

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DA COMUNIDADE
FITOPLANCTÔNICA E DAS VARIÁVEIS ECOLÓGICAS NO
RESERVATÓRIO DE SALTO GRANDE (AMERICANA – SP), EM
DUAS ÉPOCAS DO ANO

Serviço de Pós-Graduação EESC/USP
EXEMPLAR REVISADO
Data de entrada no Serviço: 21,09,00
Ass.: Danilo

PATRÍCIA BORTOLETTO DE FALCO



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

DEDALUS - Acervo - EESC



31100016791

ORIENTADORA: Profa. Assoc. Maria do Carmo Calijuri

São Carlos
2000

Class.	EESC
Curr.	2022
Tombo	T0211/00

✓
311 00016 79L

st 112152

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

F181d

Falco, Patrícia Bortoletto de

Distribuição espacial e temporal da comunidade fitoplanctônica e das variáveis ecológicas no reservatório de Salto Grande (Americana-SP), em duas épocas do ano / Patrícia Bortoletto de Falco. -- São Carlos, 2000.

Dissertação (Mestrado) -- Escola de Engenharia de São Carlos-Universidade de São Paulo, 2000.

Área: Ciências da Engenharia Ambiental.

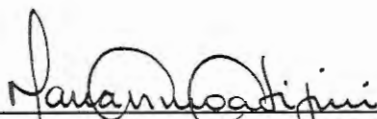
Orientador: Profa. Dra. Maria do Carmo Calijuri.

1. Reservatório hipereutrófico. 2. Estrutura de comunidade. 3. Fitoplâncton. 4. Heterogeneidade ambiental. I. Título.

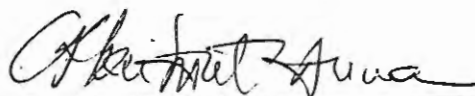
FOLHA DE APROVAÇÃO

Candidata: Licenciada **PATRÍCIA BORTOLETTO DE FALCO**

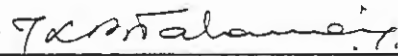
Dissertação defendida e aprovada em 11-08-2000
pela Comissão Julgadora:



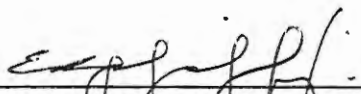
Prof. Associada **MARIA DO CARMO CALIJURI (Orientadora)**
(Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo)



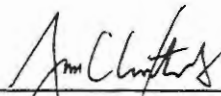
Doutora **CÉLIA LEITE SANT'ANNA**
(Pesquisador Científico VI - Instituto de Botânica)



Prof. Doutora **JANDIRA LIRIA BISCALQUINI TALAMONI**
(UNESP – Campus de Bauru)



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



JOSÉ CARLOS A. CINTRA
Presidente da Comissão de Pós-Graduação da EESC

*Dedico este trabalho aos meus
pais, pelo apoio em todos os
momentos de minha vida*

AGRADECIMENTOS

À Profa. Dra. Maria do Carmo Calijuri, pela confiança em mim depositada e pelos valiosos ensinamentos transmitidos durante a realização do trabalho.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (**FAPESP**) pela concessão da bolsa (**Processo 97/14071 – 2**).

À Profa. Dra. Célia L. Sant'anna e ao Prof. Dr. Carlos Bicudo, que sempre me receberam tão bem no Instituto de Botânica, onde aprendi muito sobre identificação do fitoplâncton.

Aos funcionários do CRHEA/USP: Amandio, Luci, Miro, Marcelo, Beto, América, Regina, Claudete e Mara, pelos auxílios prestados e amizade.

Aos colegas André C. dos Santos, Érica T. Fujisaki, Ricardo Minoti e Willian Debastiani, que muito me ajudaram na execução deste trabalho. E à Luci H. Zanata e Paulino Medina Jr., pela companhia que tornou as horas de trabalho no laboratório mais agradáveis.

Ao queridos amigos: Iracema, Fernanda, Érica, Mara Lúcia, Clovis e Paulino, pela ajuda nos momentos de intranquilidade e pela gostosa companhia nos momentos alegres.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	v
LISTA DE TABELAS	viii
RESUMO	x
ABSTRACT	xi
1) INTRODUÇÃO	1
1.1) Revisão da Literatura	4
1.2) Objetivos	14
2) MATERIAIS E MÉTODOS	15
2.1) Características Gerais do Reservatório de Salto Grande	15
2.2) Estações e Período de Amostragem	17
2.3) Variáveis Analisadas	19
3) RESULTADOS	25
3.1) Variáveis Climatológicas, Hidrológicas, Físicas e Químicas	25
3.2) Grau de Trofia	50
3.3) Variáveis Biológicas – análises qualitativa e quantitativa	55
4) DISCUSSÃO	73
5) CONCLUSÕES	93
6) RECOMENDAÇÕES	96
7) BIBLIOGRAFIA	98
8) ANEXO	108

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Diferenciação das áreas ao longo do eixo longitudinal dos reservatórios em função da variabilidade dos fatores ambientais. Modificado de KIMMEL <i>et al</i> (1990).....	6
FIGURA 2 – Reservatório de Salto Grande, sua localização no Estado de São Paulo e localização das estações de coleta.....	18
FIGURA 3 – Variação anual (1997/1998) da precipitação (mm) e da temperatura média do ar (°C), no Reservatório de Salto Grande.....	26
FIGURA 4– Variação mensal (JUNHO de 1997) da precipitação (mm) e da temperatura média do ar (°C), no Reservatório de Salto Grande.....	26
FIGURA 5– Variação mensal (JANEIRO de 1998) da precipitação (mm) e da temperatura média do ar (°C), no Reservatório de Salto Grande.....	26
FIGURA 6 – Variação mensal dos valores de vazão (m ³ /s), no Reservatório de Salto Grande.....	27
FIGURA 7 – Variação mensal do tempo médio de residência da água (dias), no Reservatório de Salto Grande.....	27
FIGURA 8 – Perfil de Condutividade (µS/cm), no Reservatório de Salto Grande, em 30/6/97.....	31
FIGURA 9 – Perfil de Condutividade (µS/cm), no Reservatório de Salto Grande, em 22/1/98.....	31
FIGURA 10 – Perfis de pH, no Reservatório de Salto Grande, em 30/6/97.....	32
FIGURA 11 – Perfis de pH, no Reservatório de Salto Grande, em 22/1/98.....	32
FIGURA 12 – Perfis térmicos da água (°C), no Reservatório de Salto Grande, em 30/6/97.....	34
FIGURA 13 – Perfis térmicos da água (°C), no Reservatório de Salto Grande, em 22/1/98.....	34
FIGURA 14 – Perfis das concentrações de oxigênio dissolvido (mg/L), no Reservatório de Salto Grande, em 30/6/97.....	35
FIGURA 15 – Perfis das concentrações de oxigênio dissolvido (mg/L), no Reservatório de Salto Grande, em 22/1/98.....	35
FIGURA 16 – Distribuição horizontal dos valores de transparência da água (disco de Secchi, em metros) e da profundidade de zona eufótica (m), no Reservatório de Salto Grande, em 30/6/97.....	39

FIGURA 17 – Distribuição horizontal dos valores de transparência da água (disco de Secchi, em metros) e da profundidade de zona eufótica (m), no Reservatório de Salto Grande, em 22/1/98.....	39
FIGURA 18 - Distribuição horizontal das concentrações de material em suspensão (total, orgânico e inorgânico - mg/L), no Reservatório de Salto Grande, em 30/6/97.....	41
FIGURA 19 – Distribuição horizontal das concentrações de material em suspensão (total, orgânico e inorgânico - mg/L), no Reservatório de Salto Grande, em 22/1/98.....	41
FIGURA 20 – Distribuição horizontal das concentrações de fósforo total ($\mu\text{g/L}$), no Reservatório de Salto Grande, nos dois períodos amostrados.....	43
FIGURA 21 – Distribuição horizontal das concentrações de nitrogênio total (mg/L), no Reservatório de Salto Grande, nos dois períodos amostrados.....	43
FIGURA 22 – Distribuição horizontal das concentrações de N-NO_3 ($\mu\text{g/L}$), N-NO_2 ($\mu\text{g/L}$), e N-NH_4 ($\mu\text{g/L}$), no Reservatório de Salto Grande, em 30/6/97.....	45
FIGURA 23 – Distribuição horizontal das concentrações de N-NO_3 ($\mu\text{g/L}$), N-NO_2 ($\mu\text{g/L}$), e N-NH_4 ($\mu\text{g/L}$), no Reservatório de Salto Grande, em 22/1/98.....	45
FIGURA 24 – Distribuição horizontal das concentrações de $\text{P-PO}_{4\text{td}}$ ($\mu\text{g/L}$), $\text{P-PO}_{4\text{i}}$ ($\mu\text{g/L}$) e SiO_2 (mg/L), no Reservatório de Salto Grande, em 30/6/97.....	48
FIGURA 25 – Distribuição horizontal das concentrações de $\text{P-PO}_{4\text{td}}$ ($\mu\text{g/L}$), $\text{P-PO}_{4\text{i}}$ ($\mu\text{g/L}$) e SiO_2 (mg/L), no Reservatório de Salto Grande, em 22/1/98.....	48
FIGURA 26 – Distribuição horizontal dos valores da razão N/P, no Reservatório de Salto Grande, nos dois períodos amostrados.....	51
FIGURA 27 – Distribuição horizontal dos valores médios de índice de estado trófico (IET), no Reservatório de Salto Grande, nos dois períodos amostrados.....	51
FIGURA 28 – Distribuição horizontal das concentrações de clorofila <i>a</i> ($\mu\text{g/L}$), no Reservatório de Salto Grande, em 30/6/97.....	53
FIGURA 29 – Distribuição horizontal das concentrações de feofitina ($\mu\text{g/L}$), no Reservatório de Salto Grande, em 30/6/97.....	53
FIGURA 30 – Distribuição horizontal das concentrações de clorofila <i>a</i> ($\mu\text{g/L}$), no Reservatório de Salto Grande, 22/1/98.....	54
FIGURA 31 – Distribuição horizontal das concentrações de feofitina ($\mu\text{g/L}$), no Reservatório de Salto Grande, em 22/1/98.....	54
FIGURA 32 – Porcentagem de contribuição das classes fitoplanctônicas, no Reservatório de Salto Grande, em 30/6/97.	58
FIGURA 33 – Porcentagem de contribuição das classes fitoplanctônicas, no Reservatório de Salto Grande, em 22/1/98.	58

FIGURA 34 – Distribuição horizontal das espécies dominantes da classe CHLOROPHYCEAE, no Reservatório de Salto Grande. A = 30/6/97 e B = 22/1/98.....	64
FIGURA 35 – Distribuição horizontal das espécies dominantes da classe CYANOPHYCEAE, no Reservatório de Salto Grande. A = 30/6/97 e B = 22/1/98.....	65
FIGURA 36 – Distribuição horizontal das espécies dominantes da classe CRYPTOPHYCEAE, no Reservatório de Salto Grande. A = 30/6/97 e B = 22/1/98.....	66
FIGURA 37 – Distribuição horizontal das espécies dominantes da classe BACILLARIOPHYCEAE, no Reservatório de Salto Grande. A = 30/6/97 e B = 22/1/98....	67
FIGURA 38 – Distribuição horizontal das espécies dominantes da classe CHRYSOPHYCEAE, no Reservatório de Salto Grande. A = 30/6/97 e B = 22/1/98.....	67
FIGURA 39 – Distribuição da frequência específica para cada classe analisada, no Reservatório de Salto Grande, nos dois períodos amostrados.....	68
FIGURA 40 – Distribuição horizontal dos valores do índice de diversidade de Shannon (bits/indivíduos), no Reservatório de Salto Grande, nos dois períodos amostrados.....	70
FIGURA 41 – Distribuição horizontal dos valores do índice de diversidade de Simpson (bits/indivíduos), no Reservatório de Salto Grande, nos dois períodos amostrados.....	70
FIGURA 42 – Distribuição horizontal dos valores do índice de dominância de Simpson (bits/indivíduos), no Reservatório de Salto Grande, nos dois períodos amostrados.....	71
FIGURA 43 – Distribuição horizontal dos valores do índice de uniformidade de Pielou (bits/indivíduos), no Reservatório de Salto Grande, nos dois períodos amostrados.....	71
FIGURA 44 – Distribuição horizontal dos valores do índice de riqueza de espécies (bits/indivíduos), no Reservatório de Salto Grande, nos dois períodos amostrados.....	72
FIGURA 45 – Compartimentalização do Reservatório de Salto Grande em função do biovolume das espécies dominantes, no dia 30/6/97.....	75
FIGURA 46 – Compartimentalização do Reservatório de Salto Grande em função do biovolume das espécies dominantes, no dia 22/1/98.....	76

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Distribuição espacial das medidas de pHm condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$), oxigênio dissolvido (mg/L) e temperatura ($^{\circ}\text{C}$), no Reservatório de Salto Grande, no dia 30/6/97.....	29
TABELA 2 – Distribuição espacial das medidas de pHm condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$), oxigênio dissolvido (mg/L) e temperatura ($^{\circ}\text{C}$), no Reservatório de Salto Grande, no dia 22/1/98.....	30
TABELA 3 – Distribuição espacial das profundidades máximas (m), e da porcentagem de saturação de oxigênio dissolvido, na superfície e no fundo, no Reservatório de Salto Grande, no dia 30/6/97.....	37
TABELA 4 – Distribuição espacial das profundidades máximas (m), e da porcentagem de saturação de oxigênio dissolvido, na superfície e no fundo, no Reservatório de Salto Grande, no dia 22/1/98.....	38
TABELA 5 – Distribuição longitudinal das concentrações de material em suspensão total, orgânico e inorgânico (mg/L), em duas estações do Reservatório de Salto Grande, nos dois períodos amostrados.....	40
TABELA 6 – Distribuição longitudinal das concentrações de nutrientes totais (nitrogênio - mg/L e fósforo - $\mu\text{g}/\text{L}$), em duas estações do Reservatório de Salto Grande, nos dois períodos amostrados.....	42
TABELA 7 – Distribuição longitudinal das nutrientes dissolvidos (NH_4 , NO_3 e NO_2 - $\mu\text{g}/\text{L}$), em duas estações do Reservatório de Salto Grande, nos dois períodos amostrados.....	46
TABELA 8 – Distribuição longitudinal das nutrientes dissolvidos ($\text{PO}_{4\text{td}}$, $\text{PO}_{4\text{i}}$ - $\mu\text{g}/\text{L}$ e SiO_2 - mg/L) em duas estações do Reservatório de Salto Grande, nos dois períodos amostrados.....	47
TABELA 9 – Distribuição longitudinal das formas dissolvidos (nitrogenadas e fosfatadas) e da razão N/P, em quatro estações do Reservatório de Salto Grande, nos dois períodos amostrados.....	49
TABELA 10 – Distribuição horizontal do índice de estado trófico (IET), no Reservatório de Salto Grande, nos dois períodos amostrados. Classificação segundo KRATZER & BREZONIK (1981).....	50
TABELA 11 – Distribuição horizontal dos pigmentos (clorofila a e feofitina - $\mu\text{g}/\text{L}$), no Reservatório de Salto Grande, nos dois períodos amostrados.....	52
TABELA 12 – Frequência específica de ocorrência das espécies mais abundantes no Reservatório de Salto Grande, no dia 30/6/97.....	59
TABELA 13 – Frequência específica de ocorrência das espécies mais abundantes no Reservatório de Salto Grande, no dia 22/1/98.....	60

TABELA 14 – Dimensão (μm – diâmetro e/ou largura X comprimento), forma geométrica e volume celular médio (μm^3) dos organismos mais abundantes no Reservatório de Salto Grande.....	61
TABELA 15 – Principais grupos taxonômicos encontrados em reservatórios tropicais com diferentes graus de trofia.....	90
TABELA 16 – Valores dos índices de estado trófico, no Reservatório de Salto Grande, nas estações amostradas, em 30/6/97.....	109
TABELA 17 – Valores dos índices de estado trófico, no Reservatório de Salto Grande, nas estações amostradas, em 22/1/98.....	110
TABELA 18 – Porcentagem de contribuição das classes, nas estações de coleta, no dia 30/6/97, no Reservatório de Salto Grande.....	111
TABELA 19 – Porcentagem de contribuição das classes, nas estações de coleta, no dia 30/6/97, no Reservatório de Salto Grande.....	112

RESUMO

O trabalho apresenta o estudo da heterogeneidade espacial da comunidade fitoplanctônica resultante das diferentes condições ambientais encontradas em dois dias de análise (30/6/97 e 22/1/98) no Reservatório de Salto Grande (Americana – SP). Este reservatório está localizado em uma área de alto desenvolvimento econômico e industrial e recebe, a montante, lançamento de esgotos sanitários e industriais sem tratamento adequado. Com o objetivo de identificar a existência de padrões na distribuição espacial da comunidade fitoplanctônica e, conseqüentemente, propor quais os principais fatores responsáveis por isso, foram feitas duas coletas em 25 estações ao longo do reservatório. As diferenças mais significativas quanto a essa distribuição foram verificadas entre as estações de entrada do Reservatório, ou seja, aquelas que sofrem influência direta do Rio Atibaia, onde dominou a classe chlorophyceae nos dois períodos amostrados. Nas estações com características mais lânticas, foi observada a dominância da classe CYANOPHYCEAE. A espécie *Microcystis aeruginosa* foi a que mais contribuiu para a biomassa, em biovolume, nos dois períodos amostrados. *Monoraphidium griffithii* foi a espécie que dominou na classe chlorophyceae. Os fatores responsáveis pela compartimentalização obtida foram a morfometria e o grau de trofia do reservatório.

Palavras – chave: fitoplâncton, reservatório hipereutrófico, compartimentalização, estrutura da comunidade, biovolume

ABSTRACT

This work reports on a study of the spatial heterogeneity of the phytoplankton community produced by the different environmental conditions found on two days of analysis (30 June 97 and 22 January 1998) at the Salto Grande reservoir in Americana, SP, Brazil. Located in a region of extensive economic and industrial development, this reservoir is a recipient, upstream, of untreated sewage and industrial waste. Two sample collections were made at 25 stations along the reservoir to identify the existence of patterns in the spatial distribution of the phytoplankton community and, thus, propose which the main factors for this distribution are. The most significant differences in regard to this distribution were found between the reservoir's entrance stations, i.e, those that are directly impacted by the Atibaia river, where the CHLOROPHYCEAE dominated during the sampling periods. The CYANOPHYCEAE class was found to dominate at the stations with more lentic characteristics. The *Microcystis aeruginosa* species was the greatest biomass contributor in terms of biovolume during both sampling periods, while *Monoraphidium griffithii* was the dominating species of the CHLOROPHYCEAE class. The factors of compartmentalization obtained were the morphometry and the reservoir's trophic level.

Key words: phytoplankton, hypereutrophic reservoir, compartmentalization, structure of the community, biovolume

1) INTRODUÇÃO

O Brasil tem grande quantidade de reservatórios, com diferentes morfometrias e estados tróficos, que começaram a ser construídos no início deste século para atender, inicialmente, à crescente demanda de energia elétrica em consequência dos desenvolvimentos econômico e industrial.

A construção desses reservatórios resultou em mudanças tanto nas condições do sistema aquático quanto nas do terrestre adjacente, pois os rios brasileiros tiveram grande parte de seus cursos alterados e segmentados e, áreas de florestas, ou para cultivo, foram eliminadas.

A construção de reservatórios implica em alterações ambientais, econômicas e sociais, que pode ter efeitos negativos para o ecossistema como um todo, como por exemplo, o aumento da evapotranspiração, aumento da taxa de sedimentação à montante dos seus afluentes e inundação de áreas florestais ou agrícolas (ESTEVES, 1998).

Mas a construção de reservatórios também pode representar aspectos positivos auxiliando, em muitos casos, no melhoramento das condições tróficas dos rios, à medida que funciona como um retentor de cargas devido aos intensos processos de sedimentação que ocorrem no seu eixo longitudinal. O Reservatório de Salto Grande, segundo RIOS (1999), tem funcionado como um grande sistema de tratamento de esgoto pois é eficiente na retenção de fósforo. Esse mesmo autor compara a eficiência de uma lagoa de estabilização, que é de 10% na retenção de fósforo, com a “eficiência” do reservatório, que retém 76% do fósforo total que entra no sistema, contribuindo assim, com a diminuição da eutrofização do rio Piracicaba e do rio Atibaia.


Os reservatórios são considerados “híbridos” entre rios e lagos naturais, pois “herdaram” como características dos rios a dinâmica horizontal e como

características dos lagos a dinâmica vertical, sendo o tempo de residência da água o principal responsável por este hibridismo, portanto, funciona como controlador da maioria dos processos que ocorrem nestes sistemas artificiais, tanto no eixo horizontal quanto no vertical.

Desta maneira, os estudos limnológicos em reservatórios devem considerar as principais diferenças existentes entre estes e os sistemas naturais. Estas diferenças, segundo WETZEL (1990), são basicamente estruturais como a estabilidade da coluna d'água e de funcionamento do sistema, e precisam ser entendidas para se obter uso e manejo mais adequados dos seus recursos. Estas características de funcionamento implicam em algumas diferenças básicas como a maior velocidade das taxas de renovação, em relação à disponibilidade de nutrientes e concentração de sólidos suspensos, que influenciarão diretamente na taxa de renovação da comunidade fitoplanctônica. Todo este dinamismo pode ser atribuído principalmente às atividades humanas como as desenvolvidas no próprio reservatório (geração de energia elétrica), e às atividades desenvolvidas no seu entorno, na bacia hidrográfica. Sabendo-se da importância de todos os processos que atuam nos reservatórios e que o fator "funcionamento e operação" da barragem não deve ser desconsiderado, o entendimento das relações entre os processos bióticos e abióticos poderá ocorrer de maneira a retratar melhor as condições do sistema.

O aumento no tempo de residência da água é uma das características mais importantes para o entendimento das alterações que ocorrem no meio físico, químico e biológico desses ambientes, podendo provocar alterações no comportamento térmico da coluna d'água, nos processos de sedimentação, na circulação das massas d'água, dinâmica dos gases, ciclagem de nutrientes e na estrutura das comunidades (THOMAZ *et al* 1997).

O estudo da estrutura da comunidade fitoplanctônica é fator importante quando se deseja o entendimento da dinâmica dos reservatórios. Estes organismos possuem ciclo de vida curto, podendo apresentar rápidas flutuações na biomassa, resultando em uma estrutura completamente diferente e sensível à variabilidade ambiental. Além disso, por ocuparem o primeiro nível trófico, são responsáveis pela produção e pelo transporte de energia e matéria em todo o sistema e, qualquer alteração na sua estrutura implicará em alterações nos demais níveis tróficos.

 Estudos realizados em reservatórios tropicais têm mostrado que existe um padrão de dominância de certos grupos fitoplanctônicos conforme o grau de trofia do ambiente. Entretanto existem algumas discussões quanto ao conceito de coexistência de várias espécies. Segundo o princípio da exclusão competitiva, a coexistência poderá existir desde que ocorra separação ecológica entre as espécies aparentadas para que estas possam apresentar diferentes adaptações seletivas (ODUM, 1988).

O aumento da biomassa em determinados períodos do ano está associado ao aumento variabilidade das condições ambientais, tanto espacial quanto temporal, que permite ao fitoplâncton o desenvolvimento de mecanismos de competição e exploração de tal variabilidade (HARRIS, 1980).

Evolutivamente, as espécies fitoplanctônicas, que são capazes de dominar em determinados períodos, foram selecionadas por apresentarem características particulares (pré-adaptações) e tornaram-se capazes de explorar tais condições. Além disso, as características pré-selecionadas são constantes à cada espécie, o que permite o conhecimento das estratégias que cada organismo apresenta frente a um conjunto de condições ambientais. Esta constância de comportamento permite, além do acompanhamento do nível trófico, a interpretação e predição dos processos que ocorrem no sistema (REYNOLDS, 1998).

Dentre as características mais marcantes do fitoplâncton estão as flutuações regulares e cíclicas na abundância e composição das espécies, que permitem a previsão ou interrupção de certos eventos como, por exemplo, o aumento da eutrofização dos sistemas aquáticos que tem como consequência direta a proliferação de cianofíceas (REYNOLDS, 1982).

No caso específico deste trabalho, optou-se por fazer um estudo da distribuição espacial (horizontal) da comunidade fitoplanctônica para verificar se esta é variável nas diferentes épocas do ano, em que são observadas alterações nas condições ambientais e, se a reposta à estas variações são homogêneas ao longo do reservatório.

1.1) REVISÃO DA LITERATURA

Os sistemas lóticos brasileiros passaram por grandes alterações nas décadas de 70, 80 e 90 e se transformaram em ambientes completamente diferentes, não apenas quanto às características ecológicas como também em relação ao modo de funcionamento, passando, como muitos dos grandes rios, a uma condição que se aproxima da condição lântica. Toda esta transformação esteve associada ao aumento da construção de reservatórios em função da maior demanda energética para fins industriais e domésticos, principalmente nos estados ao sul e sudeste do país.

Os processos que atuam nos reservatórios são altamente complexos e dinâmicos, tornando-os diferentes dos sistemas aquáticos naturais. A complexidade dos reservatórios deve-se, além das variáveis climatológicas como vento, precipitação e radiação solar, a outros mecanismos que regem seu funcionamento, tais como: as variáveis operacionais de vazão e a altura da tomada d'água (TUNDISI, 1990). Estes mecanismos adicionais funcionam de acordo com a necessidade do uso da água, quer seja para a geração de energia elétrica ou para o abastecimento público, que resultarão em grandes variações no nível da água em um pequeno intervalo de tempo.

Portanto, os reservatórios são caracterizados por uma maior instabilidade física sendo que o efeito de cada variável é resultado de complexos processos que ocorrem independentemente, mas que têm a mesma origem, qual seja, mudanças na operação do sistema, fazendo com que cada reservatório seja considerado como único, podendo assim, apresentar modificações a cada ano (FORD, 1990).

A existência de uma condição de equilíbrio nos ecossistemas aquáticos ocorre de maneira mais complexa, pois são observados períodos de alternância de instabilidade e estabilidade, nunca uma estabilidade constante. Esta situação é resultante do dinamismo existente nestes ambientes, em que tanto a heterogeneidade

interna quanto externa resultam em condições variáveis de equilíbrio (CALIJURI, 1999).

Os padrões de heterogeneidade espacial são, segundo LIND (1984), fáceis de serem entendidos em reservatórios, pois a variação está reduzida a um único gradiente longitudinal produzido pelo movimento unidirecional, no sentido rio - barragem. As margens também têm papel muito importante no gradiente longitudinal, que, como no Reservatório de Salto Grande, atuam como uma fonte extra de nutrientes e material em suspensão, pois se encontram na maior parte do ano sem a proteção da vegetação.

WETZEL (1990) estabeleceu as principais diferenças entre os lagos naturais e os reservatórios, sendo que estes apresentam:

- taxa de evaporação maior que a de precipitação, nos lagos ocorre o contrário;
- a ressuspensão de partículas do sedimento é maior em função da alta porcentagem de argila, como também são mais altas a turbidez e a entrada alóctone de materiais;
- o gradiente de extinção da luz predominante é o horizontal, enquanto em lagos naturais predomina o vertical, em função da maior entrada de materiais;
- a variabilidade horizontal do oxigênio dissolvido é maior e está associada aos padrões de carga de matéria orgânica;
- a variação das concentrações de nutrientes é horizontal e está associada ao tempo de residência da água e à taxa de sedimentação;
- tanto para o fitoplâncton quanto para o zooplâncton, predominam o gradiente horizontal de distribuição, restrito à disponibilidade de luz e nutrientes. Em lagos naturais predominam o gradiente vertical e os padrões sazonais;
- quanto às interações entre as espécies, a diversidade é maior em lagos naturais, assim como a especialização de nichos é mais estreita se comparada aos reservatórios;
- a taxa de sucessão é mais alta devido às atividades humanas, o ambiente está em constante alteração de suas características hidrodinâmicas e limnológicas.

Segundo THORTON *et al* (1990), o gradiente longitudinal é responsável pela determinação de áreas ao longo do reservatório que apresentam características físicas, químicas e biológicas distintas. Estas áreas são altamente variáveis e sua extensão varia conforme as características de cada ambiente.

KIMMEL *et al* (1990) propõem uma classificação para essas áreas: área de rio, área de transição e área lacustre, em função de suas principais características (FIGURA 1).

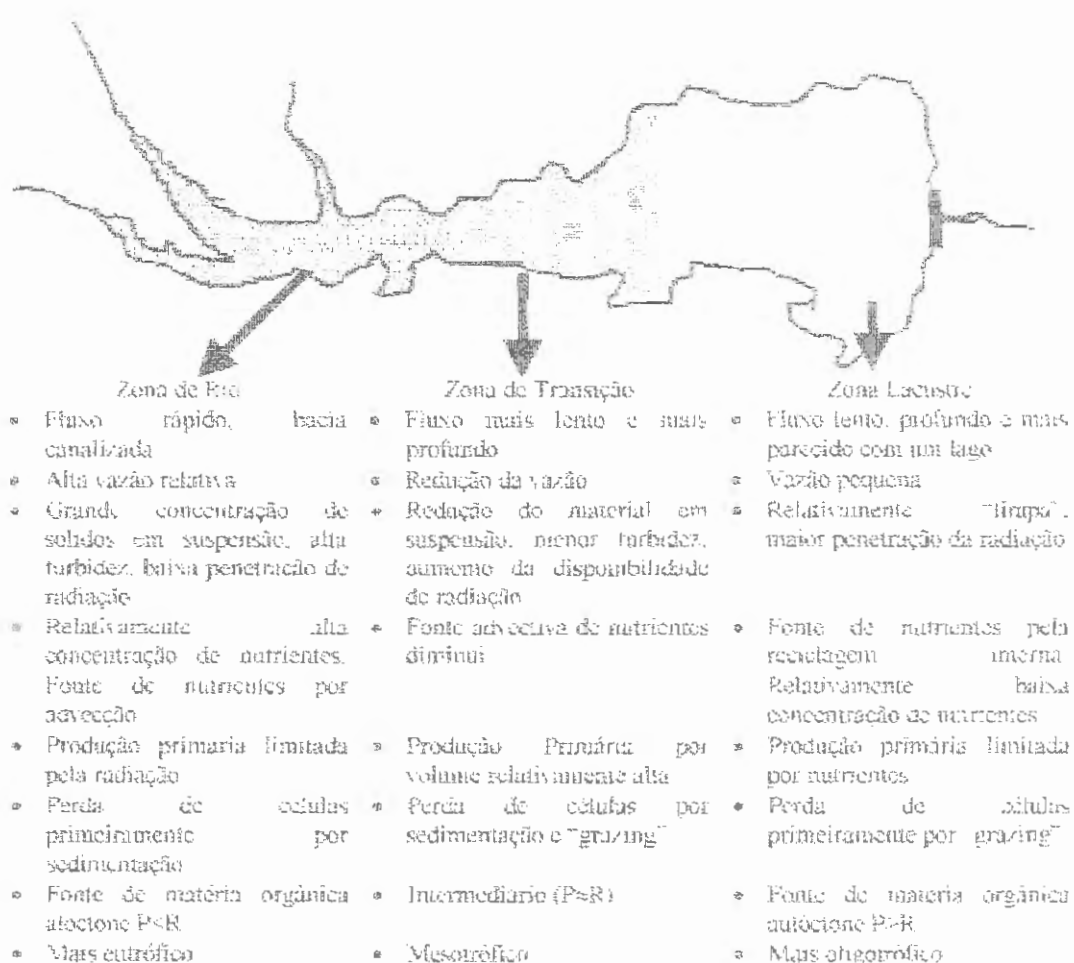


FIGURA 1 – Diferenciação das áreas ao longo do eixo longitudinal dos reservatórios, em função da variabilidade dos fatores ambientais. Modificado de KIMMEL *et al* (1990). P = produção e R = respiração

Como pode ser observado, a região de entrada do reservatório, área de 1, recebe toda a carga de efluentes da bacia de drenagem, apresentando uma maior limitação da produtividade primária devido às altas concentrações de material em suspensão e à baixa penetração de luz. Conforme se aproxima da barragem, os processos de sedimentação se intensificam, há aumento da penetração da luz e a produção de matéria orgânica autóctone começa a dominar na área lacustre.

Segundo KIMMEL (*op cit*), à medida que se distancia da entrada do reservatório, a produção fitoplanctônica é mantida por processos internos de reciclagem de nutrientes, uma vez que próximo à barragem a concentração de nutrientes dissolvidos é mais baixa.

THOMAZ *et al* (1997), estudando padrões espaciais e temporais no Reservatório de Segredo (Rio Iguazú), verificaram que houve aumento da concentração de oxigênio dissolvido e pH da superfície em direção à área lacustre do reservatório, região esta que propiciou o desenvolvimento da comunidade fitoplanctônica.

