente cada reservatório, ou seja, cada reservatório tem uma grande influência de seus afluentes e não somente do tributário a montante.

Segundo Nogueira (1996), a ausência de estratificação térmica no período de inverno pode contribuir para o aumento da concentração de fósforo na coluna de água, porém, no verão embora a entrada de nutrientes seja maior devido as precipitações, deve ocorrer uma elevada taxa de sedimentação de materiais, já a montante e seus efeitos não são sentidos imediatamente no corpo central.

Segundo Matsumura-Tundisi *et al.* (2000), cada reservatório tem seu ciclo próprio que depende de fatores intrínsecos de funcionamento de sua construção e dos usos da bacia, isso certamente poderia explicar o porquê de algumas

variáveis não sofrerem decréscimo no sentido da primeira represa em cascata para a última.

A aplicação do índice de Carlson para o parâmetro do fósforo mostrou ser o mais eficiente para a classificação do estado de trofia dos reservatórios, tanto no verão quanto no inverno, pois esse se mostrou capaz de refletir uma melhor aproximação da realidade para cada reservatório.

Segundo Margalef (1976), esses índices e os sistemas de classificação propostos deveriam ser vistos com base no conhecimento local e experiência com os ecossistemas regionais.

Todos os índices criados a partir do índice de Carlson (1977), apresentaram uma limitação devido a maneira com que o índice original foi construído.

Carlson (1977) criou o índice com o intuito de classificar o estado trófico dos ambientes de água doce de regiões temperadas. Para a construção do primeiro índice ele usou valores da transparência do disco do secchi, usando uma simples transformação dessa variável. O maior valor encontrado que foi de 64 m, representando o ambiente mais oligotrófico e 6,2 cm o menos oligotrófico. Carlson et al. (1996) explicaram que os autores definiram o estado trófico como peso total de matéria biológica viva (biomassa) em um corpo d'água em local e tempo específico.

Carlson usou análise de regressão para relacionar transparência ao fósforo total e clorofia *a*, desenvolvendo assim o índice com três equações para cada uma das variáveis anteriores (Kratzer e Brezonick, 1981).

De acordo com a definição de estado trófico, dada anteriormente por Carlson et al. (1996), o índice de estado trófico (IET) de Carlson, usa a biomassa de algas como base para classificação do estado trófico.

Como o índice do estado trófico para todas as variáveis depende bastante da biomassa expressada pelo disco de secchi, isso o torna deficiente em regiões tropicais.

6.4 – Eutrofização na represa de Barra Bonita

Por ser o primeiro grande represamento de águas, o reservatório de Barra Bonita reflete os processos de toda a área de captação, a qual conta com uma população de 23 milhões de habitantes em áreas urbanizadas, incluindo a região metropolitana de São Paulo, Campinas e Sorocaba e as regiões com cultivo extensivo de cana-de-açúcar (IETC, 2001).

Um dos fatores de grande impacto neste reservatório são os sólidos em suspensão, com valores máximos no verão capazes de causar grandes alterações na qualidade da água, especialmente no que se refere às concentrações de oxigênio dissolvido e penetração da luz (Straskraba & Tundisi, 2000).

Tundisi (1999) sugere que a resposta à entrada de nitrogênio e fósforo é mais rápida em lagos tropicais e, portanto, o processo de eutrofização produzido também é bem mais rápido uma vez instalado.

A represa de Barra Bonita vem sendo considerada por vários autores como um ambiente eutrófico, chegando até a índices hiper-eutróficos (Rietzler, 1995; Espíndola, 1994; Calijuri e Tundisi, 1990; Matsumura-Tundisi et al, 1990; Tundisi e Matsumura-Tundisi, 1990).

Segundo Tundisi (2003), na década de 70 estimava-se o grau de trofia para a represa de Barra Bonita como oligotrófico, na década de 80 essa classificação passou a mesotrófico. Conforme os resultados obtidos neste trabalho, o reservatório em 1990 se enquadrava na classificação eutrófica e em meados de 2000 já era hipereutrófico. A rápida deterioração da água da represa de Barra Bonita mostrada pela análise dos IET(P), tem sido atribuída ao crescimento populacional e ao rápido desenvolvimento agroindustrial ocorrido naquela região, principalmente a partir da década de 90, quando foi feita a reversão das águas do rio Pinheiros (que recebe esgotos domésticos e industriais da região metropolitana de São Paulo) para o rio Tietê.

O índice de Carlson aplicado aos parâmetros do fósforo e clorofila mostraram que a represa de Barra Bonita, nos últimos treze anos vem sofrendo grande degradação. A represa nesse tempo de estudo passou do limiar de meso-eutrófico para hiper-eutrófico, com valores bastante acima do limiar de detecção (60).

Minoti (1999) também usou o índice de Carlson para o parâmetro do fósforo, detectando que a represa de Salto Grande se encontra no mesmo estado de trofia que Barra Bonita, eutrófico-hipereutrófico.

A figura seguinte (figura 38) mostra a simulação dos valores do índice do estado trófico aplicado ao parâmetro do fósforo total.

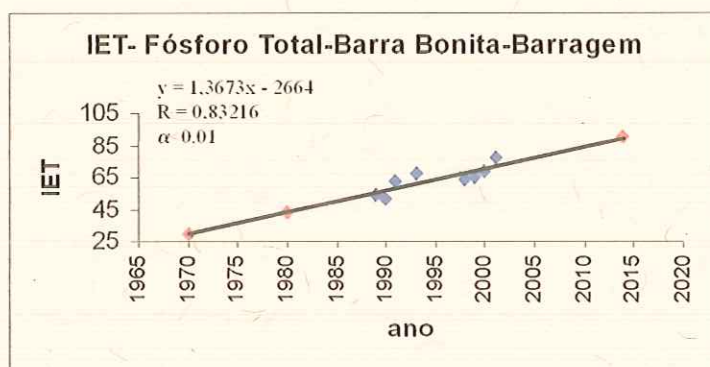


FIGURA 38 - Comportamento do estado trófico segundo parâmetro do fósforo, nos diferentes anos na barragem da represa de Barra Bonita (SP), segundo Carlson (1977) (Concentrações de fósforo total retirada de IETC, 2001), onde os valores em vermelho representam simulações.

O tratamento estatístico dos resultados de IET(P) para o reservatório de Barra Bonita no período de 1970 a 2000 permite verificar a evolução do seu estado trófico ao longo do tempo. A figura 38 mostra essa análise, onde pode-se observar que em apenas 40 anos após sua formação a represa de Barra Bonita apresenta um processo acelerado de eutrofização, que é alarmante, já que esse processo, em condições naturais, é muito mais lento, podendo ser usado na escala geológica de tempo nessas medidas de "envelhecimento" de lagos.