LIND (1984) afirmou o conceito de que a grande heterogeneidade espacial dos reservatórios é promovida, principalmente, por uma taxa de fluxo intermediária, pois a população fitoplanctônica está diretamente relacionada aos diferentes estados tróficos, os quais se formam pelo gradual decréscimo de nutrientes ao longo do reservatório. Se os fluxos fossem muito rápidos, não haveria queda gradual na concentração de nutrientes, e se fossem muito lentos, resultariam em remoção dos nutrientes logo no início do reservatório, por processos de sedimentação.

Toda esta variabilidade ambiental pode ser vista, segundo PLATT & DENMAN (1980), como um mosaico de diferentes microhabitats, nos quais são encontradas diferentes espécies da comunidade fitoplanctônica, que possuem diferentes estratégias de crescimento. Estes microhabitats são considerados suficientemente estáveis para manter a variabilidade espacial, mas não o suficiente para permitir que a comunidade de cada microhabitat se torne monoespecífica.

A composição fitoplanctônica, portanto, está diretamente relacionada com os pulsos produzidos nos sistemas aquáticos, principalmente em relação às alterações hidrodinâmicas. Segundo CALIJURI (1988), esses pulsos são resultantes da entrada

de materiais em suspensão que influenciarão na disponibilidade de nutrientes e de luz, alterando assim, as distribuições longitudinal e vertical do fitoplâncton.

Em reservatórios, os pulsos resultantes do ciclo hidrológico são produzidos pela variação na precipitação, que determinará os diferentes tempos de residência da água no sistema (CALIJURI, 1999).

A relação entre os processos responsáveis pelo funcionamento dos reservatórios e as distribuições espacial e temporal da comunidade fitoplanctônica e das variáveis ecológicas resultam na compartimentalização dos reservatórios quanto ao fluxo, à velocidade e ao transporte de nutrientes e também quanto às reorganizações periódicas na estrutura espacial do fitoplâncton (TUNDISI 1990).

Para o estudo da comunidade fitoplanctônica, é importante o conhecimento de que as alterações ambientais conduzem a diferentes respostas dependentes da escala de tempo considerada (HARRIS, 1980). Nos trabalhos práticos, estas diferenças podem ser percebidas conforme a periodicidade das coletas.

Nos estudos que abrangem uma escala de tempo menor, como o tempo de duplicação da população, as respostas da comunidade fitoplanctônica estão relacionadas com os fatores fisiológicos. Pela hipótese de Harris (HARRIS *op cit*), em escalas maiores que um dia, as respostas se relacionam aos mecanismos da população (crescimento e mortalidade), mas se estes processos permanecerem por muito tempo, será alterada a estrutura de toda a comunidade fitoplanctônica.

A heterogeneidade ambiental resulta em transformações no comportamento ecológico do fitoplâncton, e os efeitos decorrentes podem ser observados em várias escalas temporais (REYNOLDS, 1984). Por exemplo, as variações diárias do meio físico influenciam seletivamente a taxa de crescimento do fitoplâncton, favorecendo ou impedindo a formação de microhabitats.

A frequência com que essas perturbações ocorrem pode ser, segundo REYNOLDS (1988b), de 3 tipos:

- de poucas horas (menores que um tempo de geração);
- de pulsos baixos, separados por intervalos de 10 dias ou mais, que podem iniciar a seqüência sucessional;

- de pulsos em escalas intermediárias, interagindo com as taxas de crescimento das espécies, tendendo a manter uma alta diversidade de espécies.

Segundo HARRIS (1986), a inconstância ambiental possibilita a coexistência de várias espécies com estratégias distintas de sobrevivência, fato este que resulta em aumento da diversidade do sistema, pois as flutuações nas características físicas e químicas do ambiente reduzem a interação competitiva entre as espécies.

HUSTON (1979) propõe um modelo para explicar a diversidade, no qual estabelece relações entre a taxa de crescimento, a velocidade de exclusão competitiva e a frequência das perturbações ambientais, considerando os seguintes princípios:

- 1°. O equilíbrio competitivo entre as comunidades não ocorre devido à diminuição populacional, mas em função das flutuações ambientais periódicas e de certos tipos de predação;
- 2°. As taxas de crescimento das espécies são específicas de cada população e controladas por fatores ambientais, dentro dos limites de crescimento determinados geneticamente;
- 3°. As espécies competidoras podem ter suas taxas de crescimento alteradas pelas mudanças ambientais, e estas alterações poderão aumentar ou diminuir a disponibilidade de energia e nutrientes.

A instabilidade do ambiente resultará em uma biota característica, qual seja, poucos indivíduos bem adaptados (menos especializados e de rápido crescimento) e muitos indivíduos, mas que ocorrem em menor número, ou seja, as espécies raras, que não contribuem significativamente para a biomassa mas aumentam a diversidade do sistema. O estudo da estrutura e dinâmica da população fitoplanctônica é pertinente, uma vez que o comportamento destes organismos será diretamente afetado pelas alterações deste ambiente heterogêneo (BRONDI, 1994). Além disso, qualquer alteração na estrutura dos organismos fitoplanctônicos será refletida no restante da cadeia alimentar, pois eles ocupam o primeiro nível trófico (produtores primários).

Os indivíduos podem ser classificados em relação às suas estratégias de sobrevivência, ou seja, se seus esforços são concentrados na reprodução ou na obtenção de recursos e a predominância de uma estratégia ou outra dependerá das condições do meio. Assim, as espécies que apresentam as estratégias mais adaptadas às condições ambientais em um determinado momento não serão excluídas e se tornarão dominantes por tanto tempo quanto persistirem as mesmas condições (REYNOLDS, 1988a).

Segundo ODUM (1988), se houver baixa densidade de organismos na comunidade, a seleção favorecerá aqueles que têm alta taxa de reprodução (r - estrategistas), enquanto que alta densidade populacional favorecerá os organismos com capacidade reprodutiva menor, mas que têm melhores capacidades em utilizar e competir por recursos escassos (k - estrategistas).

Uma outra classificação também foi proposta por REYNOLDS (1988b) segundo as estratégias de sobrevivência, uma vez que, para este autor, existe um gradiente entre os organismos r e k estrategistas em relação à disponibilidade de recursos ("stress") e à magnitude dos distúrbios (alterações mecânicas). Assim, a comunidade fitoplanctônica foi dividida em:

- *C-estrategistas* (competidoras) - espécies mais adaptadas e com habilidade superior em dominar e explorar ambientes saturados em luz e nutrientes; excluem as demais, desde que as condições ambientais sejam ótimas;
- *R - estrategistas* (ruderal) - espécies que sobressaem em ambientes com grande mistura vertical e especializadas em explorar ambientes turbulentos e com gradientes de luz;
- *S - estrategistas* ("stress") - espécies que sobrevivem em ambientes com grande redução dos nutrientes e estabilidade física da coluna d'água.

A comunidade fitoplanctônica é excelente indicador do estado trófico de um corpo d'água, uma vez que a heterogeneidade ambiental pode resultar, ao longo do tempo, em transformações no comportamento ecológico do fitoplâncton (REYNOLDS, 1984), de maneira que as estratégias de sobrevivência das algas se

igualam às oportunidades ambientais, havendo adaptação das espécies à amplitude do habitat descrito pelo grau de trofia (REYNOLDS, 1998).

Muitas alterações que ocorrem na estrutura da comunidade fitoplanctônica estão relacionadas ao aumento da carga de nutrientes (fontes externas ou internas), com diferenças interespecíficas na taxa de assimilação de cada célula em relação à concentração externa dos nutrientes. Estas diferenças podem estar relacionadas à velocidade de assimilação ou à concentração necessária de determinados nutrientes, o que resultaria em diferentes respostas entre as espécies (REYNOLDS, *op cit*).

A dominância de determinados grupos não ocorre de forma aleatória e sim preferencial, em que, sob certas condições, algumas características são selecionadas (pré-adaptação), seguindo um padrão que determinará, ao longo do tempo, estratégias de crescimento das algas. Este conjunto de estratégias permitirá interpretar e até mesmo prever as condições que favorecem a dominância de um grupo específico (REYNOLDS, 1988a).

Os reservatórios apresentam gradientes verticais e horizontais de condições abióticas que controlam a produção e biomassa fitoplanctônica. Segundo THORNTON *et al* (1990), o suprimento de nutrientes é reduzido conforme se distancia do ponto de entrada do reservatório, tornando a produção do fitoplâncton dependente da regeneração de nutrientes *in situ*. Em ambientes eutróficos, a reciclagem interna de nutrientes é muito importante, tanto para o crescimento quanto para a distribuição espacial do fitoplâncton (GARCIA-GIL & FIGUEIRAS, 1993).

A maior concentração de matéria orgânica ocorre nos pontos próximos à entrada do reservatório. Nesta região a luz é fator limitante e há maior concentração de partículas suspensas. A medida que se aproxima da barragem, o suprimento de matéria orgânica alóctone começa a diminuir, sendo substituída por matéria orgânica de origem autóctone. Nesta região, há maior disponibilidade de luz e os nutrientes podem tornar-se limitantes.

Assim, as taxas de produtividade e biomassa serão mais altas na região de transição entre rio e lago, que corresponde ao ponto de maior largura do reservatório, de menor velocidade de fluxo, maior tempo de residência da água e de sedimentação de partículas suspensas e, portanto, de maior penetração de luz. Segundo

THORNTON (*op cit*), esta região pode ser a mais fértil do reservatório devido à disponibilidade de luz e nutrientes.

As cianofíceas (cianobactérias), predominantes em reservatórios eutróficos /hipereutróficos como o de Salto Grande, apresentam um conjunto de características morfológicas, fisiológicas e comportamentais que as tornam um grupo extremamente oportunista (PAERL, 1988). Estes organismos estão adaptados a uma ampla faixa de extremos ambientais e apresentam uma série de estratégias evolutivas que permitem-lhes a ocupação de ambientes pouco comuns. Além disso, são espécies primitivas quanto à estocagem de nutrientes; apresentando crescimento mais lento quando a concentração de nutrientes no meio é baixa, possuem estruturas granulares que funcionam como depósito de certos nutrientes (N e P) que serão consumidos quando houver escassez dos mesmos no ambiente; presença de **aerótopos** (vacúolos gasosos) que contribuem para a redução da densidade das células, conferindo-lhes a capacidade de controlar sua posição na coluna d'água (REYNOLDS, 1984). Por serem organismos muito pequenos, apresentam uma alta razão superfície/volume, o que otimiza a absorção de nutrientes (minimiza o tempo de difusão intracelular), aumentando a eficiência de fixação do carbono. Este mecanismo eficiente de fixação do carbono permite a ocupação de ambientes com pH alto, favorecida em situação de falta de bicarbonato na água, em que o CO₂ é rapidamente assimilado (REYNOLDS, 1998).

A sazonalidade e as condições tróficas do ambiente são fatores muito importantes na determinação da dominância ou não de grupos específicos de algas. A estrutura da comunidade fitoplanctônica e o número de espécies que a compõe, bem como as variáveis que a influenciam, são questões importantes nos estudos ecológicos.

Segundo CALIJURI (1999), existem duas linhas de pensamento da teoria ecológica que tentam explicar se a estrutura é preferencialmente influenciada pela competição ou por fatores externos:

- A primeira delas, a teoria do equilíbrio ecológico, considera a competição (direta ou indireta) como principal fator de influência na estrutura da comunidade fitoplanctônica. Neste caso, o princípio da exclusão competitiva é importante

fator controlador da substituição de espécies (ODUM, 1988). As espécies devem ocupar diferentes habitats e apresentar diferentes necessidades por recursos (diferentes nichos) para que possam coexistir;

- A segunda linha de pensamento, teoria do não-equilíbrio, considera que as mudanças dos fatores externos (por exemplo, alterações climatológicas) geram um desequilíbrio no meio, impossibilitando a predição de quais espécies sobreviverão e em que proporção elas ocorrerão. Segundo esta teoria, a velocidade com que as perturbações ocorrem impossibilitam a interrupção da exclusão competitiva, uma vez que as flutuações na estrutura das populações são periódicas e controladas por fatores ambientais.

A teoria do não-equilíbrio representa o ponto de vista extremo ao da teoria do equilíbrio. Segundo CALIJURI (*op cit*), esta é, explicitamente, uma teoria de sistemas abertos. Mas sendo o ambiente aquático constantemente perturbado e heterogêneo, HARRIS (1986) propõe a possibilidade de coexistência de várias espécies, com estratégias de sobrevivência distintas, aumentando a diversidade do sistema. Este ponto de vista, de acordo com CALIJURI (*op cit*), é o fundamento da Hipótese do Distúrbio Intermediário, proposto por CONNELL (1978), e a base para o modelo de HUSTON (1979). Na hipótese de CONNELL (*op cit*), criada para explicar ambientes com alta diversidade, como recifes de corais e florestas tropicais, as perturbações (ou distúrbios) de níveis intermediários não permitiriam a exclusão competitiva, aumentando a diversidade (SOMMER *et al*, 1993; CALIJURI, 1999).

Para CALIJURI (*op cit*), os sistemas aquáticos reagem às mudanças internas e externas, em escalas espacial e temporal e, por isso, não podem ser preservados como uma obra de arte. A estabilidade, nestes ambientes ecológicos, deve ser definida em termos dinâmicos, em uma sucessão com alternância de momentos instáveis e estáveis. Assim, poderemos admitir um modelo de manutenção de diversidade de espécies, em comunidades fitoplanctônicas de reservatórios eutróficos e hipereutróficos.

1.2) OBJETIVOS

- 1°. Caracterizar e compartimentalizar o Reservatório de Salto Grande quanto à distribuição espacial do fitoplâncton e variáveis ecológicas.
- 2°. Estudar a estrutura da comunidade fitoplanctônica (diversidade de espécies, biomassa, abundância relativa e dominância), no espaço e no tempo, no Reservatório de Salto Grande, relacionando-a às variáveis físicas e químicas.
- 3°. Tentar identificar as estratégias de sobrevivência das espécies fitoplanctônicas em relação à variabilidade ambiental (estabilidade e instabilidade físicas da coluna d'água, temperatura e nutrientes).

2) MATERIAIS E MÉTODOS

2.1) Características Gerais do Reservatório de Salto Grande

O Reservatório de Salto Grande localiza-se no Município de Americana, Estado de São Paulo (22° 44'S e 44° 19'W), à uma altitude de 530 metros, tendo sido formado pelo represamento do rio Atibaia através da barragem de Salto Grande em 1949, com a finalidade principal de gerar energia elétrica.

O rio Atibaia localiza-se na sub-bacia da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba e tem área de drenagem de 2.960,55km², o que corresponde a 26% do total da Bacia do Rio Piracicaba.

STRASKRABA (1999) propõe que os reservatórios podem ser classificados, quanto as suas características físicas, de acordo com:

- *tamanho* → definido a partir da área e volume e separado em 4 categorias diferentes:

CATEGORIA	ÁREA (Km ²)	VOLUME (m ³)
Grande	10 ⁴ – 10 ⁶	10 ¹⁰ – 10 ¹¹
médio	10 ² – 10 ⁴	10 ⁸ – 10 ¹⁰
Pequeno	1 – 10 ²	10 ⁶ – 10 ⁸
Muito pequeno	<1	< 10 ⁶

Fonte: Modificado de STRASKRABA (1999)

- *velocidade de fluxo* → definido a partir do cálculo do tempo de residência médio anual, ficando os reservatórios separados em 3 classes:

CLASSE	VELOCIDADE DE FLUXO	TEMPO MÉDIO DE RESIDÊNCIA (TR)
A	rápido	TR < 2 semanas
B	intermediário	2 semanas < TR < 1 ano
C	lento	TR > 1 ano

Fonte: Modificado de STRASKRABA (1999)

Com base nessas duas categorias, o Reservatório de Salto Grande pode ser classificado como pequeno (área = 11,50Km²) e de “fluxo intermediário”, ou CLASSE B (tempo médio de residência anual = 57 dias).

Algumas das características dimensionais do Reservatório e da barragem foram estabelecidas por CARVALHO, 1979:

Área Total	11,50km ²
Perímetro	64km ²
Comprimento	17km
Capacidade Máxima	106 × 10 ⁶ m ³
Período Médio de Retenção	57dias
Profundidade Máxima	19m
Profundidade Mínima	9m

A região do reservatório caracteriza-se por apresentar um clima temperado brando, com inverno seco e verão úmido, sendo que a época do ano mais quente e chuvosa inclui os meses de dezembro a fevereiro e a época mais fria e seca ocorre no período de julho a agosto (COELHO, 1993).

O reservatório recebe, a montante, esgoto sem tratamento adequado, materiais inorgânicos e metais pesados, provenientes de indústrias e de lançamentos

domésticos. Além disso, há outras fontes poluentes que estão localizadas as suas margens, como chácaras, fazendas de gado e de cultivo de cana-de-açúcar, clubes e casas de veraneio, que acentuam o processo de enriquecimento artificial deste ecossistema. É importante salientar que as margens do reservatório são ocupadas por um tipo de monocultura muito comum no Estado de São Paulo, a cana-de-açúcar.

Segundo a Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo (SMA, 1994), a área cultivada atinge 57% do total da área da sub-bacia do rio Atibaia, em uma região onde há predomínio de policultura com estrutura fundiária pouco concentrada. A pastagem é a atividade que mais se destaca e ocupa 62% da área total agrícola e destes, 42% são pastagem natural o que evidencia uma pecuária extensiva. A cobertura florestal ocupa 22% do total da área e a lavoura, apesar de pouco expressiva (26%), tem uma significativa ocupação pelo café e fruticultura (abacate, pêssago, figo, uva e goiaba). O milho é a cultura temporária mais representativa.

2.2) Estações e Períodos de Amostragem

Com a finalidade de caracterizar e compartimentalizar o Reservatório de Salto Grande, considerando-se a comunidade fitoplanctônica, foram realizadas coletas em 25 estações nos dias 30 de junho de 1997 (inverno) e 22 de janeiro de 1998 (verão). Essas estações foram determinadas de acordo com a morfometria do reservatório (FIGURA 2). Os períodos escolhidos representaram as épocas com menores e maiores temperaturas e precipitações.

As amostras para análises químicas e biológicas foram coletadas integrando-se a coluna d'água (aproximadamente 1m acima do fundo). Para análise do fitoplâncton as amostras foram fixadas com lugol acético (2KI:1I:2ÁCIDO ACÉTICO).

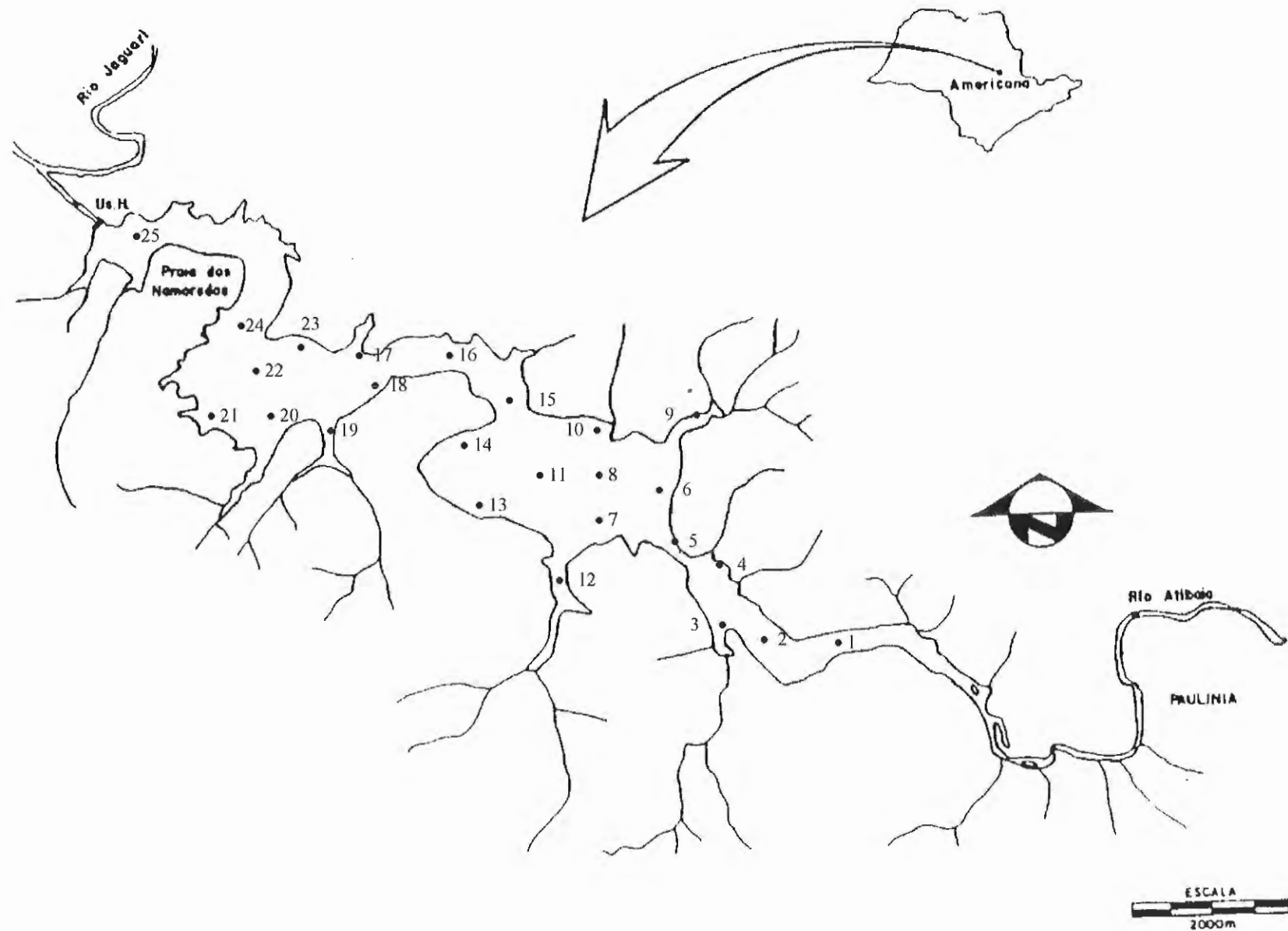


FIGURA 2- Reservatório de Salto Grande (Americana- SP), sua localização no Estado de São Paulo e localização dos pontos de coleta.

2.3) Variáveis analisadas

Os dados às *variáveis climatológicas* como temperatura do ar (°C) e precipitação total (mm) foram obtidos na estação meteorológica do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), base de Limeira.

Os valores de vazão (Vertida e Turbinada) foram fornecidos pela estação experimental da Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL), Americana (SP). Para o cálculo do tempo médio de residência da água, foram consideradas as médias dos valores máximos operacionais de cada mês pela vazão média defluente no período, seguindo a fórmula:

$$TR_{(\text{dias})} = V/86400 \times Q,$$

onde TR = tempo médio de residência da água; V = volume máximo operacional (m³) e Q = vazão defluente do período (m³/s)

Para o estudo das *variáveis físico-químicas* da água foram analisados:

- a) *Temperatura (°C)*, *pH*, *Condutividade (µS/cm)* e *Oxigênio Dissolvido (mg/L)* - medidos com o aparelho U₁₀ – Horiba. As medidas foram feitas a cada 0,5m a partir da superfície. O cálculo da porcentagem de saturação de oxigênio dissolvido foi feito a partir da concentração de oxigênio medida, da temperatura da água e da pressão atmosférica local (WETZEL, 1993).
- b) *Transparência da Água e Extensão da Zona Eufótica*: a transparência da água foi medida com o disco de Secchi, com 30cm de diâmetro e as profundidades de desaparecimento e reaparecimento foram anotadas e transformadas em extensão da zona eufótica (COLE, 1975)
- c) *Material em Suspensão*: as concentrações de material em suspensão (total, orgânico e inorgânico) foram obtidas através da técnica gravimétrica, descrita por TEIXEIRA *et al* (1965). Para esta determinação foram utilizados filtros GF/C, com porosidade de 0,45µm da marca Whatman, previamente calcinados em mufla à 460°C durante uma hora, obtendo-se assim o peso inicial (P₀). Foram filtrados, em média, 300mL de amostra da coluna d'água integrada, sempre com réplicas, nos filtros previamente calcinados. Após a coleta, os filtros foram

deixados na mufla durante 24h à 65°C, de maneira que os sólidos totais (orgânico e inorgânico) permaneceram nos filtros, que foram posteriormente pesados (P₁). Em seguida os filtros foram colocados na mufla à 460°C por uma hora e posteriormente pesados (P₂). Para obtenção das concentrações das diferentes formas de material em suspensão, foram utilizadas as seguintes fórmulas:

$$\text{MST}_{(\text{mg/L})} = (P_1 - P_0) \times 1000/V_a$$

$$\text{MSO}_{(\text{mg/L})} = (P_2 - P_0) \times 1000/V_a$$

$$\text{MSI}_{(\text{mg/L})} = \text{MST} - \text{MSO}$$

onde MST = material em suspensão total; MSO = material em suspensão orgânico; MSI = material em suspensão inorgânico; V_a = volume da amostra filtrado (L); P₀ = peso do filtro previamente calcinado (g); P₁ = peso do filtro seco em estufa, à 65°C por 24 horas após a filtração (L) e P₂ = peso do filtrado calcinado em mufla à 460°C durante uma hora.

- d) *Nutrientes Dissolvidos*: no laboratório, as amostras foram filtradas em filtros GF/C não calcinados para posterior análise dos nutrientes inorgânicos dissolvidos. As amostras foram analisadas colorimetricamente com o auxílio de espectrofotômetro (modelo UV - 2101 PC, marca SHIMADZU).

- O método utilizado para a análise do nitrito (N-NO₂, em µg/L) foi o descrito por MACKERETH *et al* (1978), em que o nitrito reage com a sulfanilamida, formando um composto que reage com o bicloridrato-N-(N-naftil)-etileno diamina, resultando em um composto róseo, quantificado a 543nm.

- Para a determinação do nitrato (N-NO₃, em µg/L) seguiu-se o método descrito por MACKERETH (*op cit*), cujo princípio é a redução do nitrato através do cádmio amalgamado e granulado sob agitação mecânica. O procedimento para a quantificação foi o mesmo utilizado para o nitrito, após a redução.

- O método utilizado para a determinação do íon amônio ($N-NH_4$, em $\mu g/L$) foi o descrito por KOROLEFF (1976), em que o íon amônio reage com o fenol e hipoclorito de sódio em uma solução alcalina, formando uma solução azulada. A absorbância da solução foi lida em 630nm.
- O fosfato inorgânico dissolvido (P-orto em $\mu g/L$) foi determinado a partir do método descrito por STRICKLAND & PARSONS (1960), no qual o fosfato reage com o molibdato, em uma solução acidificada, para formar o ácido fosfórico. Este ácido é reduzido, formando uma solução azulada. A leitura foi feita em 882nm.
- A digestão com solução saturada de persulfato de potássio, em autoclave foi o método utilizado para determinar a quantidade de fosfato total dissolvido (em $\mu g/L$). A metodologia e o comprimento de onda para a realização da leitura foram as mesmas utilizadas para fosfato inorgânico dissolvido.
- O silicato reativo foi determinado a partir do método descrito por GOLTERMAN (1978), no qual ocorre a formação do ácido sílico molibdico (coloração amarela) pela adição de molibdato de sódio em meio ácido. A leitura foi feita a 365nm.

e) *Nutrientes Totais*: Para determinação dos nutrientes totais foram utilizadas amostras não filtradas e congeladas. O método para a determinação do nitrogênio total (mg/L) foi o descrito no Standart Methods (APHA, 1985). O aparelho utilizado foi o da marca BÜCHI, que é composto por três partes: Inicialmente a amostra foi digerida com um catalizador misto, no modelo BÜCHI 435. Na etapa seguinte, a amostra foi alcalinizada e destilada (BÜCHI, 322). Finalmente, a amostra foi titulada (BÜCHI, 343) com solução de ácido sulfúrico 0,05N. O fósforo total (mg/L) foi determinado através da metodologia descrita por STRICKLAND & PARSONS (1960).

O cálculo da razão N/P foi feito a partir da determinação da concentração do átomo, através da forma atômica de cada uma das formas dissolvidas dos nutrientes (WETZEL & LIKENS, 1991).

f) *Índice de Estado Trófico*: calculado a partir do descrito por TOLEDO *at al* (1983) modificado de CARLSON (1977) e considerando-se as seguintes variáveis:

profundidade do disco de Secchi; concentrações de fósforo total, fosfato inorgânico e clorofila *a*. O índice foi calculado para cada estação, nos dois períodos amostrados e a classificação foi feita segundo a classificação de TOLEDO *at al* (1983) e KRATZER & BREZONIC (1981).

Para o estudo das *variáveis biológicas* foram considerados:

a) *Estrutura e Tamanho da Comunidade Fitoplanctônica* - as amostras de água foram coletadas com bomba de sucção acoplada a um hidrômetro, para integração da coluna d'água; posteriormente foram acondicionadas em frascos âmbar e fixadas com lugol acético. Para a determinação quantitativa do fitoplâncton foi utilizada o método de UTHERMÖHL (1958), conforme descrito em WETZEL & LIKENS (1991). O número de indivíduos foi calculado segundo WETZEL & LIKENS (*op cit*), sendo a unidade fundamental de contagem o campo do microscópio. O número de campos contados foi obtido através da curva de estabilização (100 campos).

b) *Densidade (indivíduos/mL)*: foi determinada pelo método descrito em APHA (1985), utilizando-se a seguinte fórmula:

$$D_{(\text{ind/mL})} = C \times AT / AF \times F \times V \quad \text{onde: } D = \text{densidade dos organismos;}$$

$C = \text{número de indivíduos contados; } AT_{(\text{mm}^2)} = \text{área total da câmara de sedimentação; } AF_{(\text{mm}^3)} = \text{área do campo de contagem; } F = \text{número de campos contados e } V_{(\text{mL})} = \text{volume da amostra sedimentada.}$

c) *Biovolume ($\mu\text{m}^3/\text{L}$)* - esta variável fornece uma avaliação mais precisa sobre a biomassa celular, principalmente quando se estuda a comunidade total, observando-se grandes diferenças nas dimensões celulares entre as espécies. O cálculo de biovolume de cada espécie foi determinado utilizando a forma geométrica aproximada de cada espécie, segundo técnica descrita por WETZEL & LIKENS (1991).

No caso específico de *Microcystis aeruginosa*, foram medidas 100 colônias, com os valores de: eixo maior, eixo menor e profundidade. Utilizou-se a fórmula geométrica de cilindro com base elíptica ($V = \pi a b h$, sendo $a = \frac{1}{2}$ eixo maior, b

= $\frac{1}{2}$ eixo menor e h = altura ou profundidade da colônia). Para *Microcystis lameliformes*, colônias mais arredondadas e menores, optou-se pela fórmula da esfera ($V = \frac{4}{3} \pi R^3$, onde $R = \frac{1}{2}$ do valor do eixo maior, ou diâmetro da colônia).

- d) *Abundância Relativa* - foi calculada a partir do número de indivíduos encontrado para cada espécie em relação ao número total de indivíduos de cada amostra, seguindo a classificação (McCULLOUGH & JACKSON (1985):

Dominantes: 50 a 100% de abundância relativa;

Abundantes: 30 a 49% de abundância relativa;

Comuns: 10 a 29% de abundância relativa;

Ocasionais: 1 a 9% de abundância relativa;

Raros: <1% de abundância relativa

- e) *Porcentagem de Contribuição das Classes*: foi calculada em relação à densidade total encontrada em cada estação e períodos amostrados, pela fórmula:

$$PCC = (D_c/D_t) \times 100, \text{ onde:}$$

PCC = porcentagem de contribuição da classe

D_c = densidade de cada classe

D_t = densidade total

- f) *Frequência Específica*: calculada em relação à presença ou ausência das espécies nas estações amostradas (LOBO & LEIGHTON, 1986), onde:

$$F = (P_a/P) \times 100 \quad \text{sendo}$$

F = frequência específica

P_a = número de amostras em que a espécie foi encontrada

P = número total de amostras analisadas

Se $F > 50\%$ → espécie é freqüente

Se $10\% < F < 50\%$ → espécie é comum

Se $F < 10\%$ → espécie é rara

- g) *Clorofila a e Feofitina*: para análise destas variáveis seguiu-se a metodologia descrita em NUSH & PALME (1975) e NUSH (1980), em que a extração desses pigmentos foi feita com solução de etanol 80% a quente. No campo, foram filtrados determinados volumes (em média, 300mL), em filtros (GF/C) com porosidade de 0,45 μ m; posteriormente, os filtros foram colocados em envelopes de papel e em frascos âmbar contendo sílica gel e guardados em local protegido

da luminosidade e baixa temperatura. As fórmulas utilizadas para a obtenção das concentrações desses pigmentos foram as seguintes:

$$\text{Clorofila a } (\mu\text{g/L}) = 27,9[(Eu_{665} - Eu_{750}) - (Ea_{665} - Ea_{750})] \times (v/V \times 1)$$

$$\text{Feofitina } (\mu\text{g/L}) = 27,9 [1,7 (Ea_{665} - Ea_{750}) - (Eu_{665} - Eu_{750})] \times (v/V \times 1)$$

onde: Eu = valor da absorbância nas amostras não acidificadas; Ea = valor de absorbância nas amostras acidificadas; v = volume do extrato (10mL); V = volume filtrado (L); 1 = índice de refração da cubeta; 27,9 = coeficiente de absorção específica da clorofila a e 1,7 = razão de rendimento da clorofila a não acidificada para acidificada.

h) *Índices de Diversidade*: o cálculo dos diferentes índices de diversidade, segundo ODUM (1988), foram os seguintes:

$$\text{Diversidade de Shannon (H')} = - \sum(P_i \times \log_2 P_i), \text{ onde } P_i = n_i/N$$

$$\text{Dominância de Simpson (c)} = \sum(n_i/N)^2$$

$$\text{Diversidade de Simpson} = 1 - \sum(n_i/N)^2$$

$$\text{Uniformidade de Pielou (e)} = H'/\log_2 S$$

$$\text{Riqueza de Espécies (d)} = S - 1/\log_2 N$$

Onde:

S = número de espécies encontrada na amostra

n_i = valor de importância de cada espécie (número)

N = número total de indivíduos (total dos valores de importância)

3) RESULTADOS

3.1) *Variáveis Climatológicas, Hidrológicas, Físicas e Químicas*

Comparando-se os três meses que antecederam a coleta de junho de 1997, pode-se dizer que o maior valor de precipitação foi registrado em março (2,36mm), ou seja, dois meses antes da mesma (FIGURA 3). Este valor é baixo se comparado aos meses que antecederam a coleta de janeiro de 1998, que apresentaram valores maiores de precipitações (8,98mm em novembro e 6,02mm em dezembro, FIGURA 4).