7 - CONCLUSÕES

1 – Nos reservatórios em cascata construídos no Médio e Baixo rio Tietê, as concentrações de nutrientes sofrem, em média, um decréscimo de 30% de um reservatório ao subsequente, totalizando cerca de 93% para o fósforo total e 87% para o nitrogênio, do primeiro reservatório (Barra Bonita) ao último (Três Irmãos).

2 – O índice do estado trófico aplicado para a concentração de fósforo mostrou que a represa de Barra Bonita caminha para o estado hipereutrófico, principalmente no verão. As represas de Bariri e Ibitinga mostraram-se eutróficas, as de Promissão e Nova Avanhandava meso-eutróficas e Três Irmãos oligomesotrófica.

3 – O índice aplicado para a concentração de clorofila não apresentou resultados que expressassem o real estado trófico dos reservatórios, pois teve influência de outros fatores como precipitação, como vento e abertura de comportas dos reservatórios.

4 – A utilização da concentração de nitrogênio total para a determinação do valor do índice do estado trófico, através da equação de Kratzer & Brezonick (1981), mostrou que a fórmula é inadequada para as altas concentrações de nitrogênio apresentadas nos reservatórios.

5 – A comparação dos índices de Carlson (1977) e de Toledo Jr (1990) desenvolvidos para o fósforo total e concentrações de clorofila, mostrou que o índice de Carlson foi o que melhor se aproximou das condições reais do estado trófico dos reservatórios:

6 – A ocorrência de florescimento de Cyanophyceae nas represas de Barra Bonita, Bariri e Ibitinga de forma freqüente constitui indicativos de que as represas se encontram em estado eutrófico.

7 – Quanto à comunidade zooplanctônica, a constatação da ocorrência e abundância de certas espécies de Rotífera como *Asplanchna sieboldi*, *Brachionus calyciflorus* e *Kellicottia bostoniensis* e de Copepoda Calanoída *Notodiaptomus iheringi* nos reservatórios, como no de Barra Bonita, constitui um indicativo do estado eutrófico do sistema.

8 – O prognóstico do processo de eutrofização na represa de Barra Bonita para o ano de 2015, simulado através da análise de regressão simples (tomando-se os dados desde a década de 80 até o ano de 2003), foi que em 2015 o reservatório se encontrará no estado hipereutrófico, com valores próximos a 100 (o valor do índice para hipereutrófico se encontra acima de 61).

8 - BIBLIOGRAFIA

- BARBOSA, F. A. R.; PADISAK, J.; ESPÍNDOLA, E. L. G.; BORICS, G.; ROCHA, O. (1999). The cascading reservoir continuum concept (CRCC) and its application to the river Tietê-basin, São Paulo State, Brazil. In: TUNDISI, J.G.; STRASKRABA, M. Eds. *Theoretical reservoir ecology and its applications*. Rio de Janeiro, Brazilian Academy of Sciences and Backhuys Publishers. P. 425 – 437.
- CALIJURI, M. C. & TUNDISI, J. G. (1990). Limnologia comparada das represas do Lobo (Broa) e Barra Bonita - estado de São Paulo: mecanismos de funcionamento e bases para o gerenciamento. *Rev. Brasil. Biol.*, 50(4):893-913.
- CARLSON, R.E. 1977. A trophic state index for lakes. *Limnology and Oceanography*, v.22, n.2, p. 361-369.
- CARLSON, R.E., & SIMPSON, J. (1996). *A Biomass-Based Trophic State Index (TSI)*. A Coordinator's Guide to Volunteer Lake Monitoring Methods. North American Lake Management Society. 96pp.
- CETESB (2001). *Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo 2000*.: CETESB, 2v.:i L; (série relatórios/ CETESB).
- CETESB (1993). *Relatório da qualidade das águas interiores do estado de São Paulo, 1992*. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente. (Série Relatórios/ Secretaria do Meio Ambiente).

- ESPÍNDOLA, E.L.G. (1994). *Dinâmica da associação congênica das espécies de Notodiaptomus (Copepoda, Calanoida) no Reservatório de Barra Bonita*. 363p. São Carlos. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- ESPÍNDOLA, E.L.G. (2001). *Limnologia de Represas: Alguns Fatores Determinantes*. Texto apresentado para concurso de Livre-docência. EESC-USP. São Carlos, S.P.
- ESTEVES, F.A.(1988). *Fundamentos de limnologia*. Rio de Janeiro: Interciência. 575p.
- GOLTERMAN, H.L.;CLYMO, R.S. & ONHSTAD, M.A.M. (1978) *Methods for physical and chemical analyses of freshwater*. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 213p.
- INTERNACIONAL ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY CENTRE. (2001). *Planejamento e gerenciamento de lagos e reservatórios: uma abordagem integrada ao problema da eutrofização*. V.11. Tradução de Dino Vanucci Responsabilidade pela edição em português de J.G. Tundisi. PNUMA, ANA, IIE, PROÁGUA, UNESCO, BANCO MUNDIAL (Série de publicações técnicas). Rima. São Carlos, SP 385p.
- JARDIM , F. A., MACHADO, J. N. A., SCHEMBRI, M. C. A. C., AZEVEDO, S. M. F. O. & SPERLING, E. V. (2000). A experiência da COPASA no monitoramento, Detecção e Adoção de Medidas Mitigadoras para as Cianobactérias Tóxicas em Estação de Tratamento de água – Minas Gerais-Brasil. XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. 11p.

- KRATZER, C.R. & BREZONIK, P.L. (1981). A Carlson-type trophic state index for nitrogen in Florida lakes. *Water Resources Bulletin*, v.17, n.4, p.713-715.
- LORENZEN, C. J. (1967). Determination of chlorophyll and phaeopigments: spectrophotometric equations. *Limnol. Oceanogr.*, 12:343-346.
- MARGALEF, R. (1976). *Limnología de los embalses españoles*. Dirección General de Obras Hidráulicas, Dep. de Ecología de la Universidad de Barcelona. 423p.
- MACKERETH, F. J. H., HERON, J. & TALLING, J. F. 1978. *Water analysis: some revised methods for limnologists*. Freshwater Biological Association. Scientific Association. Kendall: Titus Wilson & Son Ltd, 117 p.
- MARKER, A. F. H.; NUSCH, E. A.; RAI, H. & RIEMANN, B. (1980). The measurement of photosynthetic pigments in freshwater and standardization of methods: conclusions and recommendations. *Arch. Hidrob. Beih* 14: 91 – 106
- MATTOS, S.P. (1988). Eutrofização em reservatórios. In: Tundisi, J.G. ed. *Limnologia e manejo de represas*. Monografia em limnologia. São Carlos, USP/EESC/CRHEA.V1, Tomo II, p 358-368.
- MATSUMURA-TUNDISI, T., HINO, K. & CLARO, S.M. (1981). Limnological studies at 23 reservoirs in southern part of Brazil. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 21: 1040-1047.
- MATSUMURA-TUNDISI, T., LEITÃO, S. N., AGUENA, L.S. & MIYAHARA, J. (1990). Eutrofização da Represa de Barra Bonita: Estrutura e Organização da Comunidade de Rotífera. *Rev. Brasil. Biol.*, 50(4): 923-935.

MATSUMURA-TUNDISI, T. (1999). Diversidade de Zooplâncton em Represas do Brasil. In: HENRY, R., ed. *Ecologia de reservatórios*. Botucatu. FUNDIBIO FAPESP. Cap. 2, p. 39-54.

MATSUMURA-TUNDISI, T., TUNDISI, J. G., ABE, D.S., LUZIA, A.P. & RAEDER, L.F. (2000). O Efeito das Barragens do "River Continuum" (Médio Tietê) nos Fatores Biogeoquímicos e na Diversidade Zooplanctônica. In: Seminário Internacional. Represa do Lobo-30 anos de Pesquisa em Limnologia, Gerenciamento e Participação da Comunidade e Bases Científicas para o Gerenciamento da Eutrofização. São Carlos. *Resumos*. São Paulo, UFSCar-USP, p40.

MATSUMURA-TUNDISI, T. & TUNDISI, J. G. (2003). Calanoida (Copepoda) Species Composition Changes in the Reservoirs of São Paulo State (Brazil) in the Last Twenty Years. *Hidrobiologia*. 504(1-3): 215-222.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES (2003). Resumo informativo sobre eclusas. <http://www.transportes.gov.br> (26/05/2003).

MINOTI, R.T. (1999). *Variação Anual da Produção Primária e Estrutura da Comunidade Fitoplanctônica no reservatório de Salto Grande (Americana-SP)*. Dissertação (mestrado) Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

NOGUEIRA, M. G. (1996). *Composição, abundância e distribuição espaço temporal das populações planctônicas e das variáveis físico-químicas na Represa de Jurumirim, Rio Paranapanema, SP*. Tese (Dotourado). – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

RAWSON, D. S. (1956). Algal indicators of trophic lake types. *Limnol. And Oceanog.* 1: 18-25.

- RIETZLER, A. C. (1995). *Alimentação, ciclo de vida a análise da coexistência de espécies de Cyclopoida na Represa de Barra Bonita, São Paulo*. São Carlos. 385p. Tese (Dotourado). – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- RIETZLER, A. C., MATSUMURA-TUNDISI, T. & TUNDISI, J.G. (2002). Life Cycle, Feeding and Adaptive Strategy Implications on the Co-occurrence of *Argyrodiaptomus furcatus* and *Notodiaptomus iheringi* in Lobo-Broa Reservoir (SP, Brazil). *Braz. J. Biol.*, 62(1): 93-105.
- RODGHER, S. (2001) *Estudos ecotoxicológicos e Limnológicos nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo Tietê: uma análise espacial e temporal*. São Carlos – SP, 213p. Dissertação (Mestrado), Escola de Engenharia de São Carlos- Universidade de São Paulo.
- SIDAGIS GALLI, C.V. (1997). *Aplicação da abordagem ecossistêmica ao estudo da microbacia do córrego São José (São Carlos-SP)*. Dissertação (Mestrado), Escola de Engenharia de São Carlos- Universidade de São Paulo.
- SPERLING, M.V. (1996). *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. Minas Gerais. 243p.
- STRASKRABA, M., DOSTALKOVA, I., HEJZLAR, J. & VYHNALEK, V. (1995) The Effect of Reservoirs on Phosphorus Concentration. *Int. Revue ges. Hydrobiol.* 80: 403-413.
- STRASKRABA, M., TUNDISI, J. G. & DUNCAN, A. (1993). Comparative Reservoir Limnology. *Developments in Hydrobiology*, 77. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht: 304p.

- STRICKLAND, J. D. H. & PARSONS, T. R. (1960). A manual of seawater analysis. *Bull. Fish. Res. Board Can.*, v 125, p 1-18.
- TOLEDO JR, A.P.; TALARICO, M.; CHINEZ, S.J, & AGUDO, E.G. (1983). A aplicação de modelos simplificados para a avaliação do processo de eutrofização em lagos e reservatórios tropicais. In 12º Congresso Brasileiro de engenharia Sanitária e Ambiental. Camburiú, 1983. Anais. 34p.
- TOLEDO JR, A.P. In: CETESB,(2001). *Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo 2000.*: CETESB, 2v.:i L (série relatórios/ CETESB).
- TUNDISI, J.G.(1981). Typologia of reservoirs in southern Brazil. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 21: 1031-1039.
- TUNDISI, J.G.(1988). Impactos ecológicos da construção de represas: aspectos específicos e problemas de manejo. In: TUNDISI, J.G. ed. *Limnologia e manejo de represas. Monografias em Limnologia.* São Carlos, USP/EESC/CRHEA. Vol I, Tomo 1, p.1- 76.
- TUNDISI, J. G. (1999). *Limnologia no século XXI: perspectivas e desafios.* São Carlos: IIE. 24p.
- TUNDISI, J. G. (2002). *Planejamento e gerenciamento de lagos e reservatórios: uma abordagem integrada ao problema da eutrofização.* Série de publicações técnicas [11P]. UNEP- PNUMA – IETC. Rima. São Carlos, SP. 385p.
- TUNDISI, J.G.. (2003). *Água no século XXI: Enfrentando a escassez.* São Carlos. RIMA, iie. 248p.

- TUNDISI, J.G. & MATSUMURA-TUNDISI, T. (1990). Limnology and eutrophication of Barra Bonita Reservoir, S. Paulo, southern Brazil. *Arch. Hydrobiol. Beih. Egeb. Limn.* V.33, p.661-676.
- TUNDISI, J.G., MATSUMURA-TUNDISI, T., HENRY, R., ROCHA, O. & HINO, K. (1988). Comparação do estado trófico de 23 reservatórios do estado de São Paulo: eutrofização e manejo. In Tundisi, J. G. (ed.) *Limnologia e Manejo de represas*. São Paulo, Academia de Ciências de São Paulo. (Monografia em Limnologia,1) p 165-204
- TUNDISI, J. G. & MATSUMURA-TUNDISI, T. (1989). Limnology and eutrophication of Barra Bonita Reservoir, S. Paulo State, Southern Brazil. Proceedings of the Int. conference on Reservoirs České budejovice. Czechoslovakia.
- TUNDISI, J. G., MATSUMURA-TUNDISI, T., CALIJURI, M. C. & NOVO, E.M.L. (1991). Comparative limnology of five reservoirs in the middle Tietê River, S. Paulo State. *Verh. Internat. Verein. Limnol* 24: 1489-1496.
- TUNDISI, J. G., MATSUMURA-TUNDISI, T. & CALIJURI, M. C. (1993). Limnology and Management of Reservoirs in Brazil. In: STRASKRABA, M.; TUNDISI, J.G.; DUNCAN, A., eds. *Reservoir limnology and water quality management*. Dordrecht, Kluwer Academic Publisher. Cap. 2.
- UNEP-IETC (2001). *Lagos e Reservatórios: qualidade da água: o impacto da eutrofização*. ILEC, IIE, 28p. Tradução J.G.Tundisi e T. Matsumura-Tundisi
- VALDERRAMA, J. C. (1981). *The simultaneous analysis of total nitrogen and phosphorus in natural waters*. Marc. Chem., v10, p. 1109-122.