A mesma observação que foi feita para a variação mensal é válida para a diária, durante os dois períodos amostrados. Nota-se que os dias que antecederam a coleta de 22/1/98 apresentaram os maiores valores de precipitação (dias 15, 16 e 17 com 13,6mm, 16,4mm e 50mm, respectivamente), como pode ser observado na FIGURA 5. Entretanto, no mês de junho/97 os maiores índices de precipitação ocorreram logo no início do mês, ou seja, distantes do dia de coleta (dia 4 e 5 com 46,8mm e 23,7mm, respectivamente) (FIGURA 4).

A variação da precipitação que ocorreu nos dias que antecederam a coleta de janeiro de 1998 contribuiu para o aumento da instabilidade deste período, se comparado ao de junho de 1997. Além disso, houve também alta precipitação nos meses de janeiro de 1998, novembro e dezembro de 1997 (FIGURA 3), que resultou em altos valores de vazão e em menores tempos de residência da água no sistema (FIGURAS 6 e 7). Entre os meses de agosto a dezembro de 1997, os quais antecederam a coleta de janeiro de 1998, foi observado aumento gradual nos valores de vazão, culminando em maior valor no mês de dezembro de 1997 (43,35m³/s de vazão turbinada e 0,97 m³/s na vazão vertida).

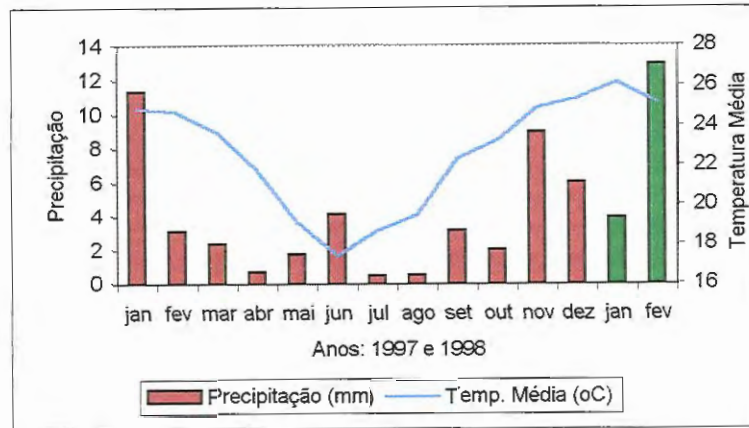


FIGURA 3 – Variação Anual (1997/1998) da precipitação (mm) e da temperatura do ar (°C), no Reservatório de Salto Grande.

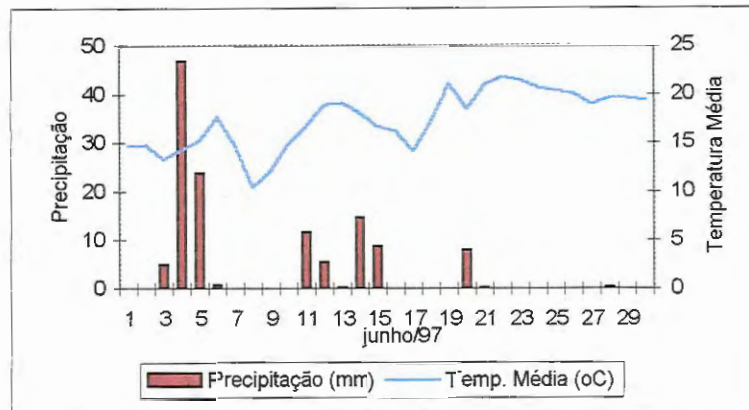


FIGURA 4 – Variação Mensal (junho de 1997) da precipitação (mm) e da temperatura do ar (°C), no Reservatório de Salto Grande.

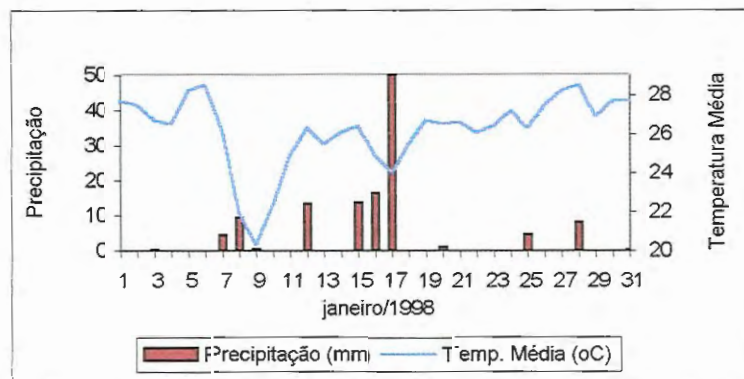


FIGURA 5 – Variação Mensal (janeiro de 1998) da precipitação (mm) e da temperatura do ar (°C), no Reservatório de Salto Grande.

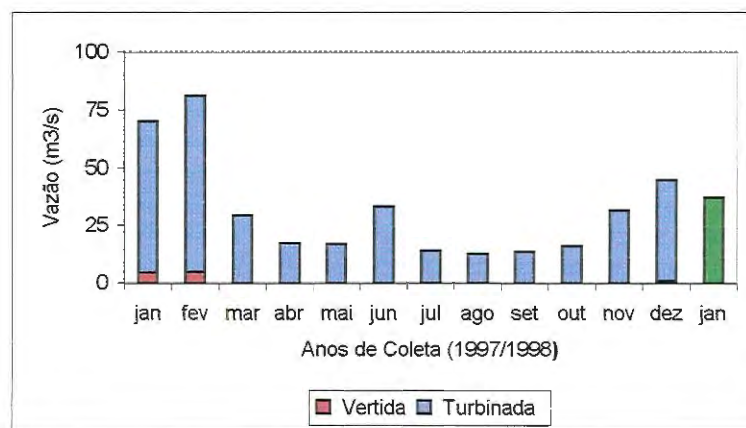


FIGURA 6 – Variação mensal dos valores de vazão (m^3/s), no Reservatório de Salto Grande.

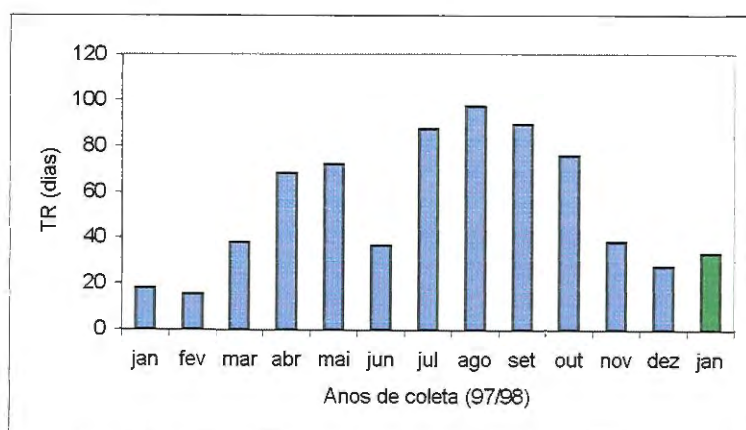


FIGURA 7 – Variação mensal do tempo médio de residência da água (dias), no Reservatório de Salto Grande.

Pela FIGURA 7 pode-se verificar que ocorreu diminuição também gradual no tempo de residência da água no reservatório em função do aumento gradual da vazão, começando 91,3 dias em agosto de 1997 e terminando com 27,7 dias em dezembro de 1997. Nos meses que antecederam a coleta de junho de 1997, foi observado o maior valor do tempo médio de residência da água em maio de 1997 (73,3 dias), juntamente com o menor valor de vazão ($16,76\text{m}^3/\text{s}$).

Nas TABELAS 1 e 2 tem-se a distribuição horizontal das médias dos valores das variáveis físicas (pH, temperatura, condutividade) e oxigênio dissolvido, além das profundidades máximas observadas no Reservatório de Salto Grande nos dois períodos amostrados. A partir destas tabelas foi possível selecionar as estações mais profundas para análise da distribuição vertical das variáveis físicas, pois estas estações apresentaram coluna d'água menos homogênea, se comparadas com as estações menos profundas, que por terem profundidade insuficiente para a estratificação, apresentaram-se mais homogêneas nos dois períodos amostrados. Com estas estações (11, 14, 15, 18, 21, 22, 24 e 25) foram feitos os gráficos de perfis de temperatura da água, condutividade da água e pH da água (FIGURAS 8 à 15).

- *pH e Condutividade*

Considerando-se os valores de superfície, tanto para pH quanto para condutividade, foi observado decaimento em direção à barragem apenas no dia 22/1/98, em que os valores mínimos de pH e de condutividade foram 7,49 e $72\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente (ambos na estação 25). Os valores máximos para estas variáveis foram observados na estação 14 (9,74 para pH e $170\mu\text{S}/\text{cm}$ para condutividade).

Da mesma maneira, no dia 30/6/97 os valores máximos de superfície destas duas variáveis foram observados na estação 14 (7,00 para pH e $175\mu\text{S}/\text{cm}$ para condutividade) e os mínimos de pH na estação 18 (6,73) e mínimo de condutividade na estação 15 para pH ($79\mu\text{S}/\text{cm}$).

TABELA 1 - Distribuição espacial dos valores médios pH, condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$), oxigênio dissolvido (mg/L) e temperatura ($^{\circ}\text{C}$), na coluna d'água, no reservatório de Salto Grande, em 30/6/97

Estações	pH	Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	Profundidade Máxima (m)
1	6,82	224,9	5,15	19,7	3,0
2	6,79	238,2	2,81	19,8	3,0
3	6,6	149,8	1,24	18,8	1,2
4	6,66	219,0	0,36	19,7	3,0
5	6,69	219,0	1,26	19,8	2,0
6	6,55	175,6	0,99	19,4	9,5
7	6,59	179,6	1,75	19,8	6,5
8	6,49	86,9	1,38	19,7	7,5
9	6,53	81,9	2,23	20,2	5,0
10	6,53	83,0	1,53	19,9	7,1
11	6,49	85,0	1,22	19,1	11,0
12	6,54	170,7	1,51	19,9	5,5
13	6,66	186,6	2,82	20,3	2,0
14	6,53	170,0	1,19	19,1	11,0
15	6,51	99,0	1,19	19,1	13,3
16	6,51	154,0	2,12	19,7	5,7
17	6,55	157,0	3,17	19,9	6,5
18	6,51	144,0	1,95	19,1	11,7
19	6,60	157,0	2,70	20,1	3,3
20	6,70	156,0	4,05	20,2	1,6
21	6,62	125,0	3,34	19,2	7,0
22	6,50	158,0	1,33	19,3	8,5
23	6,65	121,0	4,55	19,9	4,5
24	6,52	163,0	2,00	19,0	12,0
25	6,55	111,0	2,40	18,9	7,5

Os maiores valores de condutividade (média da coluna d'água) foram observados no dia 30/06/97, principalmente nas estações 1, 2, 4 e 5 (TABELA 1). Nas demais estações não foram observadas grandes variações, exceto nas Estações 8, 9, 10 e 11, que apresentaram valores mais baixos (86,9 a 85,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$) neste dia de coleta. Entretanto, no dia 22/1/98 (TABELA 2) os valores de condutividade estiveram mais baixos e também apresentaram variação maior ao longo do reservatório.

Quanto à distribuição vertical da condutividade (FIGURAS 8 e 9) verificou-se que no dia 30/6/97 (FIGURA 8) a coluna d'água permaneceu mais homogênea, principalmente nas Estações 18, 21, 22, 24 e 25, enquanto que no dia 22/1/98, apenas na Estação 25 foi observada tendência à homogeneização da coluna para os valores de condutividade (FIGURA 9). Entretanto, não houve variação muito grande entre a superfície e o fundo nos dois períodos amostrados.

TABELA 2 - Distribuição espacial dos valores médios pH, condutividade ($\mu\text{S/cm}$), oxigênio dissolvido (mg/L) e temperatura ($^{\circ}\text{C}$), na coluna d'água, no reservatório de Salto Grande, em 22/1/98

Estações	pH	Condutividade ($\mu\text{S/cm}$)	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	Profundidade Máxima (m)
1	6,65	189,0	7,79	26,8	0,5
2	6,87	180,5	6,79	27,4	1,5
3	6,74	57,0	4,86	30,2	1,0
4	6,71	77,0	2,52	27,9	2,5
5	6,87	86,0	5,36	27,5	2,0
6	6,92	77,0	5,77	27,8	5,0
7	7,13	141,0	4,87	29,2	3,5
8	6,76	80,0	3,95	27,4	6,0
9	6,82	74,0	4,71	28,3	3,0
10	7,72	134,0	8,09	28,9	2,5
11	6,97	112,0	2,98	27,0	10,5
12	6,58	145,0	2,38	27,7	5,5
13	8,12	146,4	9,20	29,4	2,0
14	6,98	147,2	3,16	27,1	10,5
15	7,10	142,4	3,94	27,4	11,5
16	7,69	138,1	6,52	28,5	4,0
17	6,79	143,4	3,77	27,3	6,5
18	7,57	143,9	6,77	28,0	7,0
19	8,23	142,7	10,77	29,4	5,0
20	8,58	146,0	12,16	30,3	1,0
21	6,55	141,8	1,95	27,0	15,5
22	6,82	146,2	2,81	26,9	17,5
23	7,48	71,0	8,98	29,7	1,5
24	6,82	73,6	3,06	27,4	10,5
25	6,56	75,7	2,78	27,0	13,5

No dia 30/6/97, os valores médios de pH, assim como os de condutividade, permaneceram praticamente constantes ao longo do reservatório, sempre próximos de 6,0; variando entre 6,82 e 6,50, nas estações 1 e 22, respectivamente (TABELA 1). O mesmo não ocorreu no dia 22/1/98 (TABELA 2), quando os valores de pH variaram entre 6,55 (estação 21) e 8,58 (estação 20), não havendo decaimento em direção à barragem. Considerando-se ainda os valores observados na coleta de 30/6/97 tem-se estratificação da coluna d'água, principalmente nas estações 18 e 24 (FIGURA 10). Entretanto, no dia 22/1/98 houve estratificação na maioria das estações, com grande variação nos primeiros três metros da coluna d'água, a partir dos quais os valores permaneceram praticamente constantes até o fundo (FIGURA 11).

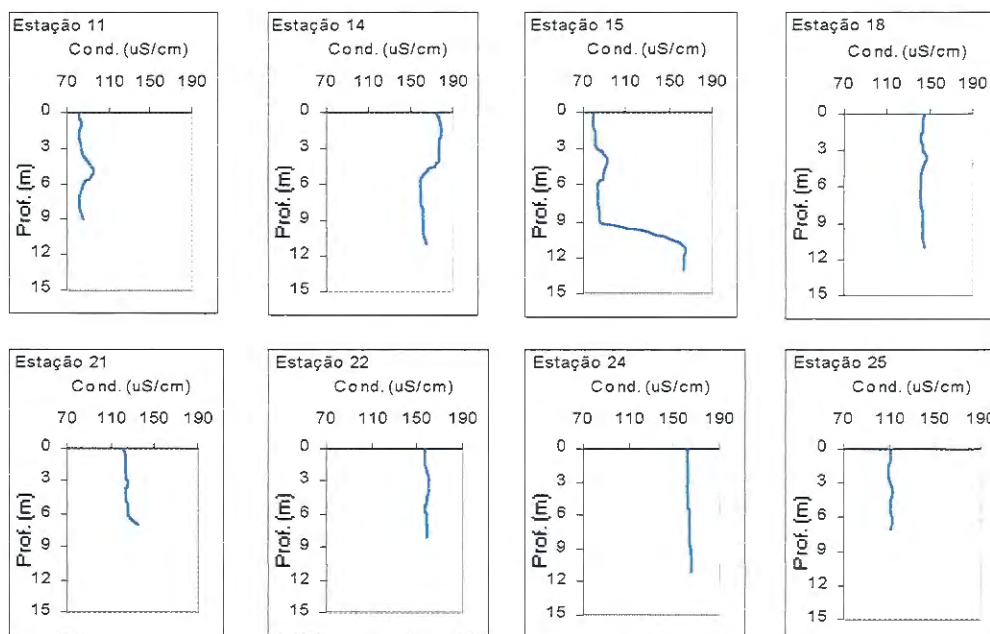


FIGURA 8 – Perfis de condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$), nas oito estações mais profundas, no Reservatório de Salto Grande, em 30/6/97.

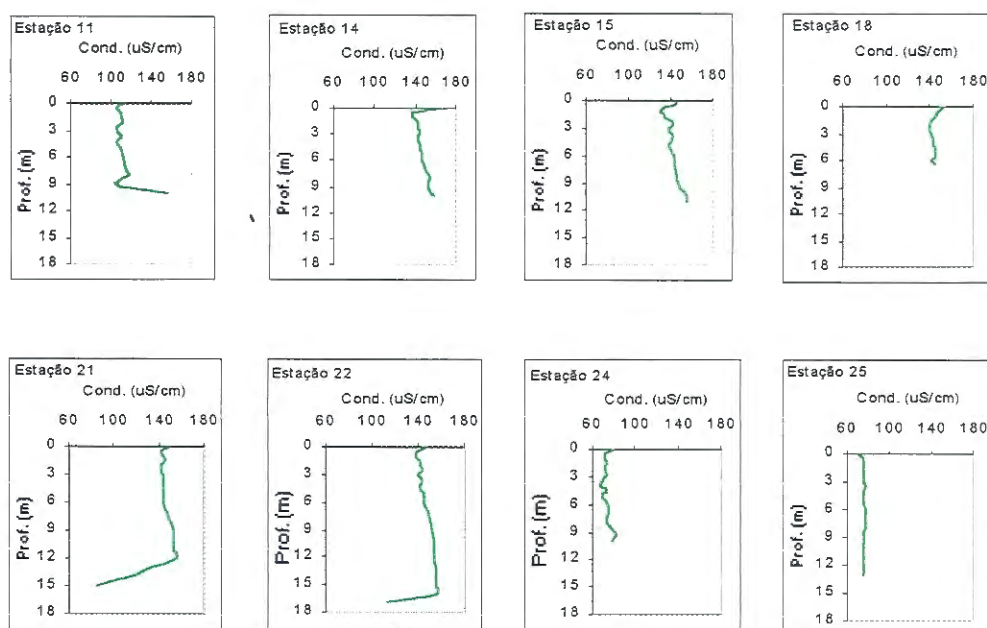


FIGURA 9 – Perfis de condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$), nas oito estações mais profundas, no Reservatório de Salto Grande, em 22/1/98.

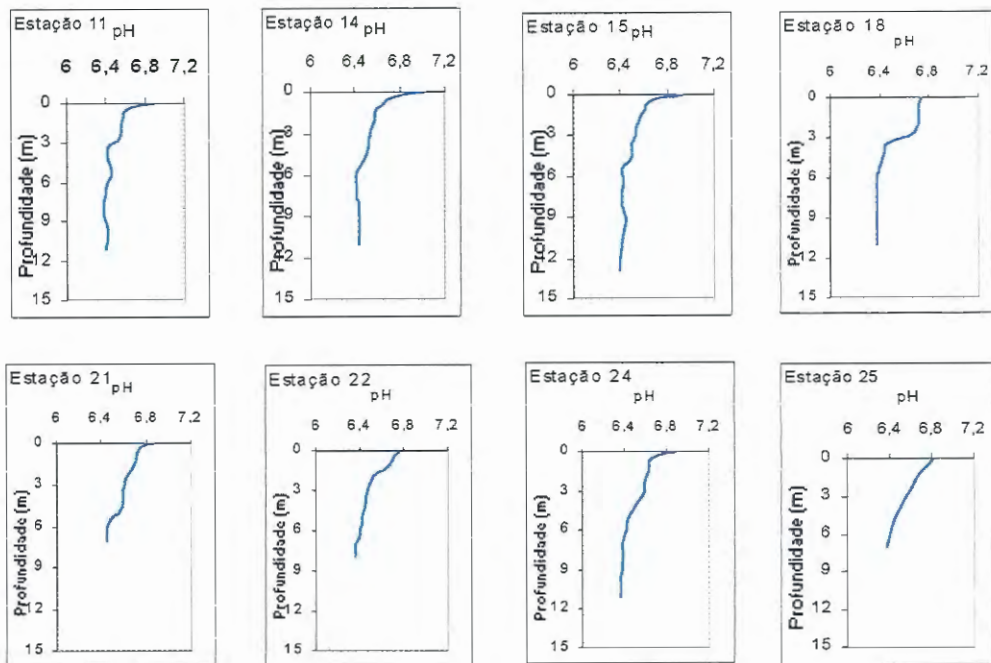


FIGURA 10 – Perfis de pH, nas oito estações mais profundas, no Reservatório de Salto Grande, em 30/6/97.

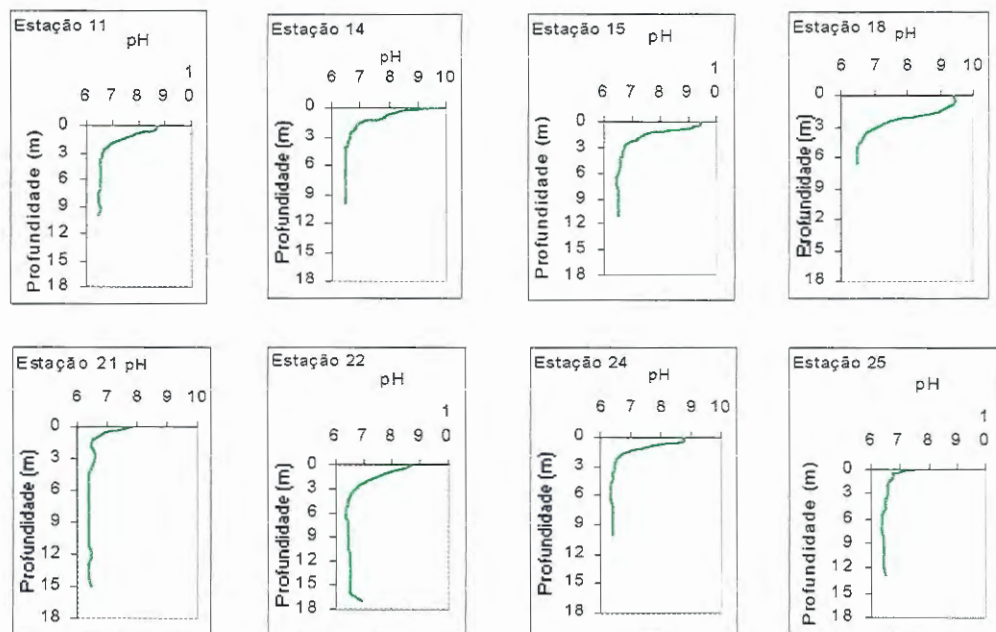


FIGURA 11 – Perfis de pH, nas oito estações mais profundas, no Reservatório de Salto Grande, em 22/1/98.

- *Temperatura da Água e Oxigênio Dissolvido*

No dia 30/06/97 (período de menor pluviosidade) observou-se que a temperatura média da coluna d'água variou entre 18,8 (estação 3) e 20,3°C (estação 13), enquanto que no dia 22/1/98 (período de maior pluviosidade) esta variação, pouco menor, foi de 27 (estações 11 e 25) e 30,3°C (estação 20), de acordo com as TABELAS 1 e 2. Em ambos os períodos pôde-se observar estratificação térmica e a formação de termoclina (FIGURAS 12 e 13).

As concentrações médias de oxigênio dissolvido (OD) foram, assim como os valores de temperatura da água, maiores no dia 22/01/98, variando de 1,95 (estação 21) a 12,16 (estação 20) (TABELA 2) e entre 0,36 (estação 4) e 5,15 (estação 1) em 30/6/97 (TABELA 1). Além disso, as maiores concentrações de oxigênio dissolvido foram observadas na superfície da coluna d'água, como era esperado devido, provavelmente, à maior atividade fotossintética nesta região e à grande decomposição na zona afótica. Em ambos os períodos, nas diferentes estações de amostragem, a coluna d'água permaneceu estratificada em relação ao oxigênio dissolvido (FIGURAS 14 e 15).

Em relação à anoxia do hipolímnio, pode-se dizer que tanto no verão quanto no inverno isto ocorreu nas oitos estações apresentadas, ou seja, aquelas com maior profundidade (FIGURAS 14 e 15).

Considerando-se as TABELAS 3 e 4, pode ser observado diminuição nas profundidades máximas nas estações amostradas no dia 22/1/98, em relação ao dia 30/6/97, nas quais foi verificado aumento da profundidade máxima, provavelmente devido à variação no nível da água no reservatório, exceto nas estações 19, 21, 22 e 25, localizadas próximas à barragem. Enquanto que nas estações 5, 12, 13 e 17 a profundidade foi igual nos dois períodos, provavelmente isto deveu-se a variação do nível da água no reservatório.

A condição de anoxia no hipolímnio foi quase regra no reservatório, principalmente no dia 30/6/97, período no qual esta condição foi observada em 64% das estações (o que corresponde à 16 estações), como pode ser verificado na TABELA 3. Entretanto, a condição de anoxia no hipolímnio se inverteu no dia

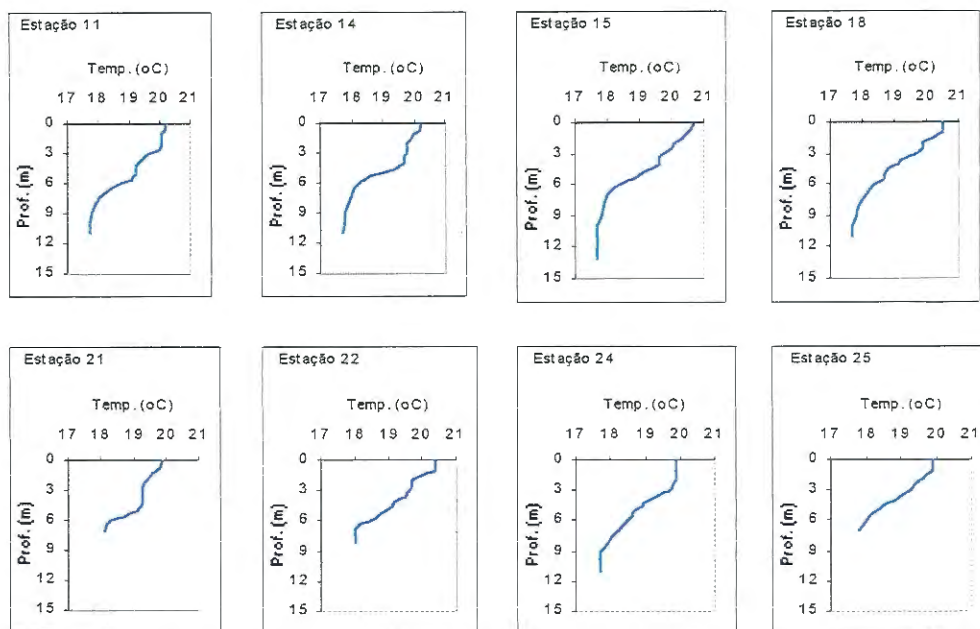


FIGURA 12 – Perfis térmicos da água ($^{\circ}\text{C}$), nas oito estações mais profundas, no Reservatório de Salto Grande, em 30/6/97.

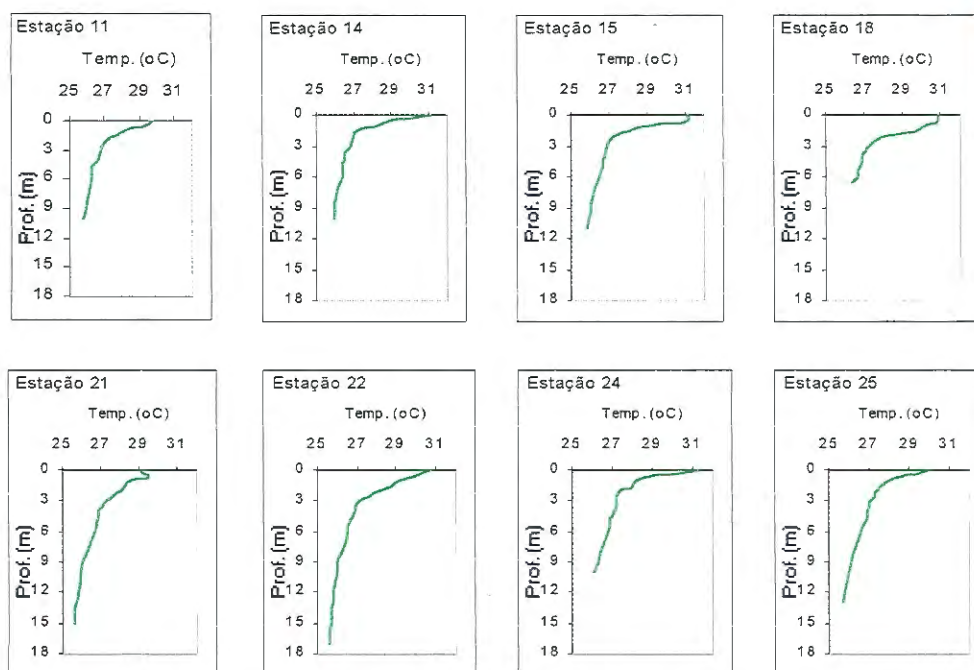


FIGURA 13 – Perfis térmicos da água ($^{\circ}\text{C}$), nas oito estações mais profundas, no Reservatório de Salto Grande, em 22/1/98.

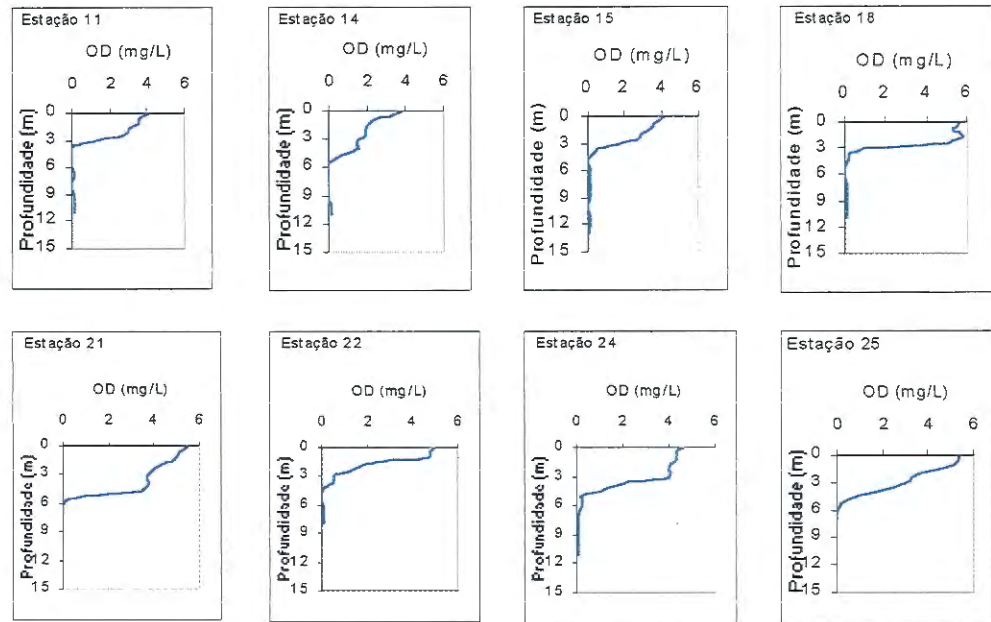


FIGURA 14 – Perfis das concentrações de oxigênio dissolvido (mg/L), nas oito estações mais profundas, no Reservatório de Salto Grande, em 30/6/97.