VANOTTE, R. L., MINSHALL, G. M., CUMMINS, K.W., SEDELL, J. R. & CUSHING, C. E. (1980). The River Continuum concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 37: 130-137.

WELCH, E. B. (1980). *Ecological Effects of waste Water*. New York. Press Syndicate of University of Cambridge. 327p.

WETZEL, R. G. (1975). *Limnology*. W. B. Saunders. Philadelphia.

WOO-MYUNG, H. & BONCHUL, K. (1997). The change in N/P ratio with eutrophication and cyanobacterial blooms in Lake Soyang, Korea. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 26: 491-495.

9 - ANEXOS

Tabela 3 -Variação vertical das variáveis, pH, condutividade, temperatura e oxigênio dissolvido na coluna da água represa de Barra Bonita durante o período de verão de 1999

Local: Represa de Barra Bonita				
Ponto de coleta: próximo a barragem				
Data da coleta: 12/03/1999				
Horário: 11:15				
Profundidade Secchi: 0,50 metros				
Profundidade (metros)	pH	Condutividade ($\mu\text{S/cm}$)	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	T ($^{\circ}\text{C}$)
0,0	5,40	116	3,92	26,2
0,5	5,58	117	3,86	26,1
1,0	5,63	116	3,83	26,2
1,5	5,68	116	3,84	26,2
2,0	5,73	116	3,74	26,2
2,5	5,76	117	3,78	26,2
3,0	5,79	117	3,72	26,1
3,5	5,81	117	3,87	26,1
4,0	5,78	117	3,77	26,1
4,5	5,82	117	3,83	26,1
5,0	5,83	117	3,88	26,1
6,0	5,84	117	3,72	26,1
7,0	5,89	117	3,82	26,1
8,0	5,94	117	3,80	26,1
9,0	5,94	117	3,90	26,1
10,0	5,97	117	3,89	26,1
11,0	5,98	117	3,88	26,1
12,0	6,00	117	3,83	26,1
13,0	6,00	117	3,91	26,1
14,0	6,01	117	3,86	26,1
15,0	6,00	117	3,86	26,1
16,0	6,00	117	3,84	26,1
17,0	6,00	117	3,88	26,1
18,0	6,00	117	3,82	26,1
19,0	6,00	117	3,84	26,1
20,0	5,99	117	3,84	26,1
21,0	6,00	117	3,92	26,1
22,0	5,99	117	3,89	26,1

Tabela 4- Variação vertical das variáveis, pH, condutividade, temperatura e oxigênio dissolvido na coluna da água represa de Bariri durante o período de verão de 1999

Local: Represa de Bariri				
Ponto de coleta: próximo a barragem				
Data da coleta: 18/03/1999				
Horário: 14:20				
Profundidade Secchi: 0,40 metros				
Profundidade (metros)	pH	Condutividade ($\mu\text{S/cm}$)	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	T ($^{\circ}\text{C}$)
0,0	7,44	114	7,30	27,7
0,5	7,38	113	7,05	26,6
1,0	7,32	113	6,94	26,3
1,5	7,24	114	6,92	26,1
2,0	7,36	114	6,84	26,0
2,5	7,24	113	6,90	25,9
3,0	7,15	114	6,83	25,9
3,5	6,97	114	6,84	25,8
4,0	6,84	114	6,94	25,8
4,5	6,78	114	6,61	25,8
5,0	6,72	114	6,59	25,8
6,0	6,68	114	6,78	25,7
7,0	6,65	114	6,97	25,7
8,0	6,64	114	6,66	25,7
9,0	6,62	114	6,59	25,6
10,0	6,62	114	6,37	25,6
11,0	6,58	114	6,30	25,6
12,0	6,58	114	6,50	25,6
13,0	6,58	114	6,61	25,6
14,0	6,58	114	6,70	25,6
15,0	6,59	114	6,35	25,6
16,0	6,60	114	6,17	25,5
17,0	6,59	114	6,28	25,5
18,0	6,58	114	6,75	25,5
19,0	6,59	114	6,10	25,5

Tabela 5 - Variação vertical das variáveis, pH, condutividade, temperatura e oxigênio dissolvido na coluna da água represa de Ibitinga durante o período de verão de 1999

Local: Represa de Ibitinga				
Ponto de coleta: próximo a barragem				
Data da coleta: 25/03/1999				
Horário: 12:55				
Profundidade Secchi: 0,60 metros				
Profundidade (metros)	pH	Condutividade (μ S/cm)	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	T (°C)
0,0	6,38	96	7,57	29,5
0,5	6,82	96	6,92	28,1
1,0	6,69	95	6,63	27,0
1,5	6,68	95	6,40	26,9
2,0	6,60	94	6,32	26,8
2,5	6,57	94	5,74	26,6
3,0	6,49	95	6,07	26,6
3,5	6,31	95	5,96	26,6
4,0	6,23	95	6,00	26,6
4,5	6,09	96	6,26	26,5
5,0	6,03	97	6,17	26,5
6,0	5,98	98	6,25	26,5
7,0	5,97	99	6,12	26,4
8,0	5,94	100	6,27	26,3
9,0	5,93	100	6,38	26,3
10,0	5,92	101	6,06	26,2
11,0	5,92	101	6,29	26,2
12,0	5,92	98	6,29	26,2
13,0	5,88	98	6,14	26,2
14,0	5,88	100	6,34	26,1
15,0	5,89	103	6,47	26,1
16,0	5,88	103	5,79	26,0
17,0	5,86	103	5,66	26,0
18,0	5,84	103	5,54	25,9
19,0	5,83	103	5,69	25,9
20,0	5,82	103	5,65	25,9
21,0	5,80	101	5,45	25,9
21,5	6,05	102	4,94	25,9

Tabela 6 - Variação vertical das variáveis, pH, condutividade, temperatura e oxigênio dissolvido na coluna da água represa de Promissão durante o período de verão de 1999