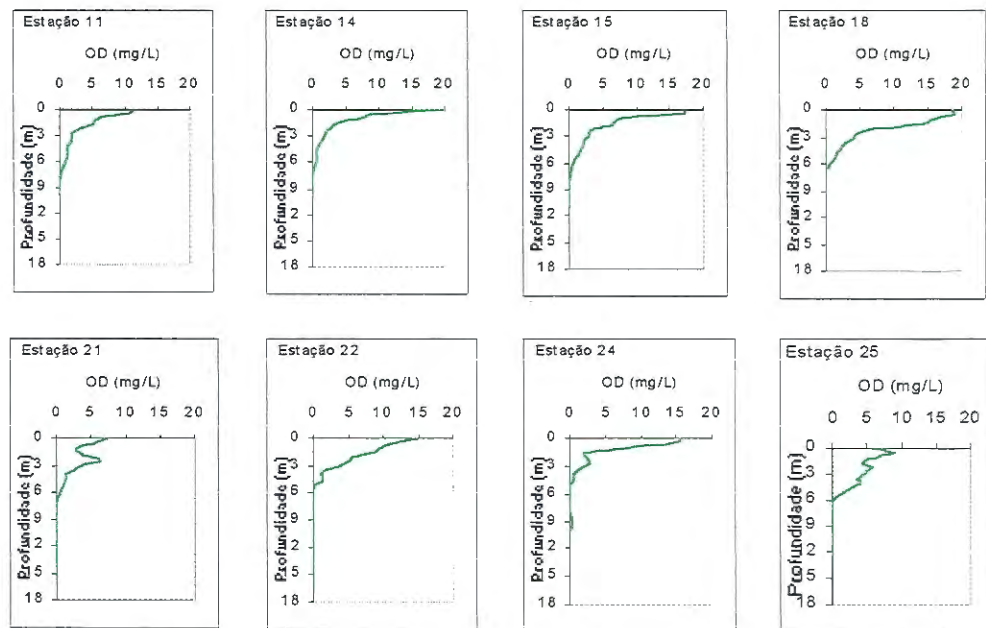


FIGURA 15 – Perfis das concentrações de oxigênio dissolvido (mg/L), nas oito estações mais profundas, no Reservatório de Salto Grande, em 22/1/98.

22/1/98, sendo que apenas 16% das estações (ou seja, 9 estações) apresentaram esta condição (TABELA 4).

Tanto em um período quanto no outro, as estações com anoxia no hipolímnio tinham como semelhança a profundidade máxima maior que 5,5m, exceto as Estações 4 e 9, com profundidades máximas de 3,0 e 5,0m respectivamente, no dia 30/6/97 (TABELA 3).

Quanto à porcentagem de oxigênio dissolvido, os maiores valores foram encontrados no dia 22/1/98, principalmente na superfície. Os maiores valores observados foram 67,7% (estação 8 a 1,5m) no dia 30/6/97 e 286,5% (estação 13 a 0,0m) no dia 22/1/98, enquanto que os menores valores foram 71,7% e 14,2%, nos dias 22/1/98 e 30/6/97, respectivamente, ambos na Estação 4 e a 0,0m. O mesmo pôde ser observado quando se compara a porcentagem de saturação de oxigênio dissolvido no fundo, ficando os maiores valores relacionados ao dia 22/1/98 (168,1%, na estação 20 a 0,8m) e os menores ao dia 30/6/97 (58,6%, na estação 1 a 3,0m) (TABELAS 3 e 4).

TABELA 3– Distribuição espacial das profundidades máximas (m) e porcentagem de oxigênio dissolvido na superfície e no fundo, no reservatório de Salto Grande, no dia 30/6/97

Estação	Profundidade Máxima	Profundidade Anoxia	% Saturação de OD na superfície	% Saturação de OD no fundo
1	3,0	-	60,3 (1,0m)	58,6 (3,0m)
2	3,0	-	36,4 (0,0m)	30,6 (2,5m)
3	1,2	-	23,8 (0,0m)	2,0 (1,2m)
4	3,0	2,0	14,2 (0,0m)	7,6 (1,5m)
5	2,0	-	17,8 (0,0m)	13,1 (1,9m)
6	9,5	5,0	28,4 (0,0m)	2,0 (4,5m)
7	6,5	4,5	46,8 (0,0m)	0,8 (4,0m)
8	7,5	4,0	43,7 (0,0m)	8,4 (3,5m)
9	5,0	4,5	52,3 (0,0m)	6,9 (4,0m)
10	7,1	5,3	37,4 (0,0m)	5,9 (5,0m)
11	11,0	4,0	48,1 (0,0m)	1,4 (3,5m)
12	5,5	-	26,5 (0,0m)	4,0 (5,4m)
13	2,0	-	37,7 (0,0m)	27,7 (1,7m)
14	11,0	5,5	44,4 (0,0m)	3,5 (5,0m)
15	13,3	5,0	49,6 (0,0m)	1,4 (4,5m)
16	5,7	3,5	56,9 (0,0m)	3,4 (3,5m)
17	6,5	6,0	56,8 (2,5m)	4,9 (5,5m)
18	11,7	5,0	67,7 (1,5m)	1,5 (4,5m)
19	3,3	-	51,0 (0,0m)	10,3 (3,0m)
20	1,6	-	55,2 (0,0m)	36,3 (1,5m)
21	7,0	6,0	63,8 (0,0m)	7,4 (5,5m)
22	8,5	4,5	58,4 (0,0m)	2,8 (4,0m)
23	4,5	-	58,6 (0,5m)	47,0 (4,5m)
24	12,0	7,0	54,0 (0,0m)	2,7 (6,0m)
25	7,5	6,0	62,6 (0,0m)	2,8 (5,0m)

TABELA 4 – Distribuição espacial das profundidades máximas (m) e porcentagem de oxigênio dissolvido na superfície e no fundo, no reservatório de Salto Grande, no dia 22/1/98

Estação	Profundidade Máxima	Profundidade Anoxia	% Saturação de OD na superfície	% Saturação de OD no fundo
1	0,5	-	-	-
2	1,5	-	92,0 (0,0m)	92,0 (1,0m)
3	1,0	-	72,7 (1,0m)	63,7 (0,5m)
4	2,5	-	71,7 (0,0m)	2,6 (2,0m)
5	2,0	-	75,3 (0,0m)	73,4 (1,5m)
6	5,0	-	126,8 (1,0m)	43,0 (4,5m)
7	3,5	-	121,1 (0,0m)	27,1 (3,0m)
8	6,0	-	120,5 (0,0m)	24,8 (5,5m)
9	3,0	-	125,0 (0,0m)	36,3 (2,5m)
10	2,5	-	204,1 (0,0m)	65,3 (2,0m)
11	10,5	9,0	156,5 (0,0m)	1,6 (8,0m)
12	5,5	5,0	120,9 (0,0m)	1,7 (4,5m)
13	2,0	-	286,5 (0,0m)	38,1 (2,0m)
14	10,5	8,0	285,2 (0,0m)	2,0 (7,0m)
15	11,5	9,0	245,3 (0,5m)	1,4 (8,0m)
16	4,0	-	221,6 (0,0m)	17,6 (3,5m)
17	6,5	6,0	126,2 (0,5m)	2,4 (5,5m)
18	7,0	-	267,2 (0,5m)	2,6 (6,5m)
19	5,0	-	285,4 (0,5m)	10,4 (4,5m)
20	1,0	-	176,1 (0,0m)	168,1 (0,8m)
21	15,5	7,0	99,3 (0,0m)	9,4 (6,0m)
22	17,5	6,0	211,3 (0,0m)	2,8 (5,0m)
23	1,5	-	128,8 (1,0m)	128,8 (1,0m)
24	10,5	6,0	223,0 (0,0m)	1,5 (5,0m)
25	13,5	7,0	121,8 (0,5m)	1,9 (6,0m)

- *Transparência da Água*

Comparando-se os dois períodos de amostragem, pode-se observar que a zona eufótica atingiu as maiores profundidades no dia 30/06/97 (FIGURA 16). Neste mesmo período, o índice de precipitação foi praticamente zero, nos dias que antecederam a coleta (FIGURA 4). Entretanto, no dia 22/01/98 o limite máximo da zona eufótica não ultrapassou 2,5m (FIGURA 17). Este fato está relacionado ao aumento das chuvas nos meses e dias que antecederam a coleta (FIGURAS 3 e 5, respectivamente) e ao carreamento de material, principalmente inorgânico, para dentro do reservatório (FIGURA 19).

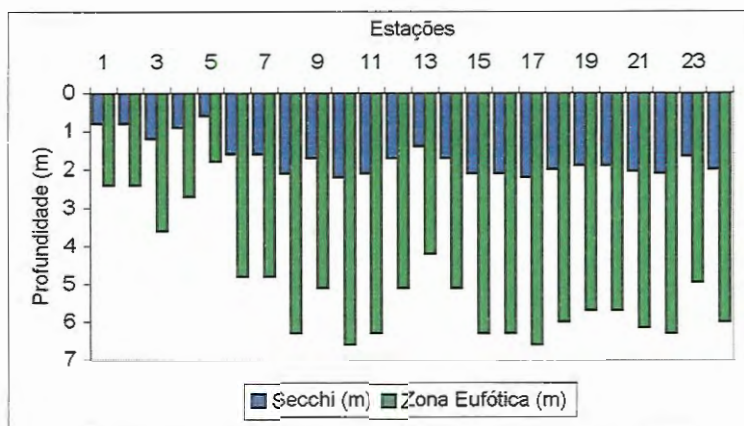


FIGURA 16 – Distribuição horizontal dos valores de transparência da água (disco de Secchi, em metros) e da profundidade de zona eufótica (m), no Reservatório de Salto Grande, em 30/6/97.

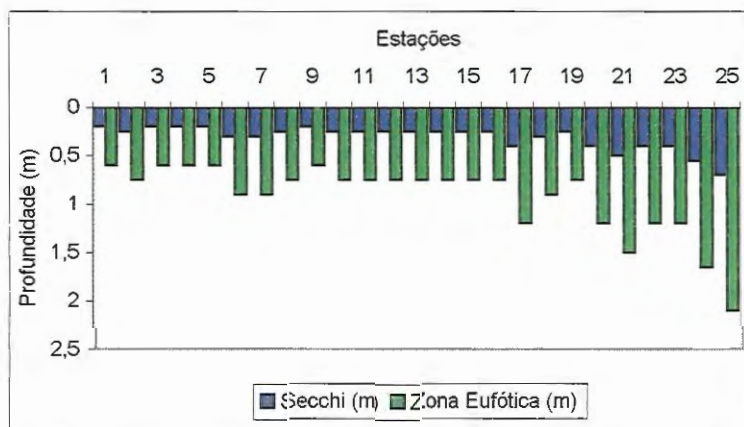


FIGURA 17 – Distribuição horizontal dos valores de transparência da água (disco de Secchi, em metros) e da profundidade de zona eufótica (m), no Reservatório de Salto Grande, em 22/1/98.

- *Material em Suspensão*

Tanto no mês de junho de 1997 quanto no mês de janeiro de 1998 foi observado diminuição da concentração de partículas e nutrientes no eixo longitudinal do reservatório, relacionado ao processo de sedimentação das partículas, ao longo do reservatório.

Entretanto, algumas diferenças foram observadas entre os dois períodos amostrados de maneira que os maiores valores de material em suspensão (orgânico e inorgânico) foram observados nas estações próximas à entrada do reservatório, nos 2 períodos amostrados (FIGURAS 18 e 19).

No dia 22/1/98 (FIGURA 19) foram observadas as maiores concentrações dos sólidos suspensos, bem como decaimento no eixo longitudinal mais acentuado (TABELA 5), em função do maior carreamento de partículas e dos maiores valores de vazão neste período (FIGURA 6). Ainda neste período, na maioria das estações amostradas, a concentração da fração inorgânica foi maior que a fração orgânica, exceto nas estações 13, 19 e 20, onde registrou-se também altas concentrações de clorofila e feofitina (FIGURAS 30 e 31) e os maiores valores de densidade total da comunidade fitoplanctônica (88.377,01 indivíduos/mL, na estação 20). Enquanto que no dia 30/6/97 a fração orgânica foi maior que a inorgânica, exceto nas estações de entrada do reservatório (estações 1, 2, 4 e 5 – FIGURA 18).

TABELA 5– Distribuição longitudinal das concentrações de material em suspensão total (MST), orgânico (MSO) e inorgânico (MSI) em mg/L, em duas estações do reservatório de Salto Grande, nos dois períodos amostrados

Estações	30/6/97			22/1/98		
	MST	MSO	MSI	MST	MSO	MSI
2 (entrada)	13,75	6,19	7,56	214,3	37,75	176,85
25 (barragem)	3,30	1,68	1,62	13,68	4,52	9,16

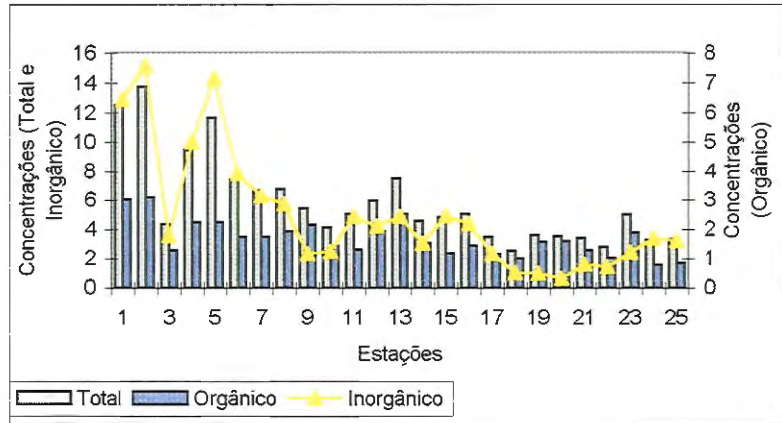


FIGURA 18 – Distribuição horizontal das concentrações de material em suspensão (total, orgânico e inorgânico – mg/L), no Reservatório de Salto Grande, em 30/6/97.

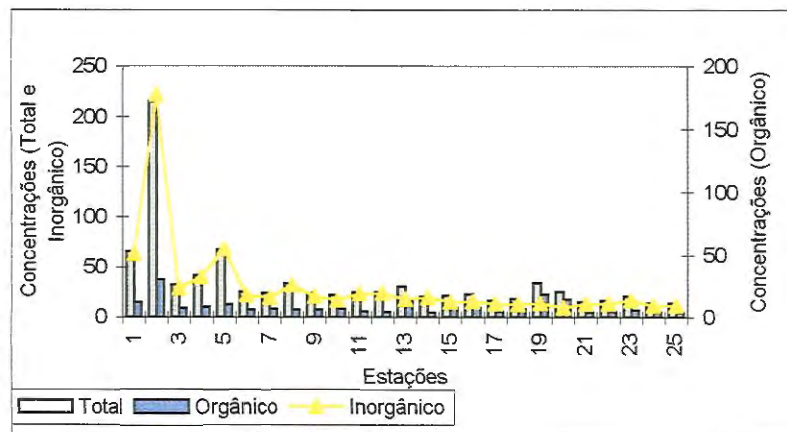


FIGURA 19 – Distribuição horizontal das concentrações de material em suspensão (total, orgânico e inorgânico – mg/L), no Reservatório de Salto Grande, em 22/1/98.

- *Nutrientes Totais*

- *Fósforo Total* – como pode ser observado na FIGURA 20, no dia 30/06/97 as maiores concentrações de fósforo total ocorreram principalmente nas estações localizadas na entrada do reservatório, com diminuição em direção à barragem. Entretanto, no dia 22/01/98 esse padrão de distribuição espacial se inverteu e as maiores concentrações foram encontradas nas estações próximas à barragem.
- *Nitrogênio Total* – o padrão de distribuição das concentrações de nitrogênio total nos dois dias de amostragem foi oposto ao do fósforo total (FIGURA 21). De maneira geral, pode-se dizer que no 22/1/98 as concentrações foram maiores, principalmente nas estações em que a concentração de fósforo total foi mais baixa, ou seja, nas estações próximas à entrada do reservatório. No dia 30/6/97, a concentração de nitrogênio total foi maior nas estações próximas à barragem, onde as concentrações de fósforo foram mais baixas. Nos dois períodos o decaimento horizontal de fósforo total em direção à barragem foi mais acentuado em relação ao nitrogênio total, como pode ser observado pela diferença entre as concentrações deste nutriente em uma das estações de entrada do reservatório (estação 2) e naquela mais próxima à barragem (estação 25), na TABELA 6. Através desta tabela pode-se observar que o único a apresentar aumento em direção à barragem foi nitrogênio total no dia 30/6/97. Além disso, foi observado aumento nas concentrações de fósforo total nas estações iniciais do segundo compartimento (a partir da estação 16), seguido por decaimento em direção à barragem.

TABELA 6 - Distribuição longitudinal das concentrações de nutrientes totais (nitrogênio – mg/L e fósforo -µg/L), em duas estações do reservatório de Salto Grande, nos dois períodos amostrados

Estações	30/6/97		22/1/98	
	Fósforo Total	Nitrogênio Total	Fósforo Total	Nitrogênio Total
2 (entrada)	244,22	1,31	126,12	4,48
25 (barragem)	42,26	1,58	93,72	1,54

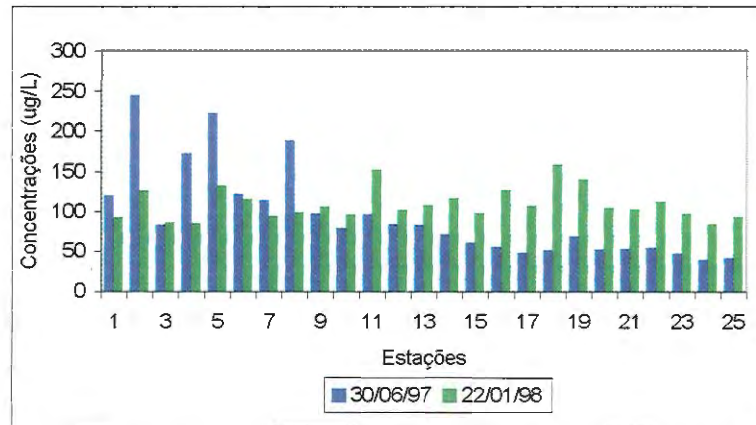


FIGURA 20 – Distribuição horizontal das concentrações de fósforo total ($\mu\text{g/L}$), no Reservatório de Salto Grande, nos dois períodos amostrados.

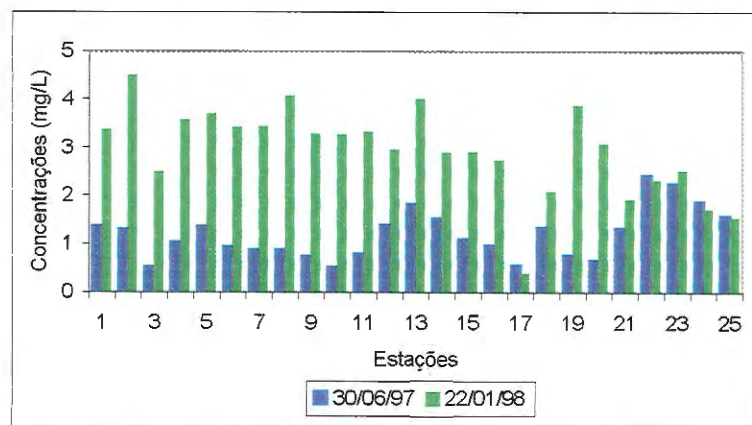


FIGURA 21 – Distribuição horizontal das concentrações de nitrogênio total (mg/L), no Reservatório de Salto Grande, nos dois períodos amostrados.

- *Nutrientes Dissolvidos*

As formas nitrogenadas apresentaram concentrações mais elevadas no período de menor pluviosidade e menores vazões e, conseqüentemente, maiores tempos de residência da água no reservatório (30/06/97, FIGURA 22). Neste período, em média, as concentrações das formas nitrogenadas foram 3,9 vezes maiores que as concentrações no dia 22/1/98 (FIGURA 23), enquanto que as formas fosfatadas foram 3,2 vezes maiores no 22/1/98, em relação às concentrações obtidas no dia 30/6/97 (FIGURAS 24 e 25).

- *Íon Amônio* (NH_4^+) – no dia 22/01/98 a concentração mais alta foi observada na estação 1 (743,87 $\mu\text{g/l}$) e a mais baixa na estação 19 (35,44 $\mu\text{g/l}$) (FIGURA 23). Comparando-se os dois períodos de amostragem, pode-se dizer que as maiores concentrações do íon amônio foram observadas no dia 30/06/97. O padrão de distribuição ao longo do reservatório apresentou decaimento em direção à barragem, nos dois períodos amostrados (FIGURAS 22 e 23).
- *Nitrato* (NO_3^-) – nos dois períodos de amostragem a concentração de nitrato foi mantida praticamente constante ao longo do reservatório. As concentrações de nitrato no dia 22/01/98 foram inferiores às encontradas no dia 30/06/97. A maior amplitude de variação ocorreu no dia 30/6/97, nas estações próximas à entrada do reservatório, estações 1 e 2 (1944,8 $\mu\text{g/L}$ e 1932,7 $\mu\text{g/L}$, respectivamente) e nas estações iniciais do primeiro compartimento (estação 5 e 8 com 1591,8 $\mu\text{g/L}$ e 1464,8 $\mu\text{g/L}$, respectivamente). No dia 22/01/98 a maior concentração foi encontrada na estação 1 (1409,1 $\mu\text{g/l}$) e a menor foi observada na estação 3 (563,74 $\mu\text{g/l}$).

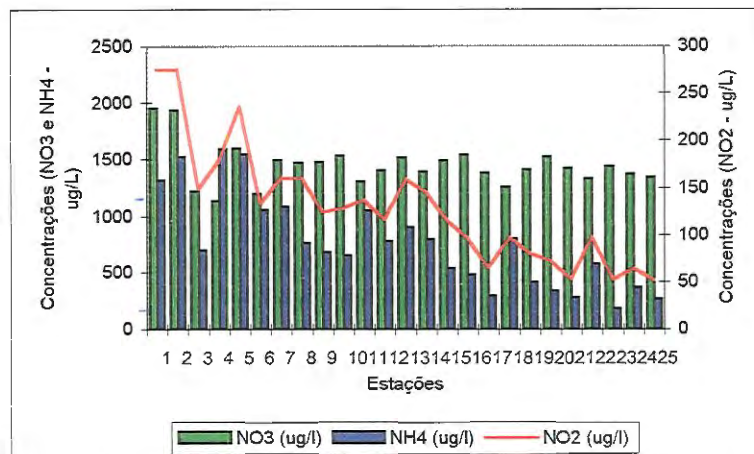


FIGURA 22 – Distribuição horizontal das concentrações de N-NO₃ (µg/L), N-NO₂ (µg/L), e N-NH₄ (µg/L), no Reservatório de Salto Grande, em 30/6/97.

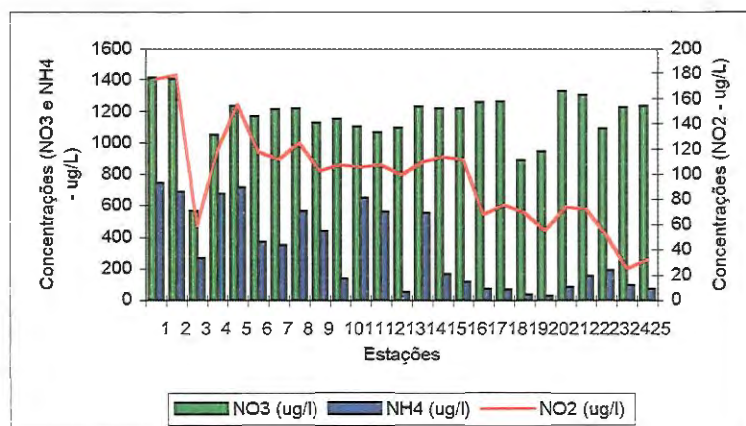


FIGURA 23 – Distribuição horizontal das concentrações de N-NO₃ (µg/L), N-NO₂ (µg/L), e N-NH₄ (µg/L), no Reservatório de Salto Grande, em 22/1/98.

- *Nitrito* (NO_2^-) – Assim como o íon amônio, as maiores concentrações de nitrito foram observadas nas estações próximas à entrada do reservatório e com decaimento em direção à barragem nos dois períodos amostrados, principalmente a partir da estação 16 (entrada do segundo compartimento). As concentrações mais elevadas de nitrito foram encontradas nas estações 1 e 2, tanto no dia 30/6/97 (274,09 $\mu\text{g/l}$ e 274,76 $\mu\text{g/l}$, respectivamente) quanto no dia 22/1/98 (175,1 $\mu\text{g/l}$ e 178,71 $\mu\text{g/l}$, respectivamente). De maneira geral, pode-se dizer que as concentrações de nitrito variaram mais no inverno, período em que foram mais elevadas tanto na entrada do reservatório quanto próximo à barragem.

Pela TABELA 7 pode-se concluir que o decaimento em direção à barragem, das formas nitrogenadas, foi mais acentuado no dia 30/6/97, representadas pelas estações 2 e 25. Além disso, a forma nitrogenada que mais variou entre essas duas estações foi o íon amônio, tanto em um período quanto no outro.

TABELA 7 - Distribuição longitudinal das concentrações de nutrientes dissolvidos (NH_4^+ , NO_3^- e NO_2^- - $\mu\text{g/L}$), em duas estações do reservatório de Salto Grande, nos dois períodos amostrados

Estações	30/6/97			22/1/98		
	NH_4	NO_3	NO_2	NH_4	NO_3	NO_2
2 (entrada)	1519,9	1932,7	274,76	686,93	1400,4	178,71
25 (barragem)	267,15	1335,0	51,61	73,94	1230,8	32,28

No dia 30/06/97 as maiores variações na distribuição das formas fosfatadas foram observadas nas estações próximas à entrada do reservatório (FIGURA 24), enquanto que no dia 22/1/98 esta distribuição foi mais homogênea ao longo do reservatório (FIGURA 25). Além disso, as menores concentrações foram observadas no dia 22/1/98, o que está relacionado à maior precipitação (FIGURA 3) e menor tempo de residência (FIGURA 7) neste período. No dia 30/06/97 as concentrações

mais elevadas de fosfato total dissolvido foram observadas nas estações 2 (146,87 $\mu\text{g/l}$) e 5 (142,41 $\mu\text{g/l}$), havendo diminuição em direção à barragem. O mesmo foi encontrado para o fosfato inorgânico, com maiores concentrações nessas mesmas estações (89,96 $\mu\text{g/l}$ e 90,65 $\mu\text{g/l}$, respectivamente) e neste período (FIGURAS 24).

Assim como as formas nitrogenadas, as formas fosfatadas apresentaram decaimento em direção à barragem mais acentuado no dia 30/6/97, enquanto que no dia 22/1/98 a distribuição horizontal foi mais homogênea ao longo do reservatório, havendo pequeno aumento do fósforo total dissolvido na estação 25 em relação às estações de entrada (TABELA 8).

As concentrações de silicato reativo foram maiores no dia 30/06/97, entretanto houve pouca variação, no eixo longitudinal, nos dois dias de coleta (FIGURAS 24 e 25). No dia 22/01/98 as maiores concentrações foram observadas na estação 13 (3,15mg/l) e na estação 20 (2,7mg/l), ambas localizadas próximas às margens do reservatório.

TABELA 8 - Distribuição longitudinal das concentrações de nutrientes dissolvidos ($\text{PO}_{4\text{td}}$ $\text{PO}_{4\text{i}}$ - $\mu\text{g/L}$ e SiO_2 - mg/L), em duas estações do reservatório de Salto Grande, nos dois períodos amostrados

Estação	30/6/97			22/1/98		
	$\text{PO}_{4\text{td}}$	$\text{PO}_{4\text{i}}$	SiO_2	$\text{PO}_{4\text{td}}$	$\text{PO}_{4\text{i}}$	SiO_2
2 (entrada)	146,87	89,96	6,26	71,46	40,67	2,75
25 (barragem)	25,44	6,11	5,00	76,64	30,16	2,38

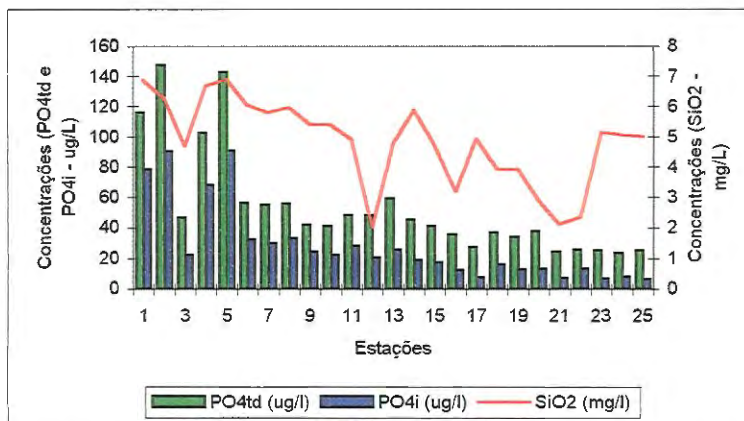


FIGURA 24 – Distribuição horizontal das concentrações de P-PO_{4td} (µg/L), P-PO_{4i} (µg/L), e SiO₂ (mg/L), no Reservatório de Salto Grande, em 30/6/97.

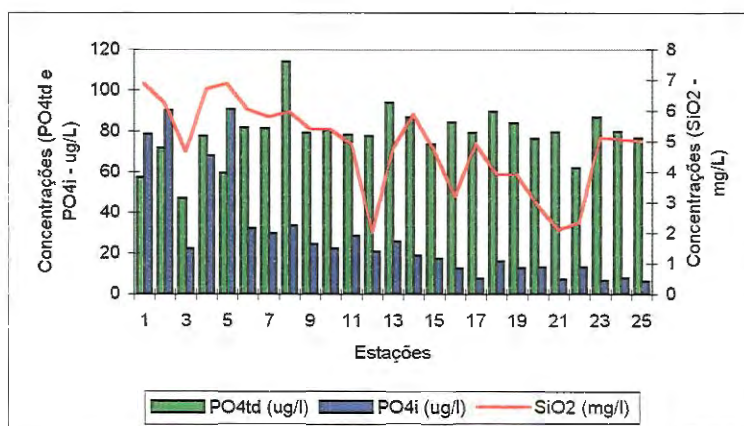


FIGURA 25 – Distribuição horizontal das concentrações de P-PO_{4td} (µg/L), P-PO_{4i} (µg/L), e SiO₂ (mg/L), no Reservatório de Salto Grande, em 22/1/98.

- Razão N/P

O decaimento da razão N/P em direção à barragem foi mais nítido em 22/1/98, sendo que em 30/6/97 os valores mais altos foram próximos à barragem, sem apresentar, no entanto, decaimento muito acentuado (FIGURA 26).

No dia 30/6/97 observou-se aumento na razão N/P se comparada ao dia 22/1/98. Em algumas estações (13, 16 e 20) foram observados, no dia 22/1/98, uma proliferação mais intensa de algas, nas quais pôde-se verificar diminuição de, aproximadamente, 12% na razão N/P entre os dias 30/6/97 e 22/1/98.

As únicas estações que apresentaram razão N/P de verão maior que a de inverno foram 1, 2 e 5 (TABELA 9). Este aumento na razão N/P pode estar relacionado a maior aporte de nitrogênio ou a maior precipitação de fósforo para o sedimento, sendo que estas foram as únicas estações em que as concentrações das formas fosfatadas dissolvidas foram menores no dia 22/1/98, pois nas demais estações, neste período, foram observadas concentrações mais elevadas tanto para fósforo total dissolvido quanto para fósforo inorgânico (FIGURAS 24 e 25). No entanto, para as formas dissolvidas, as maiores concentrações foram sempre observadas no dia 30/6/97, em todas as estações (FIGURAS 22 e 23).

TABELA 9 - Distribuição longitudinal das formas dissolvidas (nitrogenadas e fosfatadas) e da razão N/P, em quatro estações do reservatório de Salto Grande, nos dois períodos amostrados

Estações	NH ₄		NO ₃		NO ₂		PO _{4td}		PO _{4i}		N/P	
	30/6	22/1	30/6	22/1	30/6	22/1	30/6	22/1	30/6	22/1	30/6	22/1
1	1314,5	743,9	1944,8	1409,1	274,1	175,1	115,6	57,3	78,3	27,9	32,7	43,6
2	1519,9	686,9	1932,7	1400,4	274,8	178,7	146,9	71,5	89,9	40,7	30,4	31,0
5	1538,5	713,9	1591,8	1228,8	235,8	155,5	142,4	59,3	90,7	37,3	30,6	36,4
8	761,33	565,2	1464,8	1213,0	160,1	124,7	55,5	113,6	33,3	53,1	42,7	17,2

3.2) *Grau de Trofia do Reservatório de Salto Grande*

Os valores do índice de estado trófico (IET) calculado para cada variável (Secchi, Fósforo Total Dissolvido, Inorgânico, Fósforo Total e Clorofila *a*), em cada estação e período de amostragem podem ser observados nas TABELAS 16 e 17, ANEXO. Nestas tabelas também estão representadas as duas formas de classificação, a proposta por TOLEDO *et al.* (1983) e a proposta por KRATZER & BREZONIK (1981).

Os valores médios de índice de estado trófico (média das variáveis) indicaram, conforme a FIGURA 27, que no dia 30/6/97 o reservatório apresentou grau de trofia mais elevado nas suas estações de entrada, com diminuição em direção à barragem, sendo classificado como hipereutrófico na estação 1 e como mesotrófico na estação 25. Um padrão semelhante não foi observado no dia 22/1/98, período no qual houveram pequenas variações nos índices ao longo do reservatório, sendo classificado como hipereutrófico para todas as estações analisadas (TABELA 10).

TABELA 10- Distribuição horizontal do índice de estado trófico (IET) no reservatório de Salto Grande, nos dois períodos amostrados. Classificação segundo KRATZER & BREZONIK (1981)

Estações	30/6/97		22/1/98	
	IET (Médias)	Classificação	IET (Médias)	Classificação
1, 2 e 3	66	hipereutrófico	70	hipereutrófico
21, 22 e 24	57	eutrófico	69	hipereutrófico
25	51	mesotrófico	69	hipereutrófico

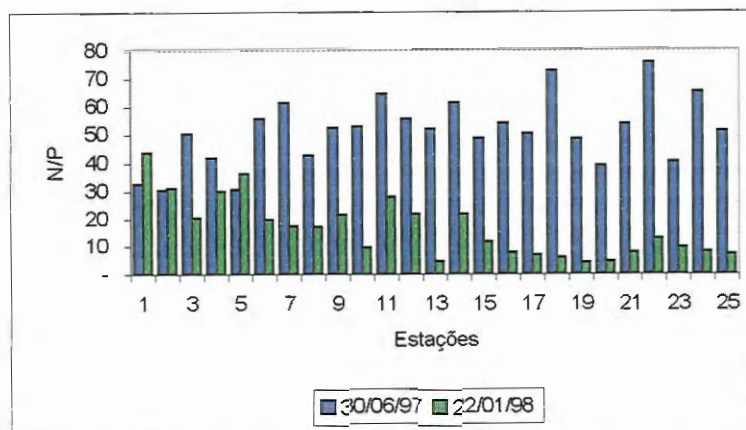


FIGURA 26 – Distribuição horizontal dos valores da razão N/P, no Reservatório de Salto Grande, nos dois períodos amostrados.

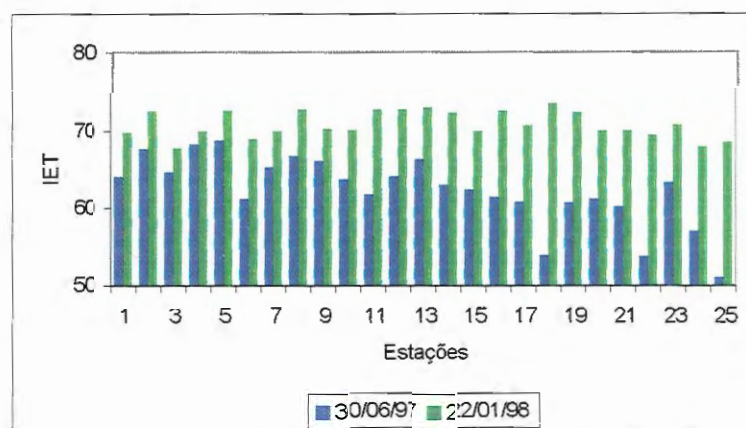


FIGURA 27 – Distribuição horizontal dos valores médios de índice de estado trófico (IET), no Reservatório de Salto Grande, nos dois períodos amostrados.

- *Pigmentos*

No dia 22/01/98 as maiores concentrações de clorofila e feofitina foram encontradas nas estações 13, 19 e 20 (FIGURAS 30 e 31). Estas estações também foram as únicas a apresentarem os valores da fração orgânica do material em suspensão maiores em relação à fração inorgânica neste período, em que as concentrações dos pigmentos foram mais altas ao longo do reservatório, se comparadas com a coleta do dia 30/6/97 (TABELA 11).

No dia 30/6/97 foram encontradas as concentrações mais elevadas nas estações 9, 13 e 23 para clorofila e estações 12 e 13 para feofitina (FIGURAS 28 e 29).

TABELA 11 - Distribuição horizontal dos pigmentos (clorofila *a* e Feofitina - $\mu\text{g/L}$), no Reservatório de Salto Grande, nos dois períodos amostrados.

Estações	30/6/97		22/1/98	
	Clorofila	Feofitina	Clorofila	Feofitina
2 (entrada)	2,79	5,02	13,95	34,32
25 (barragem)	3,72	2,14	10,04	29,96

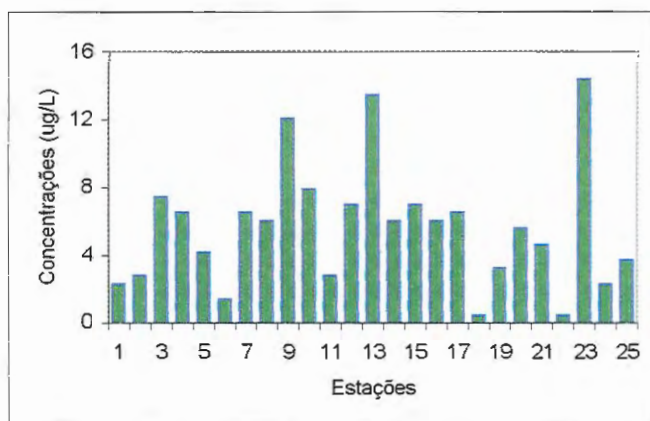


FIGURA 28 – Distribuição horizontal das concentrações de clorofila *a* ($\mu\text{g/L}$), no Reservatório de Salto Grande, em 30/6/97.

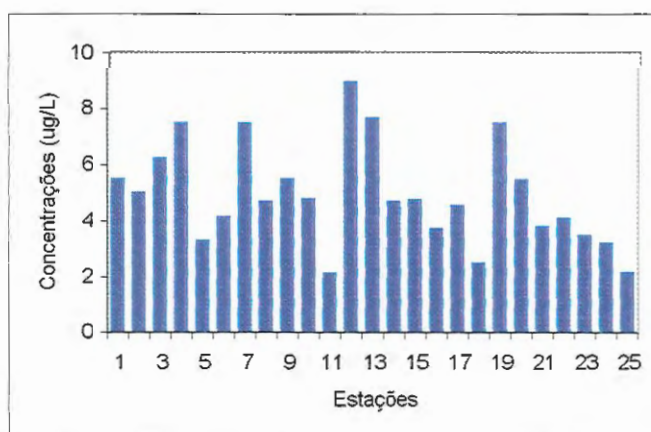


FIGURA 29 – Distribuição horizontal das concentrações de feofitina ($\mu\text{g/L}$), no Reservatório de Salto Grande, em 30/6/97.

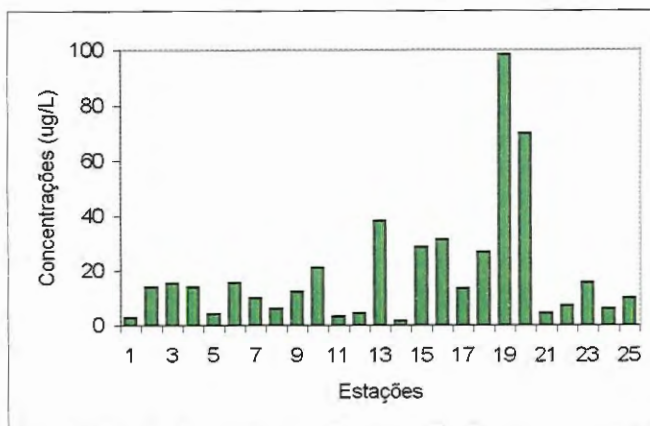


FIGURA 30 – Distribuição horizontal das concentrações de clorofila *a* ($\mu\text{g/L}$), no Reservatório de Salto Grande, em 22/1/98.

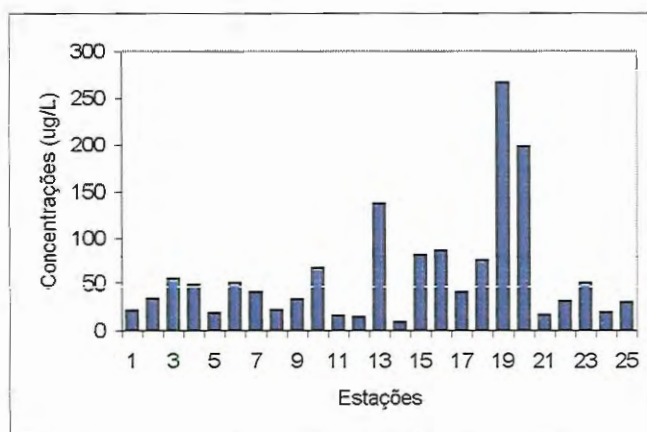


FIGURA 31 – Distribuição horizontal das concentrações de feofitina ($\mu\text{g/L}$), no Reservatório de Salto Grande, em 22/1/98.

3.3) *Variáveis Biológicas – análises qualitativa e quantitativa*

Foram encontrados um total de 95 táxons nas 25 estações estudadas, sendo que destes, 48 pertenceram à classe CHLOROPHYCEAE, 20 à classe BACILLARIOPHYCEAE, 12 às CYANOPHYCEAE, 7 às EUGLENOPHYCEAE, 4 às CRYPTOPHYCEAE e 4 às CHRYSOPHYCEAE. Dos táxons estudados, 39 foram identificados até espécies e os demais permaneceram como gêneros.

Abaixo segue a relação de todos os taxons, agrupados nas respectivas classes, encontrados no Reservatório de Salto Grande:

CYANOPHYCEAE

Anabaena circinalis
Anabaena crassa
Aphanothece sp
Chroococcum sp
Merismopedia tenuissima

Microcystis aeruginosa
Microcystis lameliforme
Oscillatoria sp1
Oscillatoria sp2
Planktothrix sp
Pseudoanabaena mucicola
Pseudoanabaena sp

CHLOROPHYCEAE

Actinastrum falcatus
Ankistrodesmus bibraianus
Ankyra sp
Ankyra ancora
Chlamydomonas sp
Chlorella vulgaris
 Cloroficea não identificada
Clorococcum sp
Closterium sp
Closterium sp1
Closterium sp2
Closterium sp3
Closterium sp 4
Closterium sp5
Closterium sp 6
Coelastrum reticulatum
Coenochloris polycocca
Cosmarium sp
Crucigenia fenestrata
Crucigenia tetrapedia
Crucigenia retangulares

Desmídias não identificadas
Dictiosphaeryom sp
Kircineriela sp
Kirchneriela obesa
Kirchneriela contorta
Kirchneriela lunaris
Micractinium sp
Monoraphidium contortum
Monoraphidium griffithii
Pediastrum tetras
Scenedesmus acuminatus
Scenedesmus bicaudatus
Scenedesmus dimorphus
Scenedesmus lineaus
Schoroederia sp
Schoroederia indica
Schoroederia nitzschoides
Selenastrum sp
Selenastrum gracile
Staurastrum sp1
Staurastrum sp 2
Staurastrum sp3
Tetrastum sp

Tetrastum sp1
Tetrastum sp2
Tetrastum sp3

Tetrastum sp4
Treubaria sp

EUGLENOPHYCEAE

Euglena sp1
Euglena sp2
Euglena sp3
Phacus sp
Phacus longicauda
Phacus curvicauda
Trachelomonas sp

CRYPTOPHYCEAE

Cryptomonas brasiliensis
Cryptomonas lobata
Cryptomonas erosa
Rhodomonas lacustris

CHRYSOPHYCEAE

Dinobryon sp
Mallomonas sp1
Mallomonas sp2
Mallomonas minima

BACILLARIOPHYCEAE

Aulacoseira sp
Aulacoseria granulata
Aulacoseira italica
Ciclotella sp
Fragillaria sp1
Fragillaria sp2
Fragillaria sp3
Fragillaria sp4
Fragillaria sp5
Fragillaria sp6
Navicula integra
Navicula sp
Navicula sp1
Nitzschia sp1
Nitzschia sp2
Stephanidiscusastreae
Synedra sp1
Synedra sp2
Synedra sp3
Tabellaria sp

Considerando-se a frequência relativa de cada espécie, chegou-se a um total de 15 espécies mais frequentes pelo menos em um dos períodos analisados (TABELAS 12 e 13). Isto significa que a frequência de ocorrência destas espécies foi superior a 50%. No entanto, esta porcentagem de ocorrência não foi regra geral para todas as espécies nos dois períodos amostrados. Para as espécies mais frequentes calculou-se o volume celular médio a partir do tamanho médio e da forma geométrica, que pode ser observado na TABELA 14.

A classe que mais contribuiu, em densidade, para a biomassa da comunidade fitoplanctônica foi CYANOPHYCEAE, totalizando 52% da comunidade no dia 30/6/97 e 84% no dia 22/1/98 (FIGURAS 32 e 33). Entretanto, esta dominância não foi total em todas as estações do reservatório. Em algumas estações, principalmente as localizadas no início do reservatório, foi observada a dominância de outros grupos fitoplanctônicos (TABELAS 18 e 19 - ANEXO).

Quando se considerou a porcentagem de contribuição das classes, BACILLARIOPHYCEA, EUGLENOPHYCEAE e CHRYSOPHYCEAE não apresentaram contribuição importante dentro da comunidade fitoplanctônica pois, juntas, somaram apenas 7% do total da porcentagem de contribuição das classes no dia 30/6/97 (FIGURA 32) e 3% do total da porcentagem de contribuição das classes no dia 22/1/98 (FIGURA 33).

Entretanto, algumas espécies apresentaram contribuição significativa, ou seja, foram abundantes em, pelo menos, um dos dias de coleta, quando se considerou o biovolume. Por exemplo, entre as BACILLARIOPHYCEAE, as espécies *Stephanodiscus astreae* e *Nitzschia* sp1 foram abundantes nos dois períodos amostrados. A espécie *Stephanodiscus astreae* apresentou maior contribuição, em termos de biovolume, para a biomassa da comunidade fitoplanctônica, no dia 30/6/97 ao longo do eixo longitudinal do reservatório, atingindo o valor máximo na estação 5 ($85,09\mu\text{m}^3/\text{L}$). Já no dia 22/1/98 o valor máximo encontrado para esta espécie foi de $24,06\mu\text{m}^3/\text{L}$ na estação 17 (FIGURA 37).

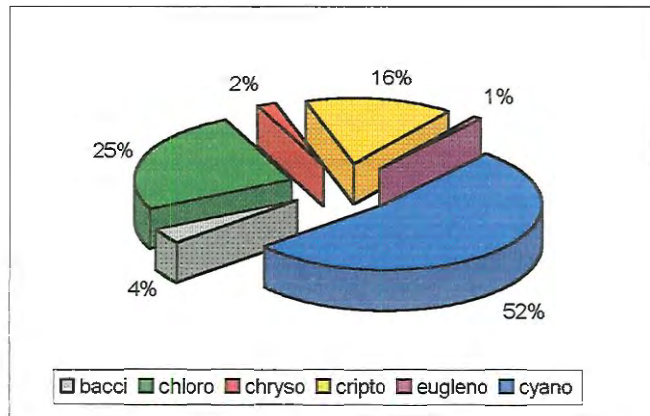


FIGURA 32 – Porcentagem de contribuição das classes fitoplanctônicas, no Reservatório de Salto Grande, em 30/6/97.

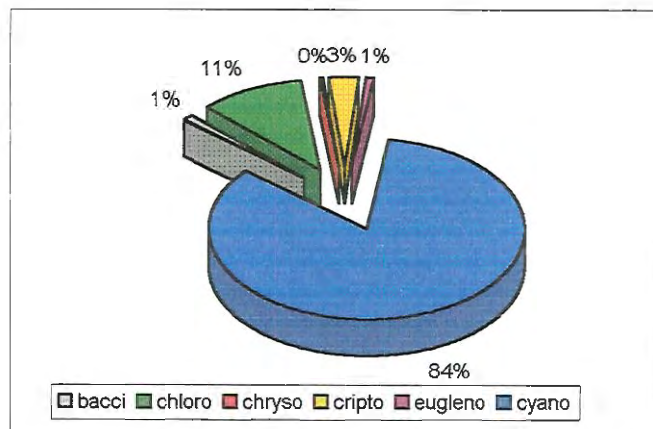


FIGURA 33 – Porcentagem de contribuição das classes fitoplanctônicas, no Reservatório de Salto Grande, em 22/1/98.

TABELA 12 – Frequência específica de ocorrência das espécies mais abundantes no reservatório de Salto Grande, no dia 30/6/97 (Pa= número de amostras em que foi encontrada; P= número de amostras analisadas; F= frequência específica)

Organismos	Pa	P	F	Classificação
CRYPTOPHYCEAE				
<i>Cryptomonas erosa</i>	21	25	84	freqüente
<i>Cryptomonas lobata</i>	20	25	80	freqüente
<i>Cryptomonas brasiliensis</i>	13	25	52	freqüente
<i>Rhodomonas lacustris</i>	13	25	52	freqüente
CHLOROPHYCEAE				
<i>Monoraphidium contortum</i>	16	25	64	freqüente
<i>Monoraphidium griffithii</i>	16	25	64	freqüente
<i>Chlorococcum</i> sp	21	25	84	freqüente
CHRYSOPHYCEAE				
<i>Mallomonas</i> sp	17	25	68	freqüente
<i>Mallomonas minima</i>	16	25	64	freqüente
BACILLARIOPHYCEAE				
<i>Sephanodiscus astraea</i>	25	25	100	freqüente
<i>Nitzschia</i> sp 1	21	25	84	freqüente
CYANOPHYCEAE				
<i>Pseudoanabaena</i> sp	22	25	88	freqüente
Células livres <i>Microcystis</i> sp	24	25	96	freqüente
<i>Microcystis aeruginosa</i>	18	25	72	freqüente
<i>Chroococcus</i> sp	7	25	28	comum

TABELA 13 - Frequência específica de ocorrência das espécies mais abundantes no reservatório de Salto Grande, no dia 22/1/98 (Pa= número de amostras em que foi encontrada; P= número de amostras analisadas; F= frequência específica)

Organismos	Pa	P	F	Classificação
CRYPTOPHYCEAE				
<i>Cryptomonas erosa</i>	16	25	64	freqüente
<i>Cryptomonas lobata</i>	15	25	60	freqüente
<i>Cryptomonas brasiliensis</i>	12	25	48	comum
<i>Rhodomonas lacustris</i>	11	25	44	freqüente
CHLOROPHYCEAE				
<i>Monoraphidium contortum</i>	18	25	72	freqüente
<i>Monoraphidium griffithii</i>	8	25	32	comum
<i>Chlorococum sp</i>	6	25	24	comum
CHRYSOPHYCEAE				
<i>Mallomonas sp</i>	2	25	8	rara
<i>Mallomonas minima</i>	1	25	4	rara
BACILLARIOPHYCEAE				
<i>Sephanodiscus astraera</i>	10	25	40	comum
<i>Nitzschia sp 1</i>	10	25	40	comum
CYANOPHYCEAE				
<i>Pseudoanabaena sp</i>	24	25	96	freqüente
Células livres <i>Microcystis sp</i>	22	25	88	freqüente
<i>Microcystis aeruginosa</i>	19	25	76	freqüente
<i>Chroococcus sp</i>	13	25	52	freqüente

TABELA 14 - Dimensão (μm - diâmetro e/ou largura x comprimento), forma geométrica e volume celular médio (μm^3) dos organismos mais abundantes no reservatório de Salto Grande

Organismos	Tamanho Médio (μm)	Forma Geométrica	Volume Celular Médio (μm^3)
<i>Microcystis aeruginosa</i>	217 x 150 x 25	Cilindro de Base Elíptica	639.117,80
<i>Microcystis lameliforme</i>	31 x 25 x 16	Esfera	15.749,97
Células livres - <i>Microcystis</i>	5,3 (célula)	Esfera	82,45
<i>Pseudoanabaena</i> sp	14,9 x 2,3	Cilindro	61,79
<i>Chroococcus</i> sp	9,9 x 5,4	2 x Esfera	164,90
<i>Cryptomonas lobata</i>	16,3 x 9,4	Elipsóide	751,73
<i>Cryptomonas erosa</i>	21,0 x 11,4	Elipsóide com Secção Longitudinal	714,49
<i>Cryptomonas brasiliensis</i>	18,7 x 9,7	Cone	470,18
<i>Rhodomonas lacustris</i>	10,1 x 4,6	Elipsóide	111,90
<i>Nitzschia</i> sp1	37,8 x 5,1	Cilindro	772,45
<i>Stephanodiscus astreae</i>	14,8 x 7,9	Cilindro	725,45
<i>Monoraphidium griffithii</i>	61,8 x 3,0	2 x Cone	291,23
<i>Monoraphidium contortum</i>	18,5 x 2,4	2 x Cone	27,90
<i>Clorococcum</i> sp	6,4 (célula)	4 x Esfera	549,03
Cloroficea não identificada	16,5 x 4,2	Elipsóide	152,40
<i>Mallomonas</i> sp	21,0 x 11,4	Elipsóide	1428,98
<i>Mallomonas minima</i>	10,4 x 7,7	Elipsóide	322,98

O contrário foi observado para a espécie *Nitzschia* sp1, em que o maior valor de biovolume foi encontrado no dia 22/1/98, na estação 9 ($52,99\mu\text{m}^3/\text{L}$) (FIGURA 37).

A dominância da classe CYANOPHYCEAE ocorreu em estações específicas do reservatório e esteve mais amplamente distribuída no dia 22/1/98, cuja dominância iniciou na estação 6 e se estendeu até a estação 25, enquanto que nas estações de entrada do reservatório a dominância foi das classes BACILLARIOPHYCEAE, CRYPTOPHYCEAE e CHLOROPHYCEAE.

Entre as clorofíceas, a espécie que mais contribuiu para a biomassa, em termos de biovolume, foi *Monoraphidium griffithii*, nas estações de entrada do reservatório, nos dois períodos amostrados. A segunda espécie em importância desta classe foi *Monoraphidium contortum*, que apresentou padrão de distribuição oposto ao de *Monoraphidium griffithii*, com contribuição maior nas estações próximas à barragem, sendo que os maiores valores de biovolume foram observados no dia 30/6/97. *Chlorococcum* sp manteve distribuição

relativamente uniforme no dia 30/6/97, período em que foram observados os maiores valores de biovolume. No dia 22/1/98 sua distribuição esteve restrita às estações de entrada do reservatório (FIGURA 34).

Entre as cianofíceas, a classe que dominou na maioria das estações e nos dois períodos amostrados (FIGURAS 32 e 33), teve como espécie que mais contribuiu para a biomassa *Microcystis aeruginosa*, que dominou nos dois períodos amostrados, sendo mais significativa no dia 22/1/98. No dia 30/6/97, o aumento em direção à barragem foi mais nítido. *Pseudoanabaena* sp apresentou distribuição não homogênea ao longo do reservatório, com maior contribuição no dia 22/1/98, entretanto, sempre inferior à de *Microcystis aeruginosa* (FIGURA 35). O biovolume das células livres de *Microcystis* sp foi maior no dia 22/1/98, também nas estações mais profundas do reservatório, ou seja, naquelas próximas à barragem.

Dentre as criptofíceas, a espécie que mais contribuiu em biovolume, para a biomassa, foi *Cryptomonas lobata*, nos dois períodos amostrados, apresentando distribuição mais homogênea no dia 30/6/97. Os demais gêneros apresentaram maiores valores de biovolume no dia 30/6/97, enquanto que no dia 22/1/98 a espécie *Cryptomonas brasiliensis* foi mais abundante nas estações próximas à barragem do reservatório (FIGURA 36).

Abaixo segue uma relação dos maiores valores de biovolume encontrados para estas espécies do gênero *Cryptomonas*, bem como as estações e os períodos de amostragem:

Espécie	30/6/97		22/1/98	
	Estação	Biovolume ($\mu\text{m}^3/\text{L}$)	Estação	Biovolume ($\mu\text{m}^3/\text{L}$)
<i>Cryptomonas brasiliensis</i>	25	112,52	9	418,32
<i>Cryptomonas erosa</i>	4	140,43	12	646,28
<i>Cryptomonas lobata</i>	3	186,99	20	1844,97
<i>Rhodomonas lacustris</i>	11	21,54	20	22,27

Como pode ser observado pela relação acima, esses organismos estiveram presentes praticamente em todas as estações, não havendo padrão ao longo do reservatório, nos dois dias amostrados. Todas as espécies apresentaram maior valor de biovolume no dia 30/6/97 (FIGURA 37).

Dentre as bacilariofíceas, a espécie que mais contribuiu foi *Stephanodiscus astrae*, com distribuição mais homogênea no dia 30/6/97. No dia 22/1/98 a distribuição esteve restrita a algumas estações, como a 4 e a 17, ambas na região litorânea. *Nitzschia* também apresentou contribuição significativa no dia 22/1/98 (FIGURA 37).

Entre as crisofíceas, a espécie *Mallomonas minima* apresentou contribuição apenas no dia 30/6/97, enquanto que *Mallomonas* sp ocorreu em 22/1/98; ambas ao longo do reservatório (FIGURA 38).

As clorofíceas foram dominantes, principalmente, nas estações próximas à entrada do reservatório, nos dois períodos amostrados, com exceção da estação 11, no dia 30/6/97, quando foi observada uma porcentagem de 44,5% de contribuição desta classe, juntamente com as CRYPTOPHYCEAE (43,5%).

Nos dois períodos analisados, o número de espécies raras foi maior que o número de espécies freqüentes e comuns. Única exceção pôde ser observada para a classe EUGLENOPHYCEAE, em que o número de espécies comuns foi igual ao de raras, nos dois períodos amostrados (FIGURA 39).

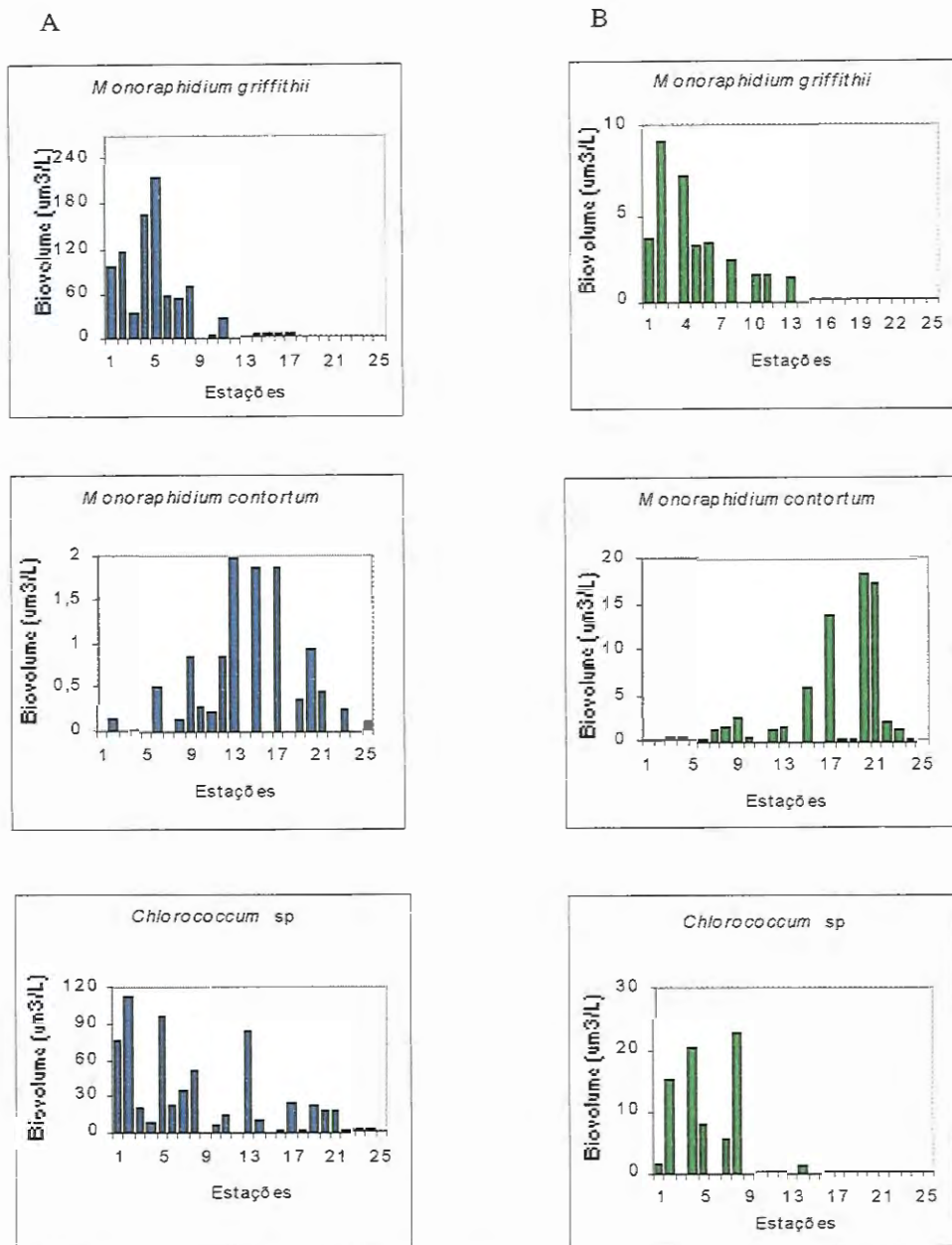


FIGURA 34 - Distribuição horizontal das espécies dominantes da classe CHLOROPHYCEAE, no Reservatório de Salto Grande. A = 30/6/97, B = 22/1/98.

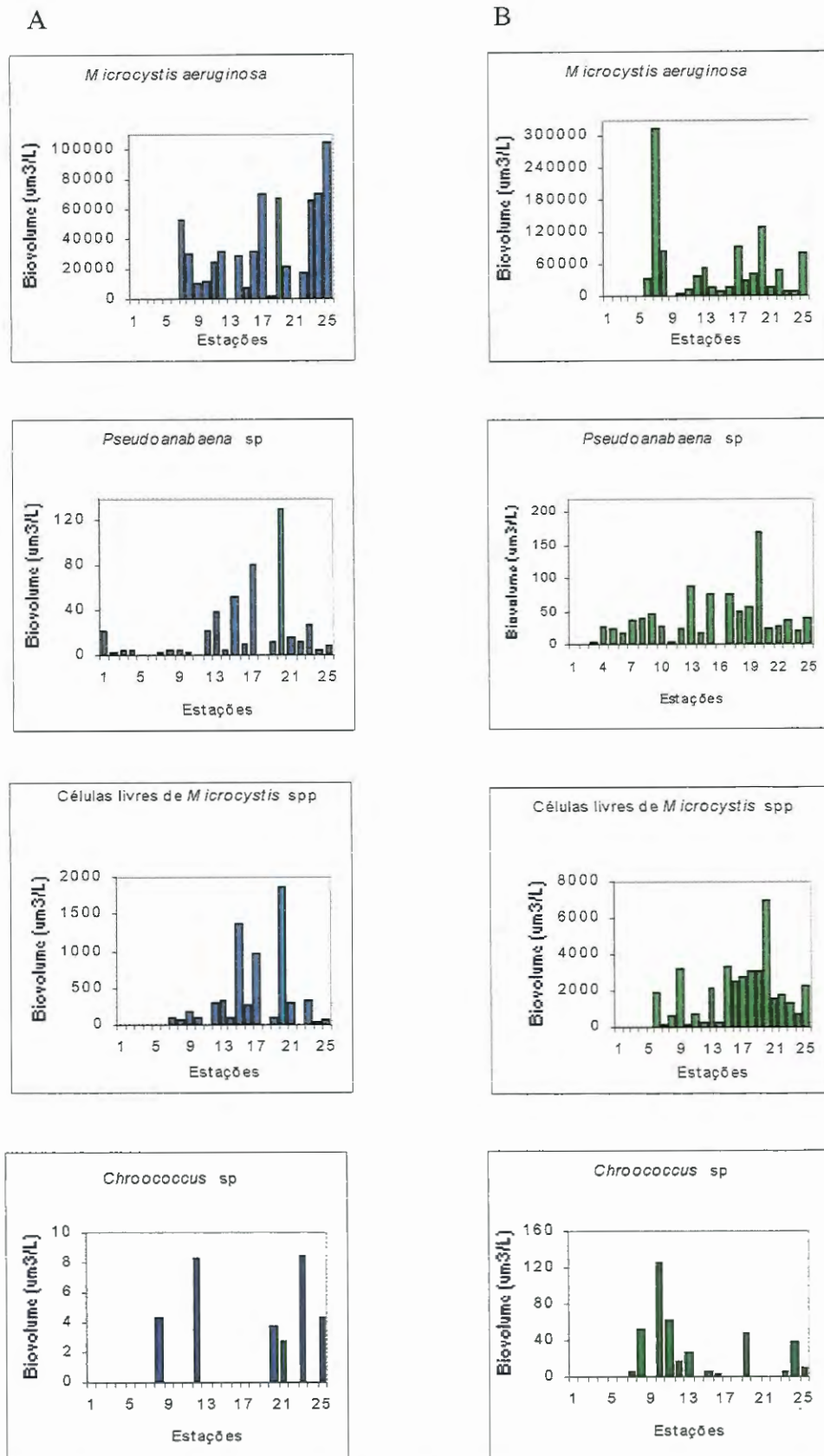


FIGURA 35 – Distribuição horizontal das espécies dominantes da classe CYANOPHYCEAE, no Reservatório de Salto Grande. A = 30/6/97, B = 22/1/98.