Local: Represa de Promissão				
Ponto de coleta: próximo a barragem				
Data da coleta: 01/04/1999				
Horário: 13:37				
Profundidade Secchi: 1,1 metros				
Profundidade (metros)	pH	Condutividade ($\mu\text{S/cm}$)	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	T ($^{\circ}\text{C}$)
0,0	7,57	113	7,92	28,8
0,5	7,59	113	7,93	28,8
1,0	7,60	113	7,82	28,6
1,5	7,58	114	7,70	28,2
2,0	7,45	113	7,40	28,0
2,5	7,36	112	7,23	27,9
3,0	7,25	112	7,23	27,9
3,5	7,05	113	7,30	27,8
4,0	6,88	112	7,15	27,7
4,5	6,79	112	7,09	27,7
5,0	6,75	112	7,22	27,6
6,0	6,72	111	7,21	27,6
7,0	6,69	111	7,21	27,5
8,0	6,67	111	7,32	27,5
9,0	6,66	111	7,33	27,5
10,0	6,64	111	7,38	27,5
11,0	6,62	111	7,43	27,4
12,0	6,61	111	7,28	27,4
13,0	6,58	111	7,36	27,4
14,0	6,57	112	7,34	27,4
15,0	6,55	112	7,35	27,4
16,0	6,55	112	7,38	27,4
17,0	6,54	112	7,38	27,3
18,0	6,53	113	7,44	27,3
19,0	6,52	113	7,28	27,3
20,0	6,50	113	7,41	27,3
21,0	6,50	113	7,42	27,3
22,0	6,48	113	7,39	27,3
23,0	6,45	113	7,28	27,2
24,0	6,37	114	5,94	26,9
25,0	6,15	116	4,56	26,7

Tabela 7- Variação vertical das variáveis, pH, condutividade, temperatura e oxigênio dissolvido na coluna da água represa de Nova Avanhandava durante o período de verão de

Local: Represa de Nova Avanhandava				
Ponto de coleta: próximo a barragem				
Data da coleta: 09/04/1999				
Horário: 14:00				
Profundidade (metros)	pH	Condutividade (μ S/cm)	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	T ($^{\circ}$ C)
0,0	7,33	116	7,43	28,1
0,5	7,41	116	7,32	28,1
1,0	7,39	116	7,37	28,1
1,5	7,38	116	7,49	28,0
2,0	7,38	117	7,48	28,0
2,5	7,34	117	7,51	28,0
3,0	7,25	116	7,52	28,0
3,5	7,13	117	7,53	28,0
4,0	7,06	117	7,52	28,0
4,5	6,99	117	7,51	28,0
5,0	6,90	117	7,50	27,9
5,5	6,82	117	7,36	27,9
6,0	6,75	117	7,33	27,8
7,0	6,71	117	7,37	27,8
8,0	6,67	117	7,40	27,8
9,0	6,66	117	7,47	27,8
10,0	6,67	117	7,48	27,8
11,0	6,66	117	7,49	27,8
12,0	6,65	117	7,56	27,8
13,0	6,65	117	7,50	27,8
14,0	6,66	117	7,50	27,7
15,0	6,63	117	7,49	27,7
16,0	6,63	117	7,52	27,7
17,0	6,64	117	7,62	27,7
18,0	6,65	118	7,60	27,7
19,0	6,64	118	7,53	27,7
20,0	6,65	118	7,61	27,7
21,0	6,65	118	7,57	27,7
22,0	6,64	118	7,65	27,7
23,0	6,68	118	7,68	27,7
24,0	6,67	118	7,75	27,7
25,0	6,69	118	7,83	27,6
26,0	6,64	118	7,51	27,6
27,0	6,57	118	7,40	27,5
28,0	6,50	118	7,19	27,5
29,0	6,49	118	7,15	27,5

Tabela 8 - Variação vertical das variáveis, pH, condutividade, temperatura e oxigênio dissolvido na coluna da água represa de Três Irmãos durante o período de verão de 1999

Local: Represa de Três Irmãos				
Ponto de coleta: próximo a barragem				
Data da coleta: 20/04/1999				
Horário: 09:50				
Profundidade Secchi: 3,95 metros				
Profundidade (metros)	pH	Condutividade ($\mu\text{S/cm}$)	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	T ($^{\circ}\text{C}$)
0,0	7,14	99	7,01	26,0
0,5	7,11	99	6,93	26,0
1,0	7,06	99	6,85	26,0
1,5	6,94	99	7,05	26,0
2,0	6,75	99	6,93	26,0
2,5	6,57	99	6,99	26,0
3,0	6,51	99	6,98	26,1
3,5	6,45	99	7,03	26,1
4,0	6,43	99	7,07	26,1
4,5	6,41	99	7,11	26,1
5,0	6,39	99	7,03	26,1
5,5	6,37	99	7,07	26,1
6,0	6,36	99	7,00	26,1
6,5	6,34	99	7,25	26,1
7,0	6,33	99	7,05	26,1
7,5	6,32	99	7,20	26,1
8,0	6,31	99	6,98	26,1
8,5	6,30	99	7,19	26,1
9,0	6,30	99	7,19	26,1
10,0	6,31	99	7,30	26,1
11,0	6,29	99	7,30	26,1
12,0	6,29	99	7,14	26,1
13,0	6,28	99	7,33	26,1
14,0	6,28	99	7,39	26,1
15,0	6,28	99	7,30	26,1
16,0	6,28	99	7,35	26,1
17,0	6,28	99	7,35	26,1
18,0	6,28	99	7,40	26,1
19,0	6,28	100	7,36	26,1
20,0	6,29	100	7,50	26,1
21,0	6,29	100	7,52	26,1
22,0	6,29	100	7,61	26,1
23,0	6,29	100	7,43	26,1
24,0	6,29	100	7,49	26,1
25,0	6,29	100	7,50	26,1
26,0	6,29	100	7,66	26,1
27,0	6,29	100	7,56	26,2
28,0	6,29	99	7,61	26,2

Tabela 9 - Variação vertical das variáveis, pH, condutividade, temperatura e oxigênio dissolvido na coluna da água represa de Barra Bonita durante o período de inverno de 1999