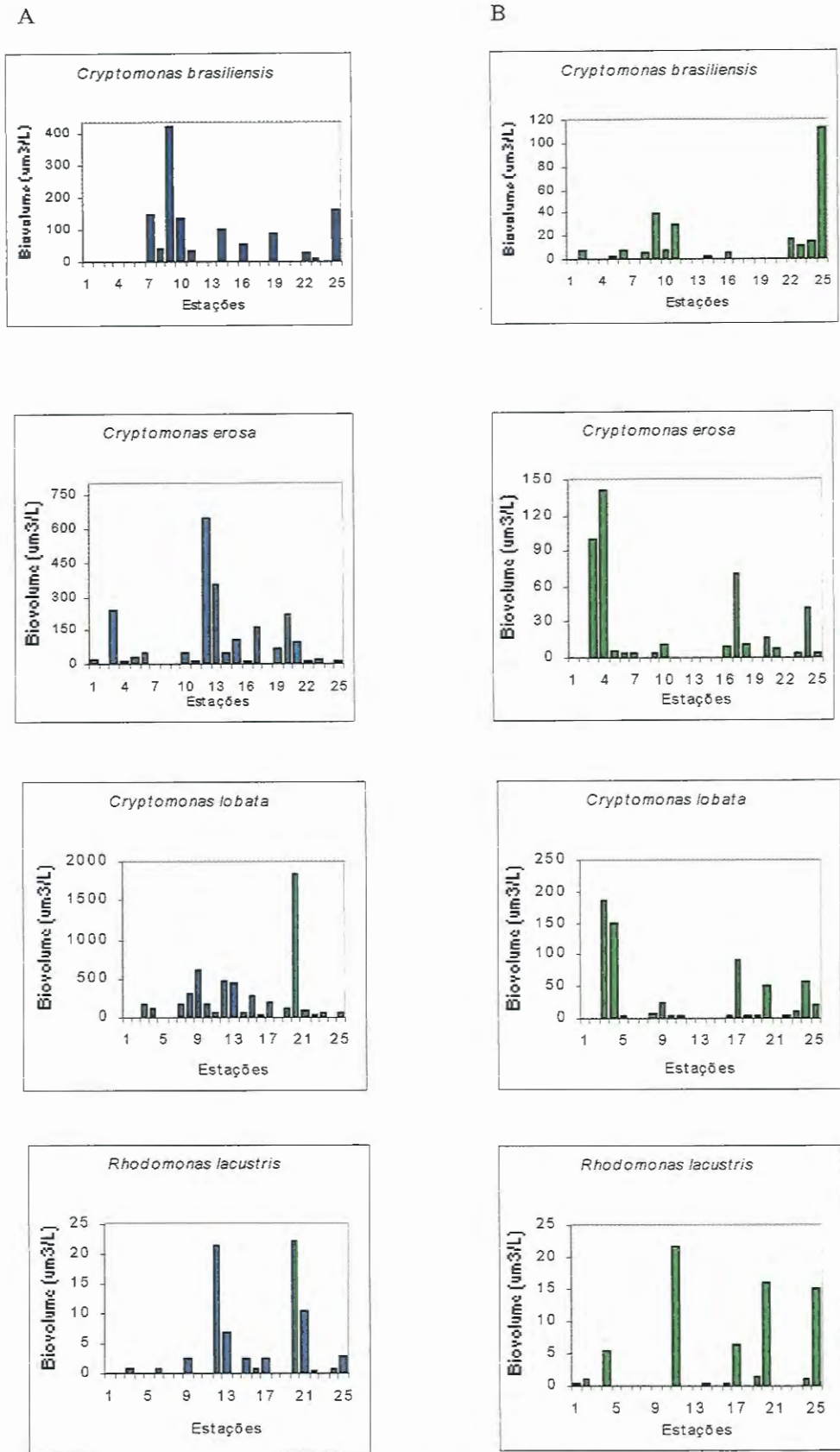


FIGURA 36 – Distribuição horizontal das espécies dominantes da classe CRYPTOPHYCEAE, no Reservatório de Salto Grande. A = 30/6/97, B = 22/1/98.

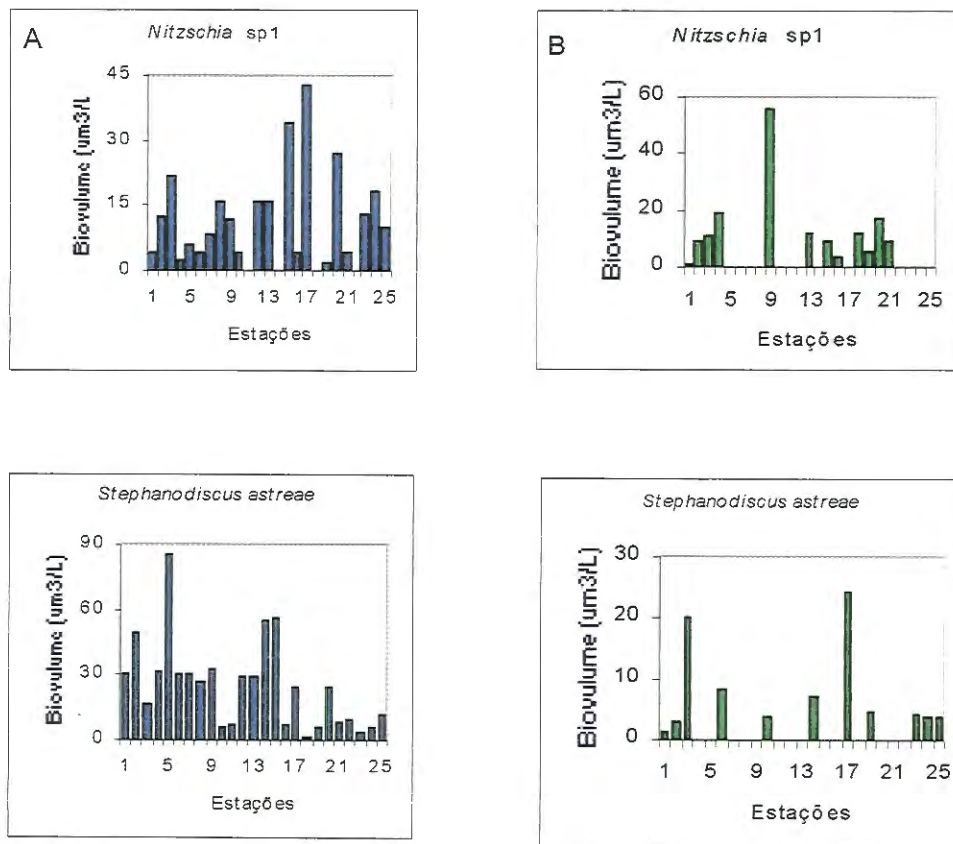


FIGURA 37 – Distribuição horizontal das espécies dominantes da classe BACILLARIOPHYCEAE, no Reservatório de Salto Grande. A = 30/6/97, B = 22/1/98

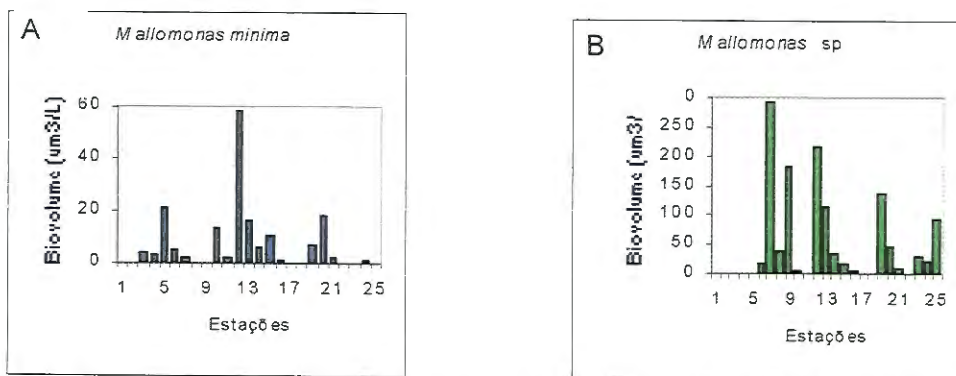


FIGURA 38 – Distribuição horizontal das espécies dominantes da classe CHRYSOPHYCEAE, no Reservatório de Salto Grande. A = 30/6/97, B = 22/1/98.

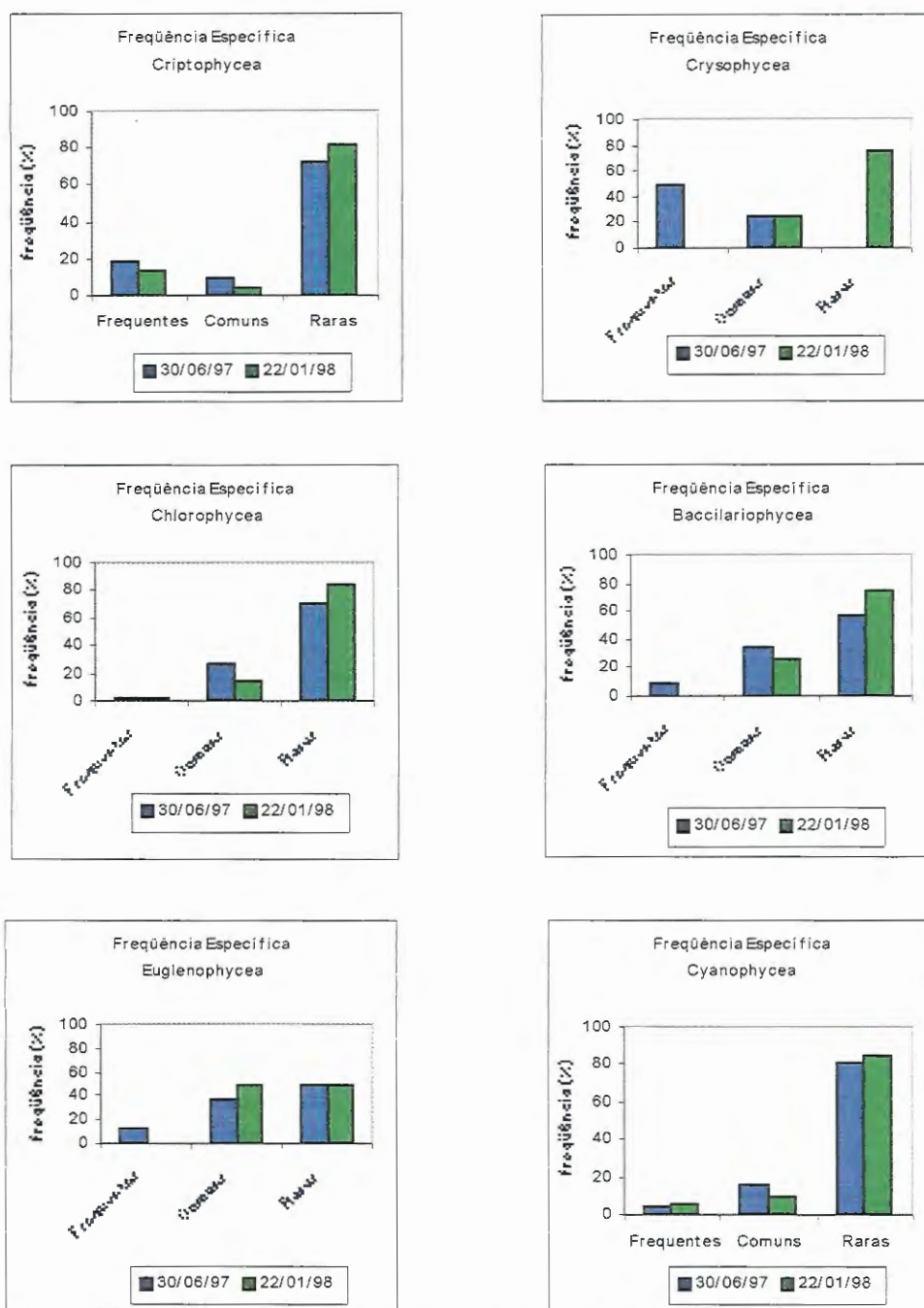


FIGURA 39 – Distribuição da frequência específica para cada classe analisada, no Reservatório de Salto Grande, nos dois períodos amostrados.

- *Índices Gerais de Diversidade*

Comparando-se, de maneira geral, os gráficos com os diferentes índices de diversidade calculados, pôde-se observar que enquanto os índices de diversidade (FIGURAS 40 e 41), os de uniformidade (FIGURA 43) e os de riqueza de espécies (FIGURA 44) apresentaram decaimento mais acentuado em direção à barragem no dia 22/1/98, o índice de dominância de espécies (FIGURA 42) apresentou padrão inverso neste mesmo período. De maneira diferente, houve dominância maior das CYANOPHYCEAE, principalmente nas estações mais próximas à barragem, nas quais a riqueza de espécies foi menor. Esta dominância das cianofíceas foi mais acentuada no dia 22/1/98, período em que os valores do índice de uniformidade de espécies, a partir das estações próximas à barragem, foram menores (FIGURA 43).

Na FIGURA 44 pode ser observada a dominância das espécies raras, encontrada nos dois períodos amostrados, porém sempre maior no dia 22/1/98, período em o índice de uniformidade foi menor na maioria das estações amostradas.

Comparando-se temporal e espacialmente, foi verificado a existência de uma estação no reservatório (estação 5), marco entre o padrão de decaimento dos índices de diversidade, ou seja, até a estação 5 os valores de vários índices de diversidade (Shannon, Simpson, Uniformidade e Riqueza) foram maiores no dia 22/1/98, mas a partir desta os índices passaram a ser menores neste dia. Esta separação também ocorreu para os valores de índice de dominância de Simpson, mas de forma inversa à observada para os outros índices, sendo elevado até a estação 5 e decaindo em direção à barragem no dia 30/6/97.

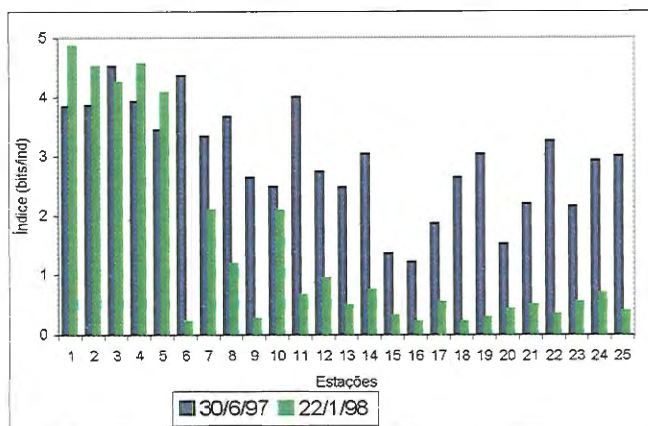


FIGURA 40 – Distribuição horizontal dos valores do índice de diversidade de Shannon (bits/indivíduos), no Reservatório de Salto Grande, nos dois períodos amostrados.

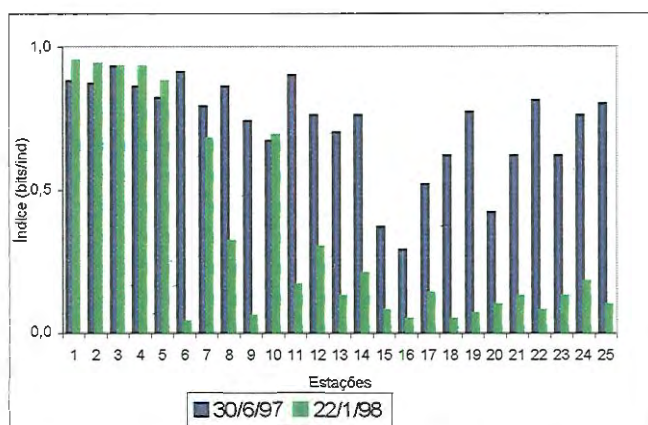


FIGURA 41 – Distribuição horizontal dos valores do índice de diversidade de Simpson (bits/indivíduos), no Reservatório de Salto Grande, nos dois períodos amostrados.

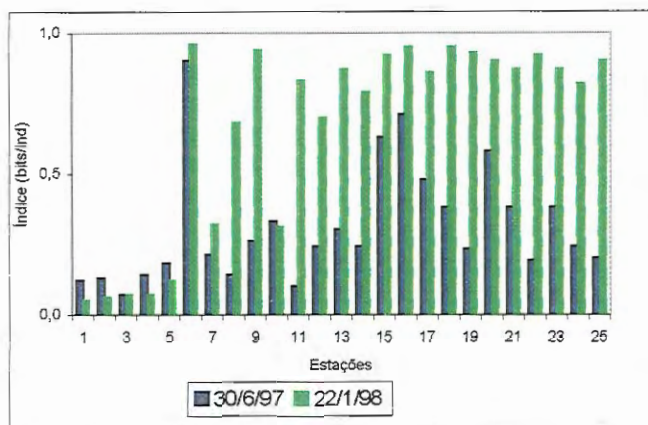


FIGURA 42 – Distribuição horizontal dos valores do índice de dominância de Simpson (bits/indivíduos), no Reservatório de Salto Grande, nos dois períodos amostrados.

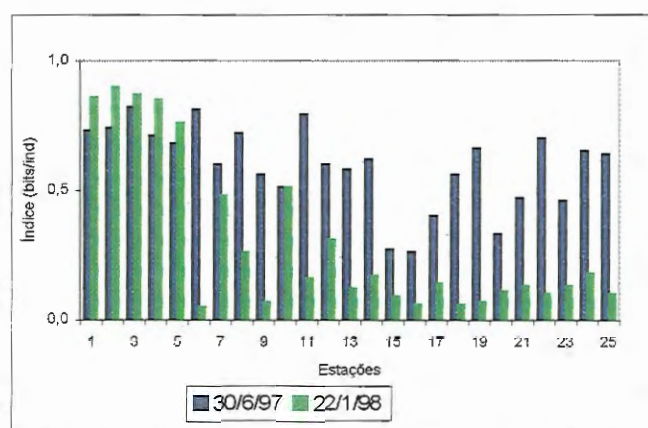


FIGURA 43 – Distribuição horizontal dos valores do índice de uniformidade de Pielou (bits/indivíduos), no Reservatório de Salto Grande, nos dois períodos amostrados.

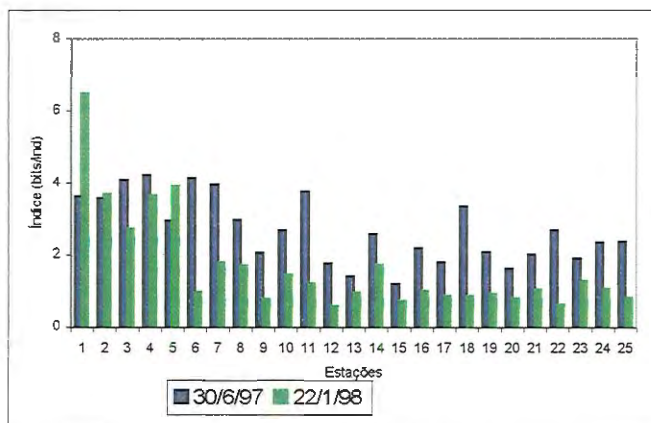


FIGURA 44 – Distribuição horizontal dos valores do índice de riqueza de espécies (bits/indivíduos), no Reservatório de Salto Grande, nos dois períodos amostrados.

4) DISCUSSÃO

O Reservatório de Salto Grande tem apresentado nos últimos tempos um grave problema de saúde pública. A região na qual está localizado apresenta um avançado grau de desenvolvimento econômico, que reflete no aumento da eutrofização artificial dos corpos d'água, principalmente neste reservatório.

Nos dois períodos amostrados a densidade fitoplanctônica foi elevada, o que pode ser evidenciado pelos altos valores de oxigênio dissolvido encontrados nas camadas superficiais da coluna d'água e pela anoxia do fundo. O maior valor de densidade da comunidade fitoplanctônica foi observado na estação 20, próxima à barragem do reservatório, sendo de 29.739,11 indivíduos/mL no dia 30/6/97 e 88.377,01 indivíduos/mL no dia 22/1/98. Enquanto que os menores valores de densidade foram observados entre as estações que sofrem uma maior influência do rio, como a estação 11 (440,47 indivíduos/mL), no dia 30/6/97 e a estação 2 (340,27 indivíduos/mL), no dia 22/1/98. Esta área do reservatório apresentou menor densidade fitoplanctônica devido às altas concentrações de material em suspensão e à baixa penetração de luz.

Os elevados valores de densidade da comunidade fitoplanctônica e a anoxia do hipolímnio indicam o avançado processo de eutrofização em que o reservatório se encontra. Segundo WETZEL (1990), em ambientes com grau mais elevado de trofia, a produção fotossintética continua mesmo no inverno e o esgotamento de oxigênio dissolvido no hipolímnio também pode ocorrer.

Os gradientes espaciais, no sentido longitudinal, formam-se pela introdução de cargas pontuais de nutrientes nos afluentes dos reservatórios, que desencadeiam o processo de eutrofização. A diluição ocorre em direção ao canal principal, como foi observado por GIANI (1984), no Reservatório de Paranoá, OLIVERIA (1993a), no Reservatório de Barra

Bonita e PIÃO (1995), no Reservatório de Jurumirim. Dependendo do tamanho do reservatório, a heterogeneidade espacial horizontal poderá ocorrer em escala macrogeográfica, em que os tributários, provenientes de diferentes regiões geográficas, poderão trazer águas com diferentes níveis tróficos (STRASKRABA *et al*, 1993).

Considerando-se o eixo longitudinal, o Reservatório de Salto Grande, na sua condição hipereutrófica, tem como classe predominante nos dois períodos amostrados, CYANOPHYCEAE, dominante também na maioria das estações amostradas, com exceção das estações localizadas na entrada do sistema, nas quais foi observada a presença de BACILLARIOPHYCEAE, CHLOROPHYCEAE e CRYPTOPHYCEAE (FIGURAS 45 e 46). De maneira que nas estações de entrada do reservatório as espécies que mais contribuíram para a biomassa, em biovolume, foram *Monoraphidium griffithii* e *Stephanodiscus astreae*, no dia 22/1/98 (cujas densidades foram, em média, $120,02\mu\text{m}^3/\text{L}$ e $48,63\mu\text{m}^3/\text{L}$, respectivamente) e *Monoraphidium griffithii*, *Stephanodiscus astreae* e *Cryptomonas lobata*, no dia 30/6/97 (cujas densidades foram, em média, $5,32\mu\text{m}^3/\text{L}$, $1,41\mu\text{m}^3/\text{L}$ e $0,92\mu\text{m}^3/\text{L}$, respectivamente).

Nesta compartimentalização do reservatório, no eixo longitudinal, pode-se verificar que o gênero *Monoraphidium* dominou, em termos de biovolume, nas estações de entrada do reservatório. Este gênero é considerado como C - estrategista (CALIJURI, 1999) e tem como principais características, altas taxas de crescimento e de respiração; para sobreviver necessita de altas concentrações de nitrogênio e fósforo, altas intensidades luminosas e, por serem células imóveis e pequenas (geralmente menores que $50\mu\text{m}$), as profundidades mais rasas e os períodos de mistura lhe são mais vantajosos. Isso pode explicar porque esses organismos foram mais abundantes no dia 30/6/97, período no qual as formas nitrogenadas dissolvidas foram mais elevadas nas estações de entrada, bem como as concentrações de fósforo total. Já no dia 22/1/98, mesmo com o aumento da turbulência do sistema, nas estações de entrada do reservatório, o que seria um fator importante para *Monoraphidium*, que não possuem nenhuma estratégia de controle da sua posição na coluna d'água, a grande quantidade de material em suspensão, que entrou no reservatório, tornou a disponibilidade de luz fator limitante para este organismo.

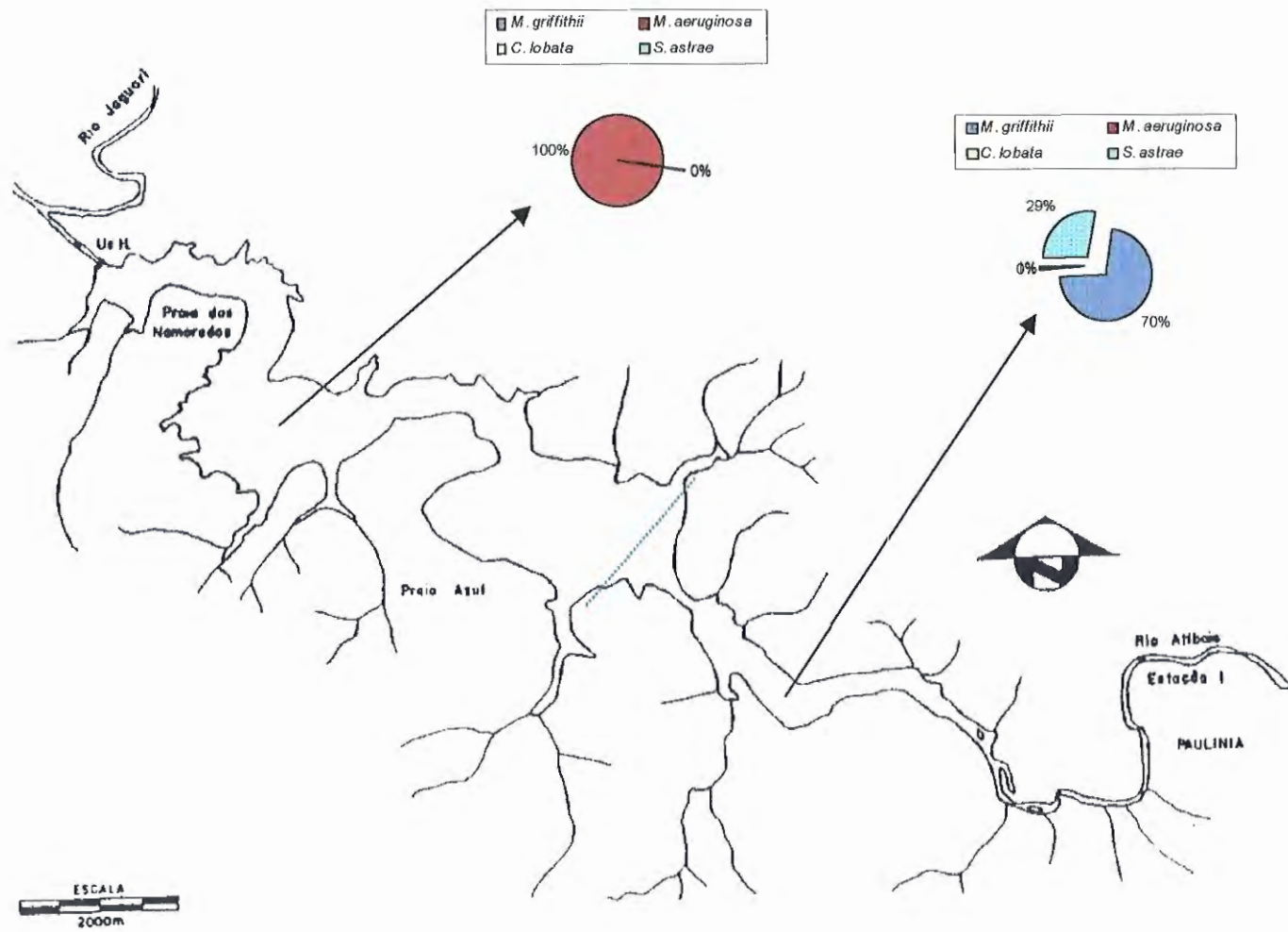


FIGURA 45 – Compartimentalização do Reservatório de Salto Grande em função do biovolume das espécies dominantes, no dia 30/6/97

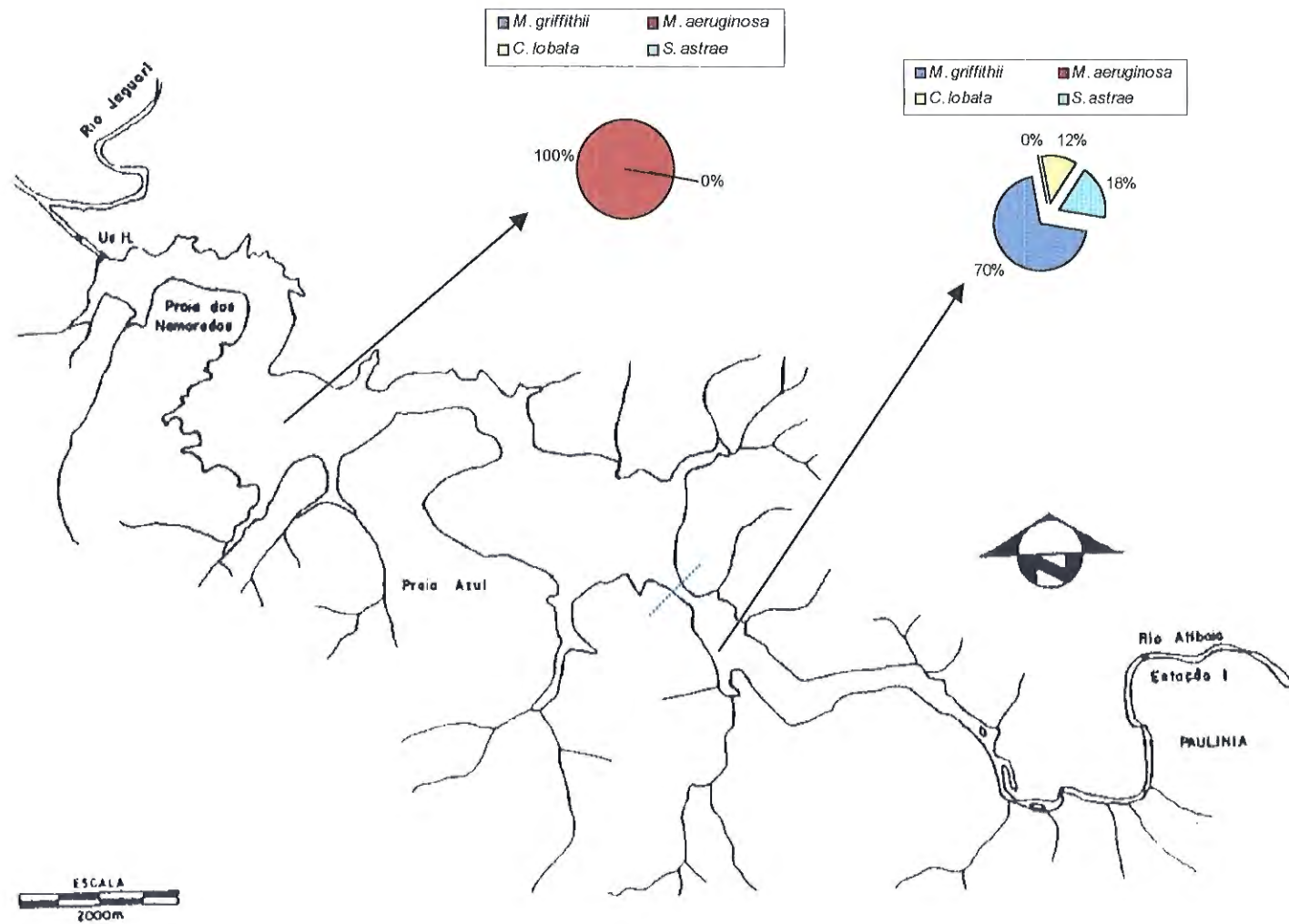


FIGURA 46 - Compartimentalização do Reservatório de Salto Grande em função do biovolume das espécies dominantes, no dia 22/1/98

Nas demais estações, a espécie *Microcystis aeruginosa*, maior e com taxa de crescimento mais lenta (K ou S – estrategista), apresentou dominância na maioria das estações amostradas e nos dois períodos, apresentando maior biovolume nas estações próximas à barragem, principalmente em 22/1/98, período em que houve diminuição na razão N/P nestas estações. Segundo REYNOLDS (1984), em função de sua capacidade de flutuação, este organismo sobrevive melhor em ambientes que apresentam maior estabilidade física da coluna de água e que sejam ricos em nutrientes.

De acordo com os resultados observados, o Reservatório de Salto Grande, como um ambiente altamente impactado e estressado, parece apresentar um conjunto de características que favoreceram o desenvolvimento de um grupo específico de organismos, as cianofíceas. Este grupo, segundo HUTCHINSON (1967), sobrevive melhor em ambientes com altas temperaturas e altas concentrações de nutrientes, especialmente matéria inorgânica, proveniente principalmente de cargas de fertilizantes agrícolas. Dessa forma, é comum em todo o reservatório a formação de manchas na superfície da água, constituídas por milhares de colônias de *Microcystis* que, além de produzirem um odor desagradável, podem também desenvolver toxicidade, dependendo das condições do meio.

Para REYNOLDS (1984), as colônias de *Microcystis* estabelecem-se no epilímnio após o crescimento ter se iniciado em águas profundas e anóxicas, com a coluna d'água térmica e quimicamente estratificada. Essa constatação é corroborada pelos resultados obtidos por CALIJURI *et al* (1999), no Reservatório de Salto Grande e por CALIJURI & DOS SANTOS (1996), no Reservatório de Barra Bonita. Essa condição de anoxia no hipolímnio foi observada nos dois períodos amostrados e pode ter favorecido a formação e manutenção de grandes massas de *Microcystis aeruginosa*, na superfície da coluna d'água, neste reservatório.

A turbulência da coluna d'água, em várias escalas de magnitude e duração, é fator determinante no crescimento do fitoplâncton (PAERL, 1995; CALIJURI, 1999) e, principalmente, na dominância de cianofíceas (CALIJURI, *op cit*; CALIJURI *et al*, no prelo). A contribuição das células livres de *Microcystis* sp foi maior no dia 22/1/98, período no qual, segundo CALIJURI *op cit*, predomina a condição de instabilidade física da coluna, favorecendo a permanência destas células em função do aumento de vazão e da duração e intensidade de mistura da coluna d'água, inviabilizando a permanência de colônias intactas

ou impedindo que as mesmas atinjam grandes tamanhos, após ter iniciado o desenvolvimento no hipolímnio.

Em outros trabalhos realizados neste reservatório também foi encontrada a dominância das cianofíceas, pelo menos em um dos períodos analisados. Por exemplo, CALIJURI *et al* (1999) e MINOTI (1999) observaram que *Microcystis aeruginosa* dominou em nove dos doze meses estudados (nos meses de agosto a outubro, foi observada a dominância das criptofíceas). Os autores atribuíram a dominância das cianofíceas às elevadas concentrações de nutrientes e à predominância da maior estabilidade física da coluna d'água.

A dominância das cianofíceas no Reservatório de Barra Bonita, foi associada à concentração de fosfatos, à estabilidade da coluna d'água e à condição de anoxia no hipolímnio por DOS SANTOS & CALIJURI (1998) sendo que, segundo estes autores, a condição de hipolímnio anóxico contribuiu para o aumento da eutrofização do sistema. Com aumento da concentração de detritos orgânicos no hipolímnio, a taxa de decomposição aumenta, fazendo com que o consumo de oxigênio também aumente. Há a formação de gases nocivos, que contribuem ainda mais com o déficit de oxigênio, de maneira que o hipolímnio torna-se redutor e passa a liberar íons do sedimento, como o ortofosfato que, por difusão ou mistura da coluna d'água, atingem a zona eufótica e são assimilados pelo fitoplâncton, de forma que contribuem para o aumento da produtividade do sistema.

Quando os ambientes tropicais são considerados, a disponibilidade de oxigênio é influenciada não apenas pela temperatura e pressão, mas também por fatores que atuam de maneira indireta, como a duração do período de estratificação térmica e a concentração de matéria orgânica na água. No caso do Reservatório de Salto Grande, não foi observada diferença muito grande na estratificação térmica entre os dois períodos amostrados. No entanto, a carga de material em suspensão que entra no reservatório, seja pelo rio Atibaia e tributários ou pelas fontes difusas (margens), além da biomassa proveniente das macrófitas aquáticas, é muito grande (e mais acentuada em períodos de maior precipitação) e tem papel importante no grau de desoxigenação da água, contribuindo para a anoxia do hipolímnio.

A produção interna de matéria orgânica também é muito grande, de forma que foi observado no reservatório de Salto Grande concentração de clorofila α , na Estação 25 (próxima à barragem) de 10,04 $\mu\text{g/L}$, no dia 22/1/98, enquanto que no dia 30/6/97, foi de 3,72 $\mu\text{g/L}$, representando aumento de 2,7 vezes no período de maior precipitação. Quanto à entrada de material em suspensão, houve, no dia 22/1/98, aumento de 6,1 vezes da fração orgânica na Estação 2 (entrada do reservatório), em relação ao dia 30/6/97, quando a concentração foi de 6,17mg/L contra 37,75mg/L.

Toda esta carga de material orgânico, associada à grande quantidade de macrófitas aquáticas presentes no reservatório, podem ter contribuído com o aumento das taxas de decomposição e com o déficit de oxigênio no hipolimnio.

MICHARD *et al* (1996), estudando a ocorrência de massas de cianofíceas, *Microcystis aeruginosa*, em um reservatório hipereutrófico na França, verificaram que nas regiões de maior influência do rio havia menor desenvolvimento desta espécie que, tinha sua dominância aumentada ao longo do reservatório, conforme aumentava a estabilidade do sistema. Além disso, estes autores constataram que, em períodos de maior turbulência e maiores fluxos de água, havia diminuição na dominância desta espécie.

A influência do rio também pode ser observada neste trabalho, pois os maiores valores de diversidade de espécies ocorreram nas estações de entrada do reservatório, principalmente no dia 22/1/98, quando foram observados os maiores valores de dominância, nas estações próximas à barragem, que podem estar relacionados à distribuição do biovolume de *Microcystis aeruginosa*. Abaixo segue uma relação, comparando os dois períodos amostrados, dos índices de diversidade e dominância de espécies e o biovolume das cianofíceas, nas Estações 1 (entrada do reservatório). e 25 (próxima à barragem)

Estações	Índice de Diversidade de Shannon (bits/ind)		Índice de Dominância de Simpson (bits/ind)		Índice de Riqueza de Espécies (bits/ind)		Biovolume das Cianofíceas ($\mu\text{m}^3/\text{L}$)	
	30/6/97	22/1/98	30/6/97	22/1/98	30/6/97	22/1/98	30/6/97	22/1/98
1	3,84	4,86	0,12	0,05	3,61	6,47	0,00	0,00
25	3,00	0,39	0,20	0,90	2,36	0,81	104.674,71	79.800,25

Segundo TUNDISI (1990), a estabilidade da coluna d'água, ou seja, a redução da mistura vertical e da turbulência, é fator importante no padrão de sucessão das espécies, pois implica em acúmulo de substâncias e detritos e em exaustão de nutrientes, alterando assim, a disponibilidade de energia que resulta na distribuição mais organizada de recursos e espécies dominantes. O que significa dizer que, nos períodos de maior estabilidade das condições ambientais, a diversidade de espécies será menor em função da dominância de determinados grupos adaptados à estas condições de escassez de recursos.

Numa escala de tempo maior, considerando a estrutura da comunidade fitoplanctônica como resultante de eventos que ocorreram ao longo do mês, esta menor diversidade de espécies e aumento da dominância de grupos específicos, como foi das cianofíceas no presente trabalho, pode ser observado, principalmente, a partir da Estação 5, com valores mais acentuados no dia 22/1/98, período em que o tempo de residência da água no reservatório foi maior (condição atípica), favorecendo os processos de sedimentação de partículas e nutrientes, resultando em um ambiente mais estável e com maior exaustão de recursos. Entretanto, no dia 30/6/97, o ambiente permaneceu mais instável e com maior disponibilidade de nutrientes, em função do maior tempo de residência da água, resultando em maiores índices de diversidade de espécies.

Muito embora não se tenha determinado os perfis de densidade da água, o que seria fundamental para se falar em maior ou menor estabilidade física da coluna d'água, o ambiente permaneceu estratificado nas estações de amostragem mais profundas, com presença de anoxia no hipolimnio, nos dois períodos analisados. Segundo CALIJURI (1999), a estabilidade térmica do reservatório de Salto Grande pode ser atribuída, principalmente em períodos de maior instabilidade do sistema, ao aumento da precipitação (janeiro de 1998), ao funcionamento da barragem, cuja altura da tomada d'água ocorre a uma certa profundidade em que o vertedouro e as turbinas atuam separadamente sobre o volume de água, separando o gradiente vertical de temperatura e densidade em dois subsistemas.

O aumento nos valores de vazão entre os meses da primavera e verão é condição típica do clima da região em que se localiza o Reservatório de Salto Grande, caracterizado por um inverno seco e um verão úmido, sendo que a época mais quente e chuvosa inclui,

geralmente, os meses de novembro a fevereiro e a época mais fria e seca ocorre no período de junho a agosto.

Embora este trabalho não apresente a intensidade e a direção dos ventos predominantes no período de coleta, segundo FROEHLICH *et al* (1978), o reservatório apresenta um comportamento térmico complexo com estratificações instáveis e de curta duração, ocorrendo em intervalos irregulares de tempo durante o ano. Segundo este mesmo autor, o vento parece não ser o responsável direto pela circulação da coluna d'água devido à pequena amplitude. Além disso, a altura da tomada d'água parece contribuir para que não ocorra circulação completa da coluna, que permanece com microestratificações durante praticamente todo o ano. Mas, deve ser ressaltada a importância das macrófitas aquáticas que atuam como uma barreira para a circulação completa da água.

Segundo RIOS (1999), algumas características do reservatório de Salto Grande evidenciam a pouca influência do vento no seu padrão de funcionamento, entre elas estão a direção predominante do vento que, em períodos de maior intensidade, é transversal ao maior eixo longitudinal do reservatório, à presença de altas vertentes laterais e próximas às margens, à presença de macrófitas flutuantes, concentradas próximas à barragem e à pequena largura do reservatório (1,5km).

Segundo FROEHLICH *et al* (1978), a estratificação neste reservatório é freqüente, mas instável, tendo um período de duração relativamente curto, podendo variar de um dia para o outro. Sendo assim, para explicar a maior ou menor ocorrência das cianofíceas, em função do comportamento térmico deste sistema, seria necessário uma amostragem em curtos períodos de tempo, como fez DEBERDT (1997), que atribui a predominância de dois gêneros de cianofíceas (*Pseudoanabaena* e *Microcystis*) à maior estabilidade térmica da coluna, observada, neste caso, no verão.

As cianofíceas desenvolvem-se melhor em ambientes mais estáveis, havendo maior desenvolvimento sob condições de estabilidade térmica, em função de um conjunto de mecanismos fisiológicos e morfológicos de ajuste da posição vertical, através de alterações na flutuação, permitidas pela presença de aerótopos e ou pela redução da densidade, e proteção contra as altas intensidades luminosas, através da produção de mucilagem (PAERL, 1988). Entretanto, esses organismos dominarão caso haja um conjunto de fatores, entre eles, baixa razão N/P, alta temperatura, alto pH e baixa disponibilidade de luz

(REYNOLDS, 1996). No período de maior contribuição das cianofíceas (22/1/98), foram observados, neste trabalho, diminuição da razão N/P, aumento da temperatura e do pH, e maior concentração de partículas em suspensão e, conseqüentemente, menos disponibilidade de luz.

No período de maior precipitação (verão), MINOTI (1999) associou a proliferação de *Microcystis* ao maior aporte de material em suspensão, principalmente a fração orgânica, que criou uma barreira ao desenvolvimento das outras espécies, favorecendo este gênero. Os ambientes ricos em matéria orgânica são favoráveis ao crescimento e proliferação das cianofíceas, bem como o aumento das concentrações de nutrientes inorgânicos, como o fósforo (PAERL, 1988). Esse pode ter sido um dos fatores que contribuíram para a maior biomassa deste grupo no dia 22/1/98, quando, além da maior entrada de material em suspensão, houve ainda diminuição da razão N/P, em relação ao dia 30/6/97.

No presente trabalho, talvez a estratificação da coluna d'água possa ter contribuído para a pouca densidade das CHLOROPHYCEAE nas estações mais profundas do reservatório no dia 30/6/97, que tendem a ir para o fundo e são negativamente influenciadas pelo sombreamento, causado pelo crescimento exagerado das cianofíceas, pelo aumento da turbidez, substituídas pelas cianofíceas (HAPPEY – WOOD, 1988). Isso poderia explicar a dominância das clorofíceas nas estações de maior turbulência (próximas à entrada do rio), principalmente no dia 30/6/97, em que a entrada de material em suspensão foi menor, havendo portanto, uma menor atenuação da luz e menor perda por sedimentação.

As clorofíceas geralmente apresentam-se com densidade maior em períodos mais calmos, em que a profundidade da zona eufótica é maior (CALIJURI, 1999; JATI, 1998; MINOTI, 1999; RAMIREZ, 1996), como foi observado no dia 30/6/97, no presente trabalho.

A dominância de pequenas bacilariofíceas centrais (como é o caso de *Stephanodiscus astreae*) e das criptofíceas (como *Rhodomonas* sp) em ambientes eutróficos pode ser comum, desde que a concentração de fósforo não seja fator limitante, e que não haja aumento no sombreamento por parte de outros grupos, como ocorreu no ambiente estudado, no dia 22/1/98 por parte das cianofíceas; ou que não ocorra aumento de partículas em suspensão, devido à maior precipitação. Esses organismos não suportam baixas]

intensidades luminosas e desenvolvem-se melhor em períodos de aumento da profundidade de mistura (SEIP & REYNOLDS, 1995). Isto pode explicar a maior biomassa de *Stephanodiscus astreae* no dia 30/6/67, encontrada neste trabalho.

Comparando-se a distribuição de *Stephanodiscus astreae* e *Rhodomonas lacustris*, ambas apresentaram maior contribuição para a biomassa, em termos de biovolume, nas estações mais rasas e, portanto, com maior profundidade de mistura. Nestas estações também registrou-se menor biovolume das cianofíceas, que pode ter evitado o sombreamento nos dois períodos amostrados.

Stephanodiscus astreae, por serem organismos pesados (REYNOLDS, 1984), apresentam taxas de perda por sedimentação muito elevadas, principalmente durante períodos de estratificação. Entretanto, estes organismos conseguem manter seu crescimento, mesmo sob condições de limitação de luz ou de estratificação da coluna d'água, através da produção de células bentônicas de resistência após período de estratificação mais duradoura. Para HUTCHINSON (1967), a espécie *Stephanodiscus astreae* pode ocorrer em ambientes altamente produtivos, desde que a temperatura não seja muito alta. No reservatório de Salto Grande a espécie foi mais abundante no dia 30/6/97, na Estação 5. Além da temperatura ter sido mais baixa neste período, as concentrações de fosfato total dissolvido e fosfato inorgânico foram maiores e não foi registrada a ocorrência de *Microcystis aeruginosa* nesta estação, que poderia ter competido com *S. astreae* pela luz.

Após o declínio de outras populações, as criptofíceas, consideradas como organismos oportunistas (r – estrategistas), pois têm como principal característica a ocupação de nichos temporariamente abertos, atingindo as camadas superiores da coluna de água com o início da desestratificação (KLAVENESS, 1988). Além disso, esses organismos estão altamente sujeitos às pressões da predação.

DOS SANTOS & CALIJURI (1998) associaram o controle da densidade de *Cryptomonas tetrapirenoidosa*, no Reservatório de Barra Bonita, à predação, principalmente pelos rotíferos, e aos períodos de estabilidade térmica, já que o máximo populacional foi atingido após a turbulência, quando houve redistribuição dos nutrientes na coluna d'água e redução da pressão de predação.

As cianofíceas, assim como as criptofíceas, segundo RAMIREZ (1996), são igualmente capazes de utilizar baixos níveis de luz para seu desenvolvimento. Este fato explica porque as criptofíceas, principalmente *Cryptomonas*, apresentaram, nos dois períodos amostrados, dominância maior nas estações próximas às margens do reservatório, onde a profundidade é menor e há acúmulo de material em suspensão, tanto de origem alóctone quanto autóctone.

Entretanto, o aumento da estratificação, da temperatura, do pH e da turbidez, que no dia 22/1/98 beneficiaram as cianofíceas, prejudicaram as criptofíceas, principalmente nas estações localizadas no corpo central do reservatório e próximas à barragem.

Segundo KIMMEL *et al* (1990), além das diferenças na qualidade dos tributários, as fontes difusas podem resultar em variação lateral na produtividade do reservatório, sendo portanto, uma fonte adicional da heterogeneidade espacial no sistema. Isso pode explicar porque em algumas regiões, principalmente litorâneas, se verificou a dominância de *Cryptomonas lobata*. No dia 30/6/97, esta dominância ocorreu nas estações 3 e 4, nas quais as densidades da espécie foram de $174,13\mu\text{m}^3/\text{L}$ e $430,64\mu\text{m}^3/\text{L}$, respectivamente (o que correspondeu à 79% na estação 3 e à 94% na estação 13, do total entre as espécies dominantes). No dia 22/1/98, a dominância desta espécie foi ainda maior nas estações 3, 4 e 9, nas quais o biovolume foi de aproximadamente 100% em relação às demais espécies ($186,99\mu\text{m}^3/\text{L}$, $147,75\mu\text{m}^3/\text{L}$ e $24,93\mu\text{m}^3/\text{L}$, respectivamente). Nestas estações, além de estarem próximas às margens do reservatório, foram observadas baixa profundidade e ausência de anoxia no fundo.

Provavelmente no dia 30/6/97, período de maior dominância de *Cryptomonas*, houve um conjunto de condições favoráveis a sua sobrevivência, principalmente nas estações 3 e 4, tais como: altos valores da profundidade de mistura e da zona eufótica, alta concentração de nitrogênio inorgânico dissolvido (NH_4 , NO_3 e NO_2), altas concentrações de fosfato total dissolvido (REYNOLDS, 1984) e baixa pressão de predação; segundo ZANATTA (1999), nestas estações e especificamente nesse dia de amostragem houve a dominância de rotíferos.

A distribuição espacial do zooplâncton foi estudada, neste reservatório, e durante este mesmo período, por ZANATTA (*op cit.*), nas mesmas estações de amostragem do presente trabalho. A autora encontrou uma maior dominância de rotíferos nas estações de entrada do

reservatório, enquanto que os copépodos (principalmente os calanóides), dominaram nas estações próximas à barragem.

Segundo KLAVENESS (1988), as criptofíceas constituem excelente alimento ao zooplâncton, principalmente para os copépodos calanóides, que, em períodos de menor turbulência, podem controlar a biomassa desses organismos fitoplanctônicos. Os efeitos da predação, segundo o autor, podem não ser tão significativos se as condições do ambiente foram favoráveis, tais como: moderada intensidade luminosa, disponibilidade de nutrientes e mistura da coluna d'água, como foi verificado no dia 30/6/97.

Assim, esta contribuição das criptofíceas, em especial das *Cryptomonas*, nestas estações de entrada do reservatório, pode ter ocorrido devido a um conjunto de condições ambientais que minimizaram os efeitos da predação ou, ainda, à seletividade de predação, pois nessas estações predominaram os rotíferos que, por serem organismos pequenos, podem alimentar-se preferencialmente, de partículas pequenas, como detritos e bactérias.

DEBERDT (1997), associou a dominância das criptofíceas ao período em que a água estava mais fria e menos turva (inverno), enquanto que no verão o ambiente esteve menos favorável à dominância de maior número de espécies, provavelmente em função do aumento da vazão e do carreamento de material em suspensão, devido à maior intensidade de chuva. O verão caracterizou-se como período de estabilidade da coluna d'água, propiciando a dominância das cianofíceas.

O aporte diário de nutrientes para este sistema foi calculado por LEITE (1999), sendo que o rio Atibaia foi o principal responsável por 22,61t dia⁻¹, em agosto de 1997 e por 14,01t dia⁻¹, em fevereiro de 1997, de nitrogênio total, enquanto que a entrada do fósforo total foi menor, 3,68t dia⁻¹ no período chuvoso e 0,29 t dia⁻¹ no período seco. Além disso, o autor constatou também que as altas taxas de sedimentação que ocorrem no reservatório contribuem para a maior disponibilidade de formas nitrogenadas (nitrato e nitrito) para a coluna d'água, favorecendo a dominância das cianofíceas.

Um dos fatores limitantes importantes para o estabelecimento de grupos fitoplanctônicos é a razão em que os nutrientes se encontram disponíveis no sistema e, no caso das cianofíceas, a razão N/P é a mais considerada.

TAKAMURA *et al* (1992) constataram que, para razão N/P maior que 21, o principal fator limitante da fotossíntese foi o fósforo e para razão menor que 13, o fator

limitante foi o nitrogênio. Sendo assim, pode-se dizer que no Reservatório de Salto Grande, o principal fator limitante no dia 30/6/97 foi o fósforo, visto que o menor valor da razão N/P foi 30,40 (estação 2), enquanto que no dia 22/1/98, nas estações mais próximas à barragem, o fator limitante foi o nitrogênio, sendo que o menor valor da razão N/P foi observado na estação 19 (4,21).

Nas estações em que as cianofíceas dominaram, algumas semelhanças puderam ser observadas:

- pouca variação no pH no dia 30/6/97, 6,73 a 7,00 na superfície (estações 18 e 14, respectivamente) e 6,36 a 6,55 (estações 17 e 22 e 20, respectivamente). A variação foi maior no dia 22/1/98, tanto na superfície quanto no fundo, com valores máximos 9,74 (estação 14) e 8,44 (estação 20), respectivamente;
- pouca variação também dos valores de condutividade, sendo maiores nas estações de entrada do reservatório, nos dois períodos amostrados;
- tanto a variação das concentrações de oxigênio dissolvido quanto dos valores de temperatura foram mais elevados, se comparados às estações próximas à entrada do reservatório, tanto na superfície quanto no fundo, nos dois períodos amostrados.

Tanto a classe CYANOPHYCEAE quanto a CRYPTOPHYCEAE são capazes de utilizar baixos níveis de luz, o que poderia explicar a maior contribuição desses grupos no período em que a maior concentração de material em suspensão resultaria em atenuação da luz incidente na coluna d'água. Entretanto, as CRYPTOPHYCEAE toleram menos os aumentos no pH e são substituídas pelas CYANOPHYCEAE em condições de estabilidade da coluna, aumento da temperatura e da turbidez (KLAVENESS, 1988; RAMIRES, 1996; REYNOLDS, 1984).

HUSZAR & CARACO (1998), estudando lagos de regiões temperadas com diferentes níveis tróficos também encontraram relação positiva entre os valores de pH e a densidade das cianofíceas. Dentre os seis lagos estudados pelos autores, dois eram polimíticos com profundidade não muito alta (4 e 8m) e maior grau de trofia (eutrófico e mesotrófico). Nesses dois lagos, o valor médio de pH foi 7,89 para o eutrófico e 8,32 para o mesotrófico.

Em comum, estes dois lagos tiveram biomassa média total semelhante, durante a estação mais quente, e maior que os demais ambientes estudados.

No presente trabalho, o dia 22/1/98, cujas temperaturas, do ar e da água, foram mais elevadas, observou-se uma maior contribuição das cianofíceas para a biomassa do reservatório, em termos de densidade dos organismos. A densidade média encontrada neste período foi de 19.761,16 ind./mL, para todo o reservatório, sendo que as cianofíceas contribuíram com 98% desse total (19.311,45 ind./mL). Comparado ao dia 30/6/97, os valores de pH foram mais elevados também neste período cujos valores médios, para todo o reservatório, variaram de 7,38, no dia 22/1/98 a 6,67, mantendo, portanto, a relação positiva com a densidade das cianofíceas, como observado por HUSZAR & CARACO (*op cit*).

VISSER *et al* (1996) estudaram como a mistura vertical poderia influenciar nas variáveis físico-químicas, de maneira que as diferentes camadas pudessem ser misturadas, ficando o hipolímnio, rico em gás carbônico, em contato com o epilímnio, pobre em relação a esse gás. Essa mistura possibilitou a redução das perdas por sedimentação, favorecendo as espécies não flutuantes, e criou uma espécie de barreira para a migração de CYANOPHYCEAE, que favoreceu a dominância das CRYPTOPHYCEAE, aumentando também a abundância do zooplâncton, uma vez que as espécies deste grupo são mais suscetíveis à predação.

Outro trabalho que também abordou o efeito da mistura artificial, reduzindo a proliferação de CYANOPHYCEAE, principalmente do gênero *Microcystis*, foi realizado por DEPPE *et al* (1999), que verificaram aumento na concentração de gás carbônico na camada de mistura, juntamente com diminuição na concentração de fósforo, que resultaram na diminuição da densidade deste grupo fitoplanctônico, que foi substituído pelas diatomáceas.

RAWSON (1982) propôs uma classificação simples da condição trófica com base na comunidade fitoplanctônica, de maneira que:

<i>ESTRUTURA DA COMUNIDADE</i>	<i>Grau de Trofia</i>	
	<i>Oligotrófico</i>	<i>Eutrófico</i>
Quantidade	pobre	rico
Diversidade	muitas espécies	poucas espécies
Distribuição	toda coluna d'água	zona trofogênica
Migração Diurna	comum	limitada
Proliferações	rara	freqüente
Grupos Dominantes	Chlorophyceae, Baccillariophyceae e Crisophyceae	Cyanophyceae (<i>Microcystis</i>) e Baccillariophyceae (<i>Stephanodiscus</i>)

Para a classificação do grau de trofia dos reservatórios nem sempre a amostragem em apenas um único perfil vertical na parte mais profunda é adequada para caracterizar, em termos de trofia, sistemas tão heterogêneos e dinâmicos, espacial e temporalmente (LIND *et al.*, 1993). Sendo assim, amostragens em várias estações, ao longo do eixo longitudinal dos reservatórios, como a que foi feita neste trabalho, traduzem melhor a heterogeneidade espacial horizontal.

BRONDI (1991), ao aplicar o índice de estado trófico em diferentes regiões do Reservatório de Barra Bonita, verificou que a classificação trófica variou de mesotrofia a hipereutrofia, conforme o local e a época do ano. O mesmo foi observado neste trabalho, visto que no dia 30/6/97 o grau de trofia variou de hipereutrófico, nas estações de entrada do reservatório, a mesotrófico, na estação 25 (próxima à barragem), enquanto no dia 22/1/98, a condição de hipereutrofia foi constante em todo o reservatório. De maneira que, os gradientes de trofia em reservatórios que indicam o manejo destes corpos d'água como sistemas uniformes, é ineficiente (LIND *op cit.*) pois deixam de considerar as variabilidades espacial e temporal e, conseqüentemente, como estas interferem nos processos que ocorrem nestes sistemas, tais como a taxa de sedimentação, o *input* autóctone e alóctone de

materiais, além das condições hidrodinâmicas diferenciadas que resultam em um mosaico de condições tróficas ao longo do eixo longitudinal dos reservatórios, como foi observado com este trabalho.

Assim, a existência de gradientes espaciais de trofia sugerem que as diferentes regiões do reservatórios apresentam potencialidades de uso diferenciadas, como a pesca, nas regiões de transição rio-reservatório, áreas geralmente mais ricas em nutrientes, e o uso para o abastecimento público e recreação na região lacustre, geralmente mais oligotrófica (NOGUEIRA, 1996).

FERREIRA & ROCHA (1988), estudando a diversidade da comunidade fitoplanctônica em ambientes com diferentes graus de trofia, constataram que ambientes com elevado estágio de eutrofização apresentaram baixa diversidade da comunidade, enquanto que o número de espécies raras aumentou.

Segundo RAMIREZ (1996), os fatores estressantes nivelam a uniformidade das espécies raras e acentuam a dominância das abundantes, não permitindo que os valores de uniformidade e diversidade fiquem muito baixos, mesmo permanecendo menores que em períodos mais calmos.

Segundo SCHAFFER (1985), o número de espécies presentes pode ser interpretado como uma medida da heterogeneidade do ambiente. Na TABELA 15 pode ser observado um resumo de alguns trabalhos que foram realizados em ambientes com diferente graus de trofia com amostragem espacial horizontal. Cada um desses ambientes apresenta uma série de particularidades devido a sua localização geográfica e às características de cada região quanto à: atividades desenvolvidas no entorno, grau de preservação da vegetação das margens e desenvolvimento sócio-econômico da região.

TABELA 15 – Principais grupos taxonômicos encontrados em Reservatórios Tropicais com diferentes graus de trofia

Autor (Ano)	Reservatório	Grau Trofia	Contribuição das Classes (número de espécies)						n° total taxons
			Ciano	Cloro	Criso	Cripto	Eugleno	Bacci	
NOGUEIRA (1993)	Jurumirim	Oligotrófico	20	41	5	3	6	24	101
OLIVEIRA (1993) b	Lobo	Meso/oligotrófico	8	27	3	1	3	27	82
OLIVEIRA (1993) a	Barra Bonita - Braço Capivari	Eutrófico	19	53	3	4	15	21	117
Este trabalho	Salto Grande	Hipereutrófico	12	48	4	4	7	20	95

Em lagos tropicais do sudeste asiático, o número total de espécies fitoplanctônicas, observado por LEWIS (1978), variou de 50 a 100. KALFF & WATSON (1986), baseados nos estudos de lagos africanos, concluíram que o número de espécies fitoplanctônicas, em lagos tropicais, variou de 94 a 143, sendo estes valores similares aqueles observados em regiões temperadas. Em reservatórios do Estado de São Paulo, o número de espécies encontradas variou de 101, para o sistema oligotrófico de Jurumirim (NOGUEIRA, 1993), até 132, para o mesotrófico de Guarapiranga (PEREIRA, 1994). Em Barra Bonita, um ambiente eutrófico, CALIJURI (1999) observou 131 espécies e SANDES (1990) encontrou 74 em para Bariri, também eutrófico.

PINTO-COELHO *et al* (1999) encontraram aumento na maioria dos índices por eles analisados, referentes à diversidade de espécies, em relação ao aumento do grau de trofia da água. Entretanto, FERREIRA & ROCHA (1988) afirmaram que em ambientes altamente eutróficos existe uma correspondência inversa entre a diversidade e o grau de trofia, em função das alterações que ocorrerão nesses ambientes ao longo do tempo e que a diversidade estaria relacionada com a estabilidade do sistema.

Ainda pode-se dizer que há variação sazonal nos índices de diversidade. Dentre os ambientes relacionados na TABELA 15, no período de inverno, o maior índice de diversidade (3,42) foi encontrado no reservatório hipereutrófico de Salto Grande e o menor (1,72) no sistema eutrófico de Barra Bonita, por OLIVEIRA (1993a). No verão, tanto o maior índice quanto o menor foram observados no Reservatório do Lobo, meso-oligotrófico (3,46 e 2,48, respectivamente).

Comparando-se a TABELA 15 com a classificação proposta por RAWSON (1982), tem-se que o Reservatório de Jurumirim, com mais baixo grau de trofia, apresentou uma maior diversidade (101 táxons) em relação ao Reservatório de Salto Grande, hipereutrófico (95 táxons). Desta maneira, os índices que indicam diversidade podem ser considerados como indicadores ambientais, visto que ambientes com alterações externas (aumento do grau de trofia) apresentam uma redução na diversidade. Além disso, também são úteis por indicarem as mudanças na abundância de espécies, pelo aumento da dominância de poucos grupos (MAGURRAN, 1989).

A heterogeneidade temporal, assim como a espacial, é um fator muito importante a ser considerado, pois atuará na distribuição e dinâmica das variáveis físicas, químicas e dos organismos no sistema. Esta variação pode ser considerada, nos estudos limnológicos, como seqüências de mudanças das condições climatológicas e como consequência do sistema operacional da barragem, em decorrência dos usos múltiplos do sistema.

Os reservatórios de pequeno porte, assim como o de Salto Grande (área de 11,50km²), são mais suscetíveis às variações dos eventos climatológicos, como precipitações intensas e ventos fortes, que podem levar à completa alteração do sistema. Em regiões tropicais, as variações de precipitação e vento são os principais fatores que expressam os padrões sazonais (NILSSEN, 1984; TALLING, 1986).

As mudanças sazonais e a operação da barragem podem resultar em efeitos pronunciados (“pulsos”) nos reservatórios, tal como a entrada de partículas suspensas devido ao aumento da precipitação. Outros fatores, como o aumento da turbulência gerada pelo vento, e as variações no tempo de residência da água, também contribuem com os efeitos de “pulsos” nos reservatórios (CALIJURI, 1988).

Os estudos sobre a heterogeneidade espacial de habitats, terrestres e aquáticos, ainda carecem de informações, especialmente em relação à distribuição dos organismos no sistema. E no caso de reservatórios, mesmo existindo vários estudos sobre a variação temporal, a heterogeneidade espacial tem se limitado ao eixo vertical (RICHERSON *et al* 1978). Segundo LEGENDRE & DEMER (1984), o estudo da dinâmica das comunidades, principalmente da fitoplanctônica, só estarão completos quando as duas escalas, temporal e espacial (no eixo vertical e horizontal), forem consideradas simultaneamente.

O entendimento do metabolismo de sistemas aquáticos estressados requer estudos de mecanismos e processos que levarão à compartimentalização espaço-temporal, fundamental ao estabelecimento de programas de amostragem e obtenção de dados para o monitoramento. Somente assim, poder-se-á tomar as decisões que visem a recuperação do sistema e gestão integrada dos recursos hídricos.