Local: Represa de Barra Bonita				
Ponto de coleta: próximo a barragem				
Data da coleta: 23/07/1999				
Horário: 08:05				
Profundidade Secchi: 0,40 metros				
Profundidade (metros)	pH	Condutividade ($\mu\text{S/cm}$)	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	T ($^{\circ}\text{C}$)
0,0	6,64	186	6,63	18,1
0,5	6,54	182	6,13	18,7
1,0	6,49	182	6,04	18,7
1,5	6,54	182	5,97	18,7
2,0	6,53	182	6,11	18,8
2,5	6,52	182	6,10	18,8
3,0	6,50	182	6,03	18,8
3,5	6,53	182	6,20	18,8
4,0	6,53	182	6,14	18,8
4,5	6,53	182	6,00	18,8
5,0	6,53	182	5,98	18,8
5,5	6,52	182	6,02	18,8
6,0	6,52	182	6,12	18,8
7,0	6,50	182	5,86	18,8
8,0	6,48	182	6,01	18,8
9,0	6,48	182	5,92	18,8
10,0	6,47	182	5,93	18,8
11,0	6,46	182	5,88	18,8
12,0	6,45	182	5,73	18,8
13,0	6,43	182	5,67	18,7
14,0	6,41	182	5,38	18,7
15,0	6,40	182	5,43	18,7
16,0	6,40	182	5,56	18,7
17,0	6,41	182	5,65	18,7
18,0	6,41	182	5,76	18,7
19,0	6,40	182	5,55	18,7
20,0	6,39	182	5,72	18,7
21,0	6,38	182	5,60	18,7
22,0	6,36	182	5,55	18,7
23,0	6,34	182	5,37	18,7
24,0	6,33	182	5,32	18,7
25,0	6,33	182	5,47	18,7
26,0	6,32	181	5,07	18,7

Tabela 10 - Variação vertical das variáveis, pH, condutividade, temperatura e oxigênio dissolvido na coluna da água represa de Bariri durante o período de inverno de 1999

Local: Represa de Bariri				
Ponto de coleta: próximo a barragem				
Data da coleta: 22/07/1999				
Horário: 14:32				
Profundidade Secchi: 1,2metros				
Profundidade (metros)	pH	Condutividade ($\mu\text{S/cm}$)	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	T ($^{\circ}\text{C}$)
0,0	8,38	159	10,46	20,9
0,5	8,40	159	10,43	20,8
1,0	8,36	159	10,22	20,7
1,5	8,29	159	9,91	20,6
2,0	8,04	159	9,40	20,6
2,5	7,80	158	8,90	20,6
3,0	6,63	158	8,60	20,1
3,5	7,53	158	8,42	20,0
4,0	7,45	158	7,91	19,9
4,5	7,41	158	7,78	19,8
5,0	7,36	158	7,76	19,8
5,5	7,30	158	7,31	19,7
6,0	7,24	159	7,27	19,7
6,5	7,19	161	7,04	19,7
7,0	7,15	162	7,43	19,6
7,5	7,11	162	7,16	19,6
8,0	7,07	162	7,01	19,5
8,5	7,03	160	6,63	19,4
9,0	6,97	160	6,58	19,4
9,5	6,92	160	6,50	19,3
10,0	6,88	161	6,34	19,3
11,0	6,83	161	6,34	19,2
12,0	6,78	160	6,13	19,1
13,0	6,72	160	5,96	19,0
14,0	6,65	159	5,52	19,0
15,0	6,59	160	5,49	18,8
16,0	6,55	161	5,47	18,8
17,0	6,53	161	5,36	18,8
18,0	6,51	162	5,43	18,7
19,0	6,49	163	5,19	18,7
20,0	6,47	162	5,10	18,7
21,0	6,45	162	5,03	18,7

Tabela 11 - Variação vertical das variáveis, pH, condutividade, temperatura e oxigênio dissolvido na coluna da água represa de Ibitinga durante o período de inverno de 1999.

Local: Represa de Ibitinga				
Ponto de coleta: próximo a barragem				
Data da coleta: 12/07/1999				
Horário: 12:50				
Profundidade Secchi: 2,4metros				
Profundidade (metros)	pH	Condutividade (μ S/cm)	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	T (°C)
0,0	7,59	123	7,94	20,4
0,5	7,47	123	7,86	20,3
1,0	7,40	123	7,83	20,1
1,5	7,35	123	7,80	19,9
2,0	7,30	123	7,55	19,7
2,5	7,28	123	7,57	19,5
3,0	7,23	123	7,19	19,5
3,5	7,21	123	7,35	19,4
4,0	7,18	123	7,20	19,4
4,5	7,16	123	6,97	19,4
5,0	7,13	123	7,23	19,4
5,5	7,11	123	7,10	19,4
6,0	7,10	123	7,44	19,4
6,5	7,08	123	7,36	19,3
7,0	7,05	123	7,31	19,3
7,5	7,05	123	6,76	19,3
8,0	7,03	124	7,36	19,3
8,5	7,01	124	6,95	19,3
9,0	7,00	124	7,00	19,3
10,0	6,97	124	7,18	19,3
11,0	6,95	124	7,37	19,3
12,0	6,93	124	7,33	19,3
13,0	6,91	124	7,44	19,3
14,0	6,89	124	7,10	19,3
15,0	6,86	124	7,25	19,3
16,0	6,85	124	7,09	19,3
17,0	6,82	124	7,44	19,3
18,0	6,80	124	7,39	19,3
19,0	6,78	124	7,38	19,3
20,0	6,77	124	7,11	19,2
21,0	6,75	124	7,10	19,2
22,0	6,73	124	7,19	19,2
23,0	6,45	158	7,15	19,3

Tabela 12 - Variação vertical das variáveis, pH, condutividade, temperatura e oxigênio dissolvido na coluna da água represa de Promissão durante o período de inverno de 1999

Local: Represa de Promissão				
Ponto de coleta: próximo a barragem				
Data da coleta: 11/07/1999				
Horário: 11:10				
Profundidade Secchi: 1,95metros				
Profundidade (metros)	pH	Condutividade ($\mu\text{S/cm}$)	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	T ($^{\circ}\text{C}$)
0,0	6,88	94	8,14	20,3
0,5	6,97	94	8,06	20,3
1,0	7,02	94	8,07	20,3
1,5	7,03	94	8,01	20,3
2,0	7,00	94	7,99	20,3
2,5	6,97	94	8,11	20,3
3,0	6,91	95	8,16	20,3
3,5	6,84	94	8,18	20,3
4,0	6,79	95	8,16	20,3
4,5	6,74	94	8,11	20,3
5,0	6,70	94	8,13	20,3
5,5	6,66	95	8,06	20,2
6,0	6,65	95	8,12	20,3
6,5	6,63	95	8,04	20,3
7,0	6,61	95	8,17	20,2
7,5	6,59	95	8,16	20,2
8,0	6,58	95	8,18	20,2
8,5	6,57	95	8,11	20,3
9,0	6,56	95	8,21	20,2
10,0	6,55	95	8,17	20,2
11,0	6,54	95	8,16	20,2
12,0	6,53	95	8,14	20,2
13,0	6,23	104	7,68	20,2
14,0	6,24	100	2,64	20,2

Tabela 13 - Variação vertical das variáveis, pH, condutividade, temperatura e oxigênio dissolvido na coluna da água represa de Nova Avanhandava durante o período de inverno

Local: Represa de Nova Avanhandava				
Ponto de coleta: próximo a barragem				
Data da coleta: 08/07/1999				
Horário: 09:00				
Profundidade Secchi: 2,55metros				
Profundidade (metros)	pH	Condutividade ($\mu\text{S/cm}$)	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	T ($^{\circ}\text{C}$)
0,0	7,50	101	8,77	21,3
0,5	7,51	101	8,77	21,3
1,0	7,52	101	8,76	21,3
1,5	7,51	101	8,61	21,3
2,0	7,50	101	8,60	21,3
2,5	7,48	101	8,61	21,3
3,0	7,48	101	8,50	21,3
3,5	7,49	101	8,32	21,3
4,0	7,46	101	8,64	21,3
4,5	7,42	101	8,33	21,3
5,0	7,40	101	8,30	21,3
5,5	7,31	101	8,19	21,2
6,0	7,27	101	8,48	20,9
6,5	7,26	101	7,86	20,9
7,0	7,23	101	8,44	20,9
7,5	7,22	101	8,47	20,9
8,0	7,21	101	8,26	20,8
8,5	7,19	101	8,46	20,8
9,0	7,17	101	8,25	20,8
10,0	7,16	101	8,25	20,8
11,0	7,12	101	8,28	20,7
12,0	7,12	101	8,15	20,7
13,0	7,09	101	7,92	20,7
14,0	7,06	101	8,13	20,7
15,0	7,03	101	8,12	20,7
16,0	7,00	101	8,03	20,7
17,0	6,96	101	8,03	20,7
18,0	6,93	101	8,42	20,7
19,0	6,91	101	8,47	20,7
20,0	6,88	101	8,46	20,7
21,0	6,85	101	8,33	20,6
22,0	6,84	102	8,31	20,6
23,0	6,82	102	8,08	20,6
24,0	6,78	102	8,14	20,6
25,0	6,75	102	8,01	20,6
26,0	6,74	102	8,25	20,6
27,0	6,70	102	7,87	20,6
28,0	6,66	102	7,98	20,5
29,0	6,62	102	7,91	20,5
30,0	6,60	102	7,75	20,5

Tabela 14 - Variação vertical das variáveis, pH, condutividade, temperatura e oxigênio dissolvido na coluna da água represa de Três Irmãos durante o período de inverno de 1999

Local: Represa de Três Irmãos				
Ponto de coleta: próximo a barragem				
Data da coleta: 06/07/1999				
Horário: 15:00				
Profundidade Secchi: 5,1 metros				
Profundidade (metros)	pH	Condutividade ($\mu\text{S/cm}$)	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	T ($^{\circ}\text{C}$)
0,0	6,93	105	7,89	22,1
0,5	7,25	105	7,93	22,0
1,0	7,34	105	7,89	22,0
1,5	7,38	105	7,89	22,0
2,0	7,39	105	7,94	21,9
2,5	7,39	105	7,89	21,8
3,0	7,38	105	7,77	21,7
3,5	7,38	105	7,89	21,7
4,0	7,35	105	7,83	21,7
4,5	7,32	105	7,82	21,7
5,0	7,29	106	7,87	21,6
5,5	7,26	106	7,62	21,6
6,0	7,24	106	7,63	21,6
6,5	7,21	107	7,77	21,6
7,0	7,19	107	7,48	21,6
7,5	7,16	107	7,69	21,6
8,0	7,14	107	7,77	21,6
8,5	7,12	107	7,77	21,6
9,0	7,10	107	7,72	21,6
10,0	7,08	107	7,71	21,6
11,0	7,04	107	7,72	21,6
12,0	7,00	107	7,76	21,6
13,0	6,96	107	7,80	21,6
14,0	6,92	107	7,62	21,6
15,0	6,88	107	7,79	21,6
16,0	6,85	107	7,84	21,5
17,0	6,81	108	7,75	21,5
18,0	6,77	108	7,71	21,5
19,0	6,75	108	7,64	21,5
20,0	6,72	108	7,64	21,5
21,0	6,70	108	7,88	21,5
22,0	6,69	108	7,75	21,5
23,0	6,68	108	7,90	21,5
24,0	6,64	108	7,90	21,5
25,0	6,63	108	7,78	21,5
26,0	6,63	107	7,69	21,5
27,0	6,62	107	7,90	21,5
28,0	6,61	107	7,83	21,5
29,0	6,60	107	7,93	21,5
30,0	6,59	107	7,82	21,5

Tabela 15 - Nutrientes dissolvidos em 6 represas do Médio e Baixo Tietê, no período de VERÃO (março/99)

Represas	Prof. (m)	NH4+ (µg/l)	NO2- (µg/l)	NO3- (µg/l)	PO4-- inorg. (µg/L)	PO4-- total (µg/L)	Silicato (mg/L)
B. Bonita	0,0	11,47	1,27	585,25	35,24	39,99	3,60
	10,0	14,34	0,67	802,71	31,13	35,25	2,57
	20,0	4,30	0,70	790,67	30,55	34,79	2,57
	Média	10,04	0,88	726,21	32,31	36,67	2,91
Bariri	0,0	6,09	1,24	602,73	30,84	37,08	4,19
	2,0	3,58	0,67	636,49	30,84	37,08	4,41
	9,0	3,44	0,73	582,42	32,16	39,07	4,49
	18,0	5,16	2,00	598,48	29,38	34,79	5,24
	Média	4,57	1,16	605,03	30,80	37,01	4,58
Ibitinga	0,0	6,02	13,47	483,96	27,47	49,61	4,87
	2,0	10,75	13,50	504,98	39,05	49,76	4,78
	10,0	14,55	0,50	563,06	24,68	26,08	4,94
	21,0	15,91	0,24	552,91	25,12	28,53	4,48
	Média	11,81	6,93	526,23	29,08	38,50	4,77
Promissão	0,0	16,06	3,96	443,35	9,00	16,61	5,55
	1,8	6,02	3,54	399,67	7,39	16,15	5,34
	3,5	5,95	3,73	435,09	9,73	17,52	5,64
	12,0	4,95	4,81	453,74	12,81	23,79	5,70
	24,0	4,52	3,85	419,27	11,20	25,47	5,04
	Média	7,50	3,98	430,22	10,03	19,91	5,45
N. Avanhandava	0,0	6,52	6,35	453,03	2,70	7,59	5,36
	2,8	5,66	6,01	409,82	1,52	7,90	5,45
	5,5	6,67	5,95	475,46	0,94	6,98	5,31
	15,0	7,38	4,67	419,98	1,52	6,07	3,90
	19,0	7,17	4,84	419,74	1,82	6,68	4,42
	29,0	5,16	5,07	419,74	0,64	6,98	4,94
	Média	6,43	5,48	432,96	1,52	7,03	4,90
Três Irmãos	0,0	2,72	0,64	307,82	0,35	3,47	4,55
	3,5	1,65	0,36	329,54	0,35	2,55	4,70
	8,0	1,94	0,53	299,79	0,35	2,86	5,03
	18,0	2,22	0,50	348,67	0,20	2,86	4,82
	28,0	2,72	0,53	328,13	1,38	3,32	4,82
	Média	2,25	0,51	322,79	0,53	3,01	4,78

Tabela 16 - Nutrientes dissolvidos determinados em 6 reservatórios em cascata das bacias do Médio e Baixo Tietê no período de inverno(julho/99).

Represas	Prof.(m)	PO4 inorg (µg/l)	PO4 total (µg/l)	NO2- (µg/L)	NO3- (µg/L)	NH4+ (µg/L)	SiO2 (mg/L)
B. Bonita	0,0	16,62	22,34	47,95	2380,18	23,65	2,48
	2,5	17,65	21,31	46,28	2427,40	15,09	2,42
	5,4	16,77	21,46	46,25	2363,65	15,09	3,58
	15,0	18,09	22,78	45,88	2427,40	15,87	3,59
	26,0	19,85	22,63	44,26	2495,88	22,48	2,36
	Média		17,79	22,10	46,12	2418,90	0,00
Bariri	0,0	2,40	8,85	16,76	1105,17	8,49	4,77
	2,0	14,13	18,97	17,02	1147,67	27,53	5,00
	4,5	5,33	11,93	21,22	1199,62	15,87	4,49
	11,0	7,83	13,54	31,09	1237,40	51,63	3,89
	21,0	16,92	21,75	63,79	1194,90	41,14	4,47
	Média		9,32	15,01	29,97	1176,95	28,93
Ibitinga	0,0	2,55	7,39	3,56	1237,40	0,32	1,93
	5,0	2,84	8,56	3,96	1282,26	0,71	1,35
	13,0	3,14	9,29	12,84	1298,79	16,65	2,27
	22,0	3,58	9,15	3,88	1270,45	3,82	2,12
	Média		3,03	8,60	6,06	1272,22	5,38
Promissão	0,0	6,21	14,86	2,12	760,45	4,21	2,09
	2,0	4,16	12,22	2,00	729,76	nd	1,68
	4,3	4,31	11,64	2,09	736,84	nd	2,47
	12,5	6,51	14,28	2,17	753,37	nd	2,24
	Média		5,30	13,25	2,10	745,10	1,05
N. Avanhandava	0,0	7,97	12,08	4,30	437,45	53,96	5,35
	4,0	8,12	12,52	3,45	377,00	9,89	4,43
	20,0	26,88	13,98	2,83	450,67	23,57	4,70
	30,0	13,84	31,57	2,20	422,10	12,84	4,01
	Média		14,20	17,54	3,20	421,81	25,06
Três Irmãos	0,0	1,52	17,50	1,83	353,63	8,72	3,99
	4,0	1,38	2,70	1,83	326,00	4,06	4,12
	8,5	2,99	2,99	1,27	349,61	8,72	3,65
	30,0	4,16	5,77	1,78	350,32	13,38	3,48
	Média		2,51	7,24	1,68	344,89	8,72

Tabela 17- Valores de Nitrogênio total nas 6 represas do Médio e baixo Tietê no periodo de verão(março/99) e de inverno (julho/99)

Inverno (julho/99)			Verão (março/99)		
Represas	Prof.(m)	N total (ug/L)	Represas	Prof.(m)	N total (ug/L)
Barra Bonita	0	4258,87	B. Bonita	0,0	1070,75
	2,5	5041,63		10,0	1167,95
	5,4	4735,05		20,0	1125,55
	15	4265,39		Média	1121,42
	26	4356,72	Bariri	0,0	1002,26
	Média	4531,53		2,0	1058,36
Bariri	0	1453,98	9,0	1043,36	
	2	1714,90	18,0	970,95	
	4,5	1708,38	Média	1018,73	
	11	1714,90	Ibitinga	0,0	951,38
	21	1714,90		2,0	955,95
Média	1661,41	10,0		972,91	
Ibitinga	0	1858,41	21,0	992,48	
	5	1962,77	Média	968,18	
	13	1930,16	Promissão	0,0	874,41
	22	1891,02		1,8	812,44
Média	1910,59	3,5		857,45	
Promissão	0	1310,47		12,0	864,63
	2	1212,63	24,0	833,32	
	4,25	1212,63	Média	848,45	
	12,5	1160,45	N. Avandava	0,0	866,58
	Média	1224,04		2,8	911,59
N. Avandava	0	784,72		5,5	907,68
	4	707,10		15,0	820,92
	20	682,96		19,0	810,49
	30	696,66	29,0	800,70	
	Média	717,86	Média	852,99	
Três Irmãos	0	471,62	Três Irmãos	0,0	865,28
	4	372,47		3,5	493,47
	8,5	638,61		8,0	524,78
	30	721,45		18,0	561,31
	Média	551,03		28,0	536,52
		Média		596,27	

Tabela 18- Valores de Fósforo total nas 6 represas do Médio e baixo Tietê no período de verão (março/99) e de inverno (julho/99)

Inverno (julho/99)			Verão (março/99)		
Represas	Prof.(m)	P total (µg/L)	Represas	Prof.(m)	P total (ug/L)
Barra Bonita	0	40,87	B. Bonita	0	79,69
	2,5	40,54		10	73,49
	5,4	43,80		20	81,65
	15	49,67		Média	78,27
	26	38,91		Bariri	0
	Média	42,76	2		61,09
Bariri	0	41,19	9		66,64
	2	37,93	18		56,85
	4,5	24,23	Média	61,09	
	11	19,66	Ibitinga	0	40,54
	21	26,19		2	61,09
Média	29,84	10		41,84	
Ibitinga	0	14,44		21	52,61
	5	16,07	Média	49,02	
	13	15,42	Promissão	0	27,49
	22	23,58		1,75	30,10
Média	17,38	3,5		28,80	
Promissão	0	27,16		12	26,19
	2	25,53	24	30,43	
	4,25	22,27	Média	28,60	
	12,5	23,90	N. Avanhandava	0	16,40
	Média	24,72		2,75	18,68
N. Avanhandava	0	26,51		5,5	15,09
	4	29,12		15	11,18
	20	28,47		19	11,83
	30	17,38		29	12,81
		25,37	Média	14,33	
Três Irmãos	0	19,01	Três Irmãos	0	8,24
	4	6,61		3,5	3,67
	8,5	9,87		8	4,33
	30	21,29		18	4,65
	Média	14,20		28	5,96
		Média		5,37	