5) CONCLUSÕES

Quanto à comunidade fitoplanctônica e às condições ecológicas estudadas no Reservatório de Salto Grande, caracterizado como pequeno (área de 11,50Km²) e de “fluxo intermediário”, hipereutrófico e estressado, pode-se dizer que:

- 1°. A classe predominante nos dois períodos analisados foi CYANOPHYCEAE, sendo que a espécie *Microcystis aeruginosa* foi a que mais contribuiu, em biovolume, para a biomassa do sistema;
- 2°. No dia 22/1/98, período de maior instabilidade física do ambiente, observou-se os maiores valores de precipitação e vazão (vertida e turbinada), bem como diminuição do tempo de residência da água no reservatório. Neste período, foi verificado um decaimento das formas nitrogenadas e aumento das formas fosfatadas em direção a barragem. O resultado foi a diminuição da razão N/P nas estações próximas a barragem, onde houve dominância das cionofíceas;
- 3°. Quando se analisa a distribuição da comunidade fitoplanctônica ao longo do eixo longitudinal do reservatório, pode-se dizer que, nos dois períodos amostrados, CYANOPHYCEAE dominou na maioria das estações analisadas, havendo apenas uma diferenciação nas estações de entrada do reservatório onde houve dominância da classe CHLOROPHYCEAE;
- 4°. As estações de entrada do reservatório apresentaram altas concentrações de materiais em suspensão e nutrientes e uma mistura maior da coluna d'água, em função

da influência do rio, propiciando o estabelecimento das espécies **C – estrategistas**, como *Monoraphidium griffithii*. Nessas estações mais rasas, existiram condições mais adequadas para que estas espécies dominassem, tais como: isoterma, maiores profundidades da zona eufótica, alta turbulência e grande disponibilidade de nutrientes;

- 5°. Não foi verificada uma diferença entre os dois períodos amostrados, quanto à estratificação térmica e química da coluna d'água, de maneira que a grande quantidade de material orgânico que chega ao reservatório (altas concentrações nas estações 1 e 2) tem importante papel na desoxigenação do sistema, contribuindo com a anoxia no hipolímnio, observada na maioria das estações analisadas;
- 6°. No período de maior estabilidade da coluna d'água, em que o tempo de residência da água no sistema foi maior (30/6/97), o índice de riqueza de espécies também foi maior se comparado ao período de maior instabilidade, quando foram observados os maiores valores de densidade da comunidade fitoplanctônica;
- 7°. A diversidade de espécies esteve diretamente relacionada com a condição de estabilidade do ambiente. Comparando-se os dois períodos analisados, a diversidade foi maior nas estações em que a densidade das cianofíceas foi menor, ou seja, nas estações próximas à entrada do reservatório;
- 8°. De acordo com o biovolume das espécies dominantes, pode-se dizer que o grau de estabilidade física do sistema, além dos aportes de nutrientes e do regime de funcionamento da barragem, favoreceu a predominância de *Microcystis aeruginosa*, organismo **S – estrategista**, sugerindo que o ambiente está em fase final de sucessão, altamente estressado e impactado;
- 9°. O aumento da diversidade e coexistência de maior número de espécies pode estar relacionado, pelo menos nas estações de entrada do reservatório, à ocorrência de distúrbios provocados pela precipitação e vazão, que determinaram o grau de instabilidade da coluna e a disponibilidade de luz e nutrientes;

- 10°. Os resultados aqui apresentados, somados aos resultados de outros autores que também foram desenvolvidos neste sistema, apontam para a necessidade urgente de uma reafirmação de quais serão os usos prioritários dessa água para os próximos anos. Além disso, é nítida a necessidade de efetivação de medidas de controle da eutrofização do sistema, que deve ser considerada, na verdade, como um conjunto de ações que visem diminuir os constantes aportes de materiais e nutrientes;
- 11°. De acordo com o estudo realizado sobre a distribuição espacial da comunidade fitoplanctônica, no dois períodos amostrados, pode-se dividir o reservatório em dois compartimentos: o primeiro, região de características lóticicas, onde predominou a classe CHLOROPHYCEAE (*Monoraphidium griffithii*), e o segundo, com condição mais lântica, onde uma condição mais lântica, onde predominou a classe CYANOPHYCEAE (*Microcystis aeruginosa*).

6) RECOMENDAÇÕES

Considerando a extensão do Reservatório de Salto Grande e a diversidade de problemas apresentados ao longo do eixo longitudinal, principalmente em função das entradas de nutrientes e materiais em suspensão, com condições ecológicas menos críticas nas estações próximas à barragem, seria interessante que os próximos trabalhos a serem desenvolvidos neste sistema enfatizassem sua recuperação. Isto deve-se ao fato de que, nas estações de entrada do reservatório, os processos de sedimentação são mais acentuados, fazendo com que essas regiões funcionem como “filtros” do todo material que chega ao reservatório.

Poder-se-ia dividir o reservatório em quatro compartimentos, ficando o primeiro deles, na estação mais próxima à barragem (estação 24 ou 25), o segundo correspondendo à estação 15, o terceiro, à estação 5 e o quarto, às estações 1 e 2 (entrada do Rio Atibaia). Poderiam ser utilizados dois tempos diferentes para a implementação das medidas de recuperação deste sistema.

Inicialmente, a médio/longo prazo, deveria ser feito o monitoramento da bacia como um todo, de maneira que as cidades a jusante realizassem o tratamento de seus esgotos, doméstico e industrial, reflorestamento das margens, desassoreamento do reservatório e levantamento topográfico da bacia, para que o escoamento das áreas agrícolas, mesmo localizadas mais distantes, não atingissem o reservatório.

Além disso, seriam propostas medidas imediatas e viáveis economicamente. Em virtude da morfometria do reservatório, estas medidas iniciariam-se no chamado compartimento 1 (estação 24 ou 25), propondo-se para este local todas as medidas anteriormente citadas, fazendo-se de imediato, além da retirada dos bancos de macrófitas, estudos para repovoamento de peixes, viabilização econômica da área de entorno e

programas de educação ambiental que visassem a conscientização da população (passeios de barco, programações com escolas, trabalhos com a comunidade local).

As ações de recuperação e manejo deveriam ocorrer por compartimentos, em função da própria morfometria do sistema. Ou seja, como medida de caráter emergencial, deixaria-se de lado, a princípio, aquelas estações mais críticas e que requerem maiores investimentos e ações de vários agentes (prefeituras e indústrias), iniciando-se pelas áreas menores, o que poderia servir para sensibilizar a comunidade e o poder público.

7) BIBLIOGRAFIA

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (1985). - *Standar methods for the examination of water and wasterwater*. Washington, Byrd Prepress Springfield. 1134p. }
- BRONDI (1994) - *Eutrofização da Represa de Barra Bonita e comportamento da comunidade fitoplanctônica*. São Carlos. 172p. Tese (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos. }
- CALIJURI,M.C. (1988) – *Respostas fisioecológicas da comunidade fitoplanctônica e fatores ecológicos em ecossistemas com diferentes estágios de eutrofização*. São Carlos. 292p. Tese (Doutorado) - Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. } ✓
- CALIJURI,M.C. (1999) – *A comunidade fitoplanctônica em um reservatório tropical (Barra Bonita, SP)*. São Carlos. 211p. Tese (Livre – Docência) - Departamento de Hidráulica e Saneamento, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. }
- CALIJURI,M.C.; DOS SANTOS,A.C.A. (1996) – Short-term changes in the Barra bonita reservoir (São Paulo, Brazil): emphasis on the phytoplankton communities. *Hydrobiologia*. v. 330, p. 136 – 175.
- CALIJURI,M.A.; DEBERDT,G.L.B.; MINOTI,R.T. (1999) – A produtividade primária pelo fitoplâncton na Represa de Salto Grande In: HENRY,R. (ed) – *Ecologia de Reservatórios*. Botucatu, Fundibio, Fapesp SP. 800p. }
- CALIJURI,M.C.; DOS SANTOS,A.C.A.; JATI,S. (no prelo) – *Temporal changes in the phytoplankton structure in a tropical and eutrophic reservoir (Barra Bonita, São Paulo, Brazil)*. *Journal of Plankton Research*.

- CARVALHO, M.A. (1979) - *Represa de Americana: aspectos físicos - químicos e variação das populações de Copepoda Cyclopoida e de vida livre*. São Paulo. 80p. Tese (Doutorado) - Instituto biológico, Universidade de São Paulo.
- CARLSON, R.E. (1977) - A trophic state index for lakes. *Limnol. and Oceanogra.* v. 22, n. 2, p. 361 - 369.
- COELHO, M.P. (1993) - *Análise do processo de assoreamento do Reservatório de Americana, SP*. Rio Claro. 69p. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.
- COLE, G.A. (1975) - *Textbook of limnology*. St. Louis, Mosby Company. 427p.
- CONNELL, J.H. (1978) - Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science*. v. 199, p. 1302 - 1310.
- DEBERDT, G.L.B. (1997) - *Produção primária e caracterização da comunidade fitoplanctônica no Reservatório de Salto Grande (Americana - SP) em duas épocas do ano*. São Carlos. 104p. Dissertação (Mestrado) - Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- DEPPE, T.; OCKENFELD, K.; MEYBOHM,.; OPITZ, M.; BENNDORF, J. (1999) - reduction of *Microcystis* blooms in a hypertrophic reservoir by a combined ecotechnological strategy. *Hydrobiologia*. v. 408/409, p. 31 - 38.
- DOS SANTOS, A.C.A. & CALIJURI, M.C. (1998) - Survival strategies of some species of the phytoplankton community in the Barra Bonita Reservoir (São Paulo, Brazil). *Hydrobiologia*. v. 367, p. 139 - 152.
- ESTEVES, F.A. (1998) - *Fundamentos da limnologia*. 2ed. Rio de Janeiro, Interciência, 602p.
- FERREIRA, C.J.A. & ROCHA, A. J. A. (1988) - Estudo comparativo de comunidades fitoplanctônicas e o uso de diversidade como discriminador ambiental. *Acta. Limnol. Brasil*. v. 11, p. 447 - 468.
- FORD, D.E. (1990) - Reservoir transport processes. In: THORNTON, K.W.; KIMMEL, B.L.; PAYNE, F.E. (ed) - *Reservoir limnology - ecological perspectives*. New York, Wiley-Interscience.

- FROEHLICH, C.G.; ARCIFA-ZAGO, M.S.; CARVALHO, J. (1978) – Temperature and oxygen stratification in Americana Reservoir, State of São Paulo, Brazil. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* v. 20, p. 1710 – 1719.
- GARCIA-GIL, L.J. & FIGUERAS, J.B. (1993) – Spatial heterogeneity of chlorophyll in Lake Vilar (Banyoles). *Verh. Intern. Verein. Limnol.* v. 25, p. 731 – 734.
- GIANI, A. (1984) – *Distribuição horizontal do fitoplâncton e zooplâncton no Lago Paranoá, Brasília, DF, Brasil.* Brasília. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Biociências, Universidade de Brasília.
- GOLTERMAN, H.L.; CLYMO, R.S.; OHNSTAD, M.A.M. (1978) - Methods for chemical analysis of freshwater. *IBP Handbook n° 08.* Oxford, Blackwell Scientific Publication. 213 p.
- HAPPEY-WOOD, C.M. (1988) – Ecology of freshwater planktonic green algae. In: SANDGREEN, C.D. (ed) – *Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton.* Cambridge, Cambridge Univ. Press. 441p.
- HARRIS, G. (1980) - Temporal and spacial scales in phytoplankton ecology: mechanisms, methods, models and management. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* v.37, p. 877 - 900.
- HARRIS, G. (1986) – *Phytoplankton ecology: Structure, function and fluctuation.* London, Chapman & Hall. 384p.
- HUSTON, M. (1979) - A general hypothesis in species diversity. *Am. Nat.* v.113, p. 81 – 101.
- HUSZAR, V.L.M. & CARACO, N. (1998) – The relationship between phytoplankton composition and physical – chemical variables: a comparison of taxonomic and morphological – functional descriptors in six temperate lakes. *Freshwater Biology.* v.40, p. 679 – 696.
- HUTCHINSON, G.E. (1967) – *A treatise on limnology.* Volume II: Introduction to lake biology and the limnoplankton. New York, John Wiley & Sons, 115p.
- JATI, S. (1998) – *Estrutura e dinâmica da comunidade fitoplanctônica no Reservatório de Barra Bonita (SP): um estudo em diferentes escalas de tempo.* São Carlos. 175p. Dissertação (Mestrado) - Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.



- KALFF, J. & WATSON, S. (1986) – Phytoplankton and its dynamics in two tropical lakes: a tropical and temperate zone comparison. *Hydrobiologia*. v. 138, p. 161 – 176.
- KIMMEL, B.L.; LIND, O.T.; PAULSON, L.J. (1990) – Reservoir primary production. In: THORNTON, K.W.; KIMMEL, B.L.; PAYNE, F.F. (ed) - *Reservoir limnology: ecology perspectives*. New York. Wiley - Interscience Publication
- KLAVENESS, D. (1988) – Ecology of the Cryptomonadida: a first review. In: SANDGREEN, C.D. (ed) – *Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton*. Cambridge. Cambridge Univ. Press, 441p.
- KOROLEFF, F. (1976) - Determinations of nutrients. In: GRASHOFF, K. (ed). *Methods of seawater analysis*. Verlag Chemie Weinheim. 177 - 181p.
- KRATZER, C.R. & BREZONIC, P.L. (1981) – A Carlson type trophic state index for nitrogen in Florida lakes. *Water Resources Bull.* v.17, n. 4, p. 713 – 714.
- LEGENDRE, L. & DEMERS, S. (1984) – Towards dynamic biological oceanography and limnology. *Can J. Fish. Aquatic. Sci.* v. 41, p. 2 – 19.
- LEITE, M.A. (1999) – *Variação espacial e temporal da taxa de sedimentação no Reservatório de Salto Grande (Americana, SP) e sua influência sobre as características limnológicas do sistema*. São Carlos. 167p. Dissertação (Mestrado) - Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- LEWIS, W.M. (1978) – Spatial distribution of the phytoplankton in a tropical lake. *Int. Revue ges. Hydrobiol. Hydrogr.* v.63, n. 5, p. 619 – 635.
- LIND, O.T. (1984) – Patterns of phytoplankton populations and their relationship to trophic state in an elongate reservoir. *Verh. Intern. Verein. Limnol.* v. 22, p. 1465 – 1469.
- LIND, O.T.; TERREL, T.; KIMMEL, B.L. (1993) – In: STRASKRABA, M.; TUNDISI, J.G.; DUNCAN, A. (ed). *Comparative reservoir limnology and water quality management*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers. v. 3, p. 57 – 67.
- LOBO, E. & LEIGHTON, G. (1986) – Estructuras de las fitocenosis planctónicas de los sistemas de desembocaduras de ríos y esteros de la zona central de Chile. *Ver. Biol. Mar.* v. 22, n. 1, p. 1 29.

- MACKERETH, F.J.H.; HERON, J.; TALLING, J.F. (1978) - *Water analysis: some revised methods for limnologists*. Freshwater Biological Association. Scientific Publication n°36. Titus Wilson & Son Ltda, Kendall. 117 p.
- MAGURRAN, A.E. (1989) - *Diversidad Ecológica y su medición*. Barcelona, Ediciones Vedral. 199p.
- MICHARD, M.; ALEYA, L.; VERNEAUX, J. (1996) - Mass occurrence of the Cyanobacteria *Microcystis aeruginosa* in the hypereutrophic Villerest Reservoir (Roanne, France): Usefulness of the biyearly examination of N/P (nitrogen phosphorus) and P/C (protein/carbohydrate) couplings. *Arch. Hydrobiol.* v.135, n. 3, p. 337 - 359.
- MINOTI, R.T. (1999) - *Variação anual da produção primária e estrutura da comunidade fitoplanctônica no Reservatório de Salto Grande (Americana, SP)*. São Carlos. 148p. Dissertação (Mestrado) - Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- MCCULLOUGH, J.D. & JACKSON, D.W. (1985) - Composition and productivity of the benthic macroinvertebrate community of a subtropical reservoir. *Rev. Gesamten Hydrobiol.* v. 70, n. 2, p. 221 - 235.
- NILSSEN, J.P. (1984) - Tropical lakes - functional ecology and future development: the need for a process-orientated approach. *Hydrobiologia*, v. 113, p. 231 - 242.
- NOGUEIRA, M.G. (1996) - *Composição, abundância e distribuição espaço-temporal das populações planctônicas e das variáveis físico-químicas na Represa de Jurumirim, Rio Paranapanema, S.P.* São Carlos. 439p. Tese (Doutorado) - Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- NUSH, E.A. (1980) - Comparison of different methods for chlorophyll-a and pheopigment determination. *Arch. Hydrobiol. Bech. Stuttgart.* v. 14, p. 14 - 36.
- NUSH, E.A. & PALME, G. (1975) - Biologische methoden fur die praxis der gewasseruntersuchung. *Gwf-Wasser/Abwasser.* v. 116, p. 562 - 565.
- ODUM, E.P. (1988) - *Ecologia*. Rio de Janeiro, Editora Guanabara Koogan. 434 p.
- OLIVEIRA, H.T. (1993a) - *Avaliação das condições limnológicas de um compartimento (Braço do Rio Capivara) e sua interação com o Reservatório de Barra Bonita, S.P., com ênfase na comunidade fitoplanctônica*. São Carlos. 328p. Tese (Doutorado) - Centro de

Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

OLIVEIRA, M.D. (1993b) – *Produtividade primária e estrutura da comunidade fitoplanctônica no Reservatório do Lobo (SP): uma comparação entre fatores ecológicos na represa e seus tributários*. São Carlos. 178p. Dissertação (Mestrado) - Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

PADISÁK, J. & REYNOLDS, C.S. (1998) – Selection of phytoplankton associations in Lake Balaton, Hungary, in response to eutrophication and restoration measures, with special reference to the cyanoprokaryotes. *Hydrobiologia* v. 384, p. 41 – 53.

PAERL, H.W. (1988) – Growth and reproductive strategies of freshwater blue-green algae (cyanobacteria). In: SANDGREEN, C.D. (ed) – *Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton*. Cambridge, Cambridge Univ. Press, 441p.

PAERL, H.W. (1995) – Ecology of blue-green algae in aquaculture ponds. *J. of the W. Aqua. Soc.* v. 26, n. 2, p. 109 – 131.

PEREIRA, V.L.R. (1984) – *Produção primária, composição do fitoplâncton e condições ecológicas no Reservatório de Guarapiranga – São Paulo (SP)*. São Carlos. 255p. Dissertação (Mestrado) - Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

PIÃO, A.C.S. (1995) – *Transporte de nitrogênio, fósforo e de sedimentos pelo Ribeirão dos Carrapatos (Município de Itai, SP), sua relação com os usos do solo e outros impactos antropogênicos e sua deposição no Braço do Taquari (Represa de Jurumirim)*, São Carlos. Tese (Doutorado) - Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

PINTO-COELHO, R.M.; COELHO, M.M.; ESPÍRITO-SANTO, M.M.; CORNELISSEN, T.G. (1999) – Efeitos da eutrofização na estrutura da comunidade fitoplanctônica na Lagoa da Pampulha. In: HENRY, R. (ed) – *Ecologia de Reservatórios*. Botucatu, Fundibio, Fapesp SP. 800p.

PLATT, T. & DENMAN, K.L. (1980) – Patchiness in phytoplankton distributions. In: MORRIS (ed) – *Physiological ecology of phytoplankton*. Blackwell, Oxford. p. 413 – 432.

- RAMIREZ, J.J. (1996) – *Variações espacial, vertical e nictimeral da estrutura da comunidade fitoplanctônica e variáveis ambientais em quatro dias de amostragem de diferentes épocas do ano no Lago das Garças, São Paulo*. São Paulo. 300p. Tese (Doutorado) - Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo.
- REYNOLDS, C.S. (1982) – Phytoplankton periodicity: its motivation, mechanisms and manipulation. *Ann. Ref. Fresh. Biol. Assoc.* p. 60 – 75.
- REYNOLDS, C.S. (1984) – *The ecology of freshwater phytoplankton (Cambridge studies in ecology)*. Cambridge, Cambridge University Press. 384 p.
- REYNOLDS, C.S. (1988a) – The concept of ecological succession applied to seasonal periodicity of freshwater phytoplankton. *Freshwater Biology*, v. 23, p. 111 – 142.
- REYNOLDS, C.S. (1988b) – Functional morphology and adaptive strategies of freshwater phytoplankton. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* v. 23, p. 681 – 691.
- REYNOLDS, C.S. (1997) – *Vegetation processes in the pelagics: a model for ecosystem theory*. (Excellence in Ecology, 9). Ecology Institute, Oldendorf. 371p.
- REYNOLDS, C.S. (1998) – What factors influence the species composition of phytoplankton in lakes of different trophic status? *Hydrobiologia* v. 369/370, p. 11 – 26.
- RICHERSON, P.J.; POWELL, T.M.; LEIGH-ABBOTT, M.R.; COIL, J.A. (1978) – Spatial heterogeneity in closed basins. In: STEELE, J.H. (ed). *Spatial pattern in plankton communities*. New York. Plenum Press. 239 – 276.
- RIOS, L. (1999) – *Distribuição espaço-temporal e balanço de massa de fósforo na Represa de Salto Grande – Americana (SP)*. São Carlos. 159p. Tese (Doutorado) - Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- ROMO, S. & MIRACLE, M.R. (1993) – Diversity of the phytoplankton assemblages of a polymictic hypertrophic lake. *Arch. Hydrobiol.* v. 132, n. 3, p. 363 – 384.
- SANDES, M.A.L. (1990) – *Flutuações de fatores ecológicos, composição e biomassa do fitoplâncton em curtos períodos de tempo no Reservatório Álvaro de Souza Lima (Bariri, SP)*. São Carlos. 111p. Dissertação (Mestrado) - Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

- SCHAFFER, A. (1985) – *Fundamentos de ecologia e biogeografia da águas continentais*.
Porto Alegre, Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 532p.
- SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE, Estado de São Paulo (1994) - *Estabelecimento de metas ambientais e reenquadramento dos corpos d'água: Bacia de Rio Piracicaba*.
Secretaria do Meio Ambiente - SP: A Secretaria (séries relatórios - ISSN 0103 - 4103).
- SEIP, K.L.; REYNOLDS, C.S. (1995) – Phytoplankton functional attributes along trophic gradient and season. *Limnol. Oceanogr.* v. 40, n. 3. p. 589 – 597.
- SOMMER, U.; PADISÁK, J.; REYNOLDS, C.S.; JUHÁSZ-NAGY, P. (1993) – Hutchinson's heritage: the diversity-disturbance relationship in phytoplankton. In: PADISÁK, J.; REYNOLDS, C.S.; SOMMER, U. (ed) – *Intermediate disturbance hypothesis in phytoplankton ecology*. Developments in hydrobiology. 81. Kluwer Academic Publish., Dordrecht: 1 – 7.
- STRASKRABA, M. (1999) – Retention time as a key of reservoir limnology. In: TUNDISI, J.G. & STRASKRABA, M. (ed) – *Theoretical reservoir ecology and its applications*. Backhuys Publishers. 592p.
- STRASKRABA, M.; TUNDISI, J.G.; DUNCAN, A. (1993) – State-of-the-art of reservoir limnology and water quality management. In: STRASKRABA, M.; TUNDISI, J.G.; DUNCAN, A. (ed). *Comparative reservoir limnology and water quality management*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers. v. 8, p. 213 – 288.
- STRICKLAND, J.D & PARSONS, T.R. (1960) - A manual of sea water analysis. *Bull. Fish. Res. Bel. Can.* v. 125, p. 1 – 185.
- TAKAMURA, N.; OTSUKI, A.; AIZAKI, M.; NOJIRI, Y. (1992) – Phytoplankton species shift accompanied by transition from dependence to phosphorus dependence of primary in lake Kasumigaura, Japan. *Arch. Hydrobiol.* v. 124, n. 2, p. 129 – 148.
- TALLING, J.F. (1986) – The seasonality of phytoplankton in African lakes. *Hydrobiologia*. v. 113, n. 1, p. 1 – 13.
- TEIXEIRA, C.; TUNDISI, J.G.; KUTNER, M.B. (1965) - Plankton studies in a mangrove II: the standing-stock and some ecological factors. *Boim. Inst. Oceanogr.*, São Paulo, v. 24, p. 23-41.

- THIENEMANN,A. (1918) – Lebensgemeinschaft und Lebensraum Nat. Wochenschr., 17: 282 – 290. In: ESTEVES,F.A. (1998) – *Fundamentos da limnologia*. 2ed. Rio de Janeiro: Interciência, 602p.
- THOMAZ,S.M.; BINI,L.M.; ALBERTI,S.M. (1997) – Limnologia do Reservatório de Segredo: padrões de variação espacial e temporal. In: AGOSTINHO,A.A.& GOMES,L.C. (ed) – *Reservatório de Segredo – bases ecológicas para o manejo*. Editora da Universidade de Maringá.
- THORNTON,K.W.; KIMMEL,B.L.; PAYNE,F.F (1990) - *Reservoir limnology: ecology perspectives*. New York. Willey - Interscience Publication
- TOLEDO,A.P.; TALARICO,M.; CHINEZ,S.J.; AGUDO,E.G. (1983) – A aplicação de modelos para a avaliação do processo de eutrofização em lagos e reservatórios tropicais. In: 12º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. *Anais*. Camboriú (SC).
- TUNDISI,J.G. (1983) – “Estratificação Térmica” em reservatórios e suas conseqüências ecológicas. *Ciência e Cultura*, v. 36, n. 9, p. 1489 – 1496.
- TUNDISI,J.G. (1990) - Distribuição espacial, seqüência temporal e ciclo sazonal do fitoplâncton em represas: fatores limitantes e controladores. *Rev. Brasil. Biol.* v. 50, n. 4, p. 937 – 955.
- UTHERMÖHL,H. (1958) - On the perfecting of quantitative phytoplankton method. *Inst. Ass. Theor. Commun.* v.9.
- VISSER,P.M.; IBELINGS,B.W.; VAN DER VEER,B.; KOEDOOD,J. (1996) – Artificial mixing prevents nuisance blooms of the cyanobacterium *Microcystis* in Lake Nieuwe Meer, the Netherlands. *Freshwater Biology* v. 36, p. 435 – 450.
- WETZEL,R.G. (1990) – Reservoir Ecosystems: conclusions and speculations. In: THORNTON,K.W; KIMMEL,B.L; PAYNE,F.E - *Reservoir limnology – ecological perspectives*. New York, Wiley-Interscience.
- WETZEL,R.G. (1993) – *Limnologia* Fundação Calouste Gulbenkian. Lisboa. 912p.
- WETZEL,R.G. & LIKENS,G.E. (1991) - *Limnological analysis*. 2º ed. Springer - Verlag. 391p.
- ZANATA,L.H. (1999) – *Heterogeneidade ambiental do Reservatório de Salto Grande (Americana, SP) com ênfase na distribuição das populações de cladocera*. São Carlos.

203p. Dissertação (Mestrado) - Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

8) ANEXO

TABELA 16 – Valores do Índice de Estado Trófico, no Reservatório de Salto Grande, nas estações amostradas, em 30/6/97

Estações	Secchi	Fósforo Total	Fosfato Inorgânico	Clorofila	Média Ponderada	Classificações	
						TOLEDO <i>et al</i> (1983)	KRATZER & BREZONIC (1981)
1	62	66	80	48	64	eutrófico	hipereutrófico
2	62	76	80	50	68	eutrófico	hipereutrófico
3	58	61	77	60	65	eutrófico	hipereutrófico
4	61	71	79	58	68	eutrófico	hipereutrófico
5	65	75	80	54	69	eutrófico	hipereutrófico
6	56	66	78	43	61	eutrófico	hipereutrófico
7	56	65	78	58	65	eutrófico	hipereutrófico
8	53	72	78	58	67	eutrófico	hipereutrófico
9	55	63	77	65	66	eutrófico	hipereutrófico
10	53	60	77	60	64	eutrófico	hipereutrófico
11	53	63	77	50	62	eutrófico	hipereutrófico
12	55	61	77	59	64	eutrófico	hipereutrófico
13	57	61	78	66	66	eutrófico	hipereutrófico
14	55	58	77	58	63	eutrófico	hipereutrófico
15	53	56	77	59	62	eutrófico	hipereutrófico
16	53	55	76	58	62	eutrófico	hipereutrófico
17	53	53	75	58	61	eutrófico	hipereutrófico
18	54	54	76	32	54	eutrófico	eutrófico
19	54	58	76	51	61	eutrófico	hipereutrófico
20	54	54	77	57	61	eutrófico	hipereutrófico
21	53	54	75	55	60	eutrófico	eutrófico
22	53	55	75	32	54	eutrófico	eutrófico
23	55	53	75	66	63	eutrófico	hipereutrófico
24	54	50	75	48	57	eutrófico	eutrófico
25		51	75	53	51	mesotrófico	mesotrófico

TABELA 17 – Valores do Índice de Estado Trófico, no Reservatório de Salto Grande, nas estações amostradas, em 22/1/98

Estações	Secchi	Fósforo Total	Fosfato Inorgânico	Clorofila	Média Ponderada	Classificações	
						TOLEDO <i>et al</i> (1983)	KRATZER & BREZONIC (1981)
1	75	62	64	81	70	eutrófico	hipereutrófico
2	73	67	69	82	73	eutrófico	hipereutrófico
3	75	61	58	80	68	eutrófico	hipereutrófico
4	75	61	65	81	70	eutrófico	hipereutrófico
5	75	67	68	82	73	eutrófico	hipereutrófico
6	71	65	60	81	69	eutrófico	hipereutrófico
7	71	62	66	82	70	eutrófico	hipereutrófico
8	73	63	73	83	73	eutrófico	hipereutrófico
9	75	64	64	81	70	eutrófico	hipereutrófico
10	73	63	65	81	70	eutrófico	hipereutrófico
11	73	69	67	82	73	eutrófico	hipereutrófico
12	73	63	72	83	73	eutrófico	hipereutrófico
13	73	64	73	83	73	eutrófico	hipereutrófico
14	73	65	70	82	72	eutrófico	hipereutrófico
15	73	63	64	81	70	eutrófico	hipereutrófico
16	73	67	69	82	73	eutrófico	hipereutrófico
17	68	64	67	82	71	eutrófico	hipereutrófico
18	71	70	70	82	74	eutrófico	hipereutrófico
19	73	68	67	82	72	eutrófico	hipereutrófico
20	68	64	66	82	70	eutrófico	hipereutrófico
21	66	64	67	82	70	eutrófico	hipereutrófico
22	68	65	63	81	70	eutrófico	hipereutrófico
23	68	63	69	82	71	eutrófico	hipereutrófico
24	66	61	63	81	68	eutrófico	hipereutrófico
25	63	62	65	81	69	eutrófico	hipereutrófico

TABELA 18 - Porcentagem de Contribuição das Classes, no Reservatório de Salto Grande, nas estações de coleta, no dia 30/6/97

ESTAÇÕES	BACILLARIOPHYCEAE	CHLOROPHYCEAE	CHRYSOPHYCEAE	CRYPTOPHYCEAE	EUGLENOPHYCEAE	CYANOPHYCEAE
1	4,9	63,0	0,0	2,5	0,0	29,9
2	8,4	74,1	0,4	3,0	0,0	14,1
3	11,1	31,4	1,8	46,2	2,5	7,1
4	9,3	61,7	0,5	8,9	7,6	12,0
5	9,0	81,0	3,7	3,7	0,0	2,6
6	7,4	51,3	3,2	13,2	0,5	20,6
7	3,1	16,6	7,6	19,7	2,7	47,0
8	6,5	32,3	1,3	20,5	0,0	38,3
9	1,8	8,0	2,7	41,6	0,0	44,6
10	1,1	8,9	2,4	30,0	0,0	57,5
11	4,7	44,5	1,2	33,9	0,0	15,8
12	0,8	3,8	3,7	20,0	1,0	71,6
13	0,5	7,0	1,6	14,2	0,0	76,7
14	6,5	10,6	2,1	19,4	0,0	61,4
15	0,6	7,5	0,2	3,0	0,4	88,2
16	0,5	3,8	0,1	5,7	0,0	89,7
17	1,1	7,9	0,0	2,9	0,5	87,5
18	5,8	22,6	0,6	6,5	1,3	63,2
19	1,0	14,8	5,2	20,4	0,0	58,6
20	0,3	3,0	0,3	9,9	0,5	85,5
21	0,3	20,7	0,2	6,1	0,6	72,0
22	3,7	19,5	0,0	20,0	0,0	56,8
23	0,1	14,9	0,3	2,6	0,3	81,7
24	7,0	11,9	2,6	4,8	0,0	73,7
25	2,3	7,6	4,1	28,1	0,0	58,2

TABELA 19 - Porcentagem de Contribuição das Classes, no Reservatório de Salto Grande, nas estações de coleta, no dia 22/1/98

ESTAÇÕES	BACCILLARIOPHYCEAE	CHLOROPHYCEAE	CHRYSOPHYCEAE	CRYPTOPHYCEAE	EUGLENOPHYCEAE	CYANOPHYCEAE
1	2,7	87,1	0,0	0,3	0,0	9,2
2	8,0	60,9	0,0	6,9	4,6	19,5
3	3,4	11,9	0,8	31,4	5,9	12,7
4	4,2	30,7	3,6	21,7	6,0	33,7
5	8,3	46,2	0,0	1,8	2,1	41,6
6	0,1	0,7	0,0	0,1	0,0	99,1
7	0,9	3,8	0,4	0,2	0,4	93,9
8	0,1	4,9	0,0	0,3	0,1	94,8
9	0,2	0,7	0,0	0,3	0,0	98,8
10	0,5	5,0	0,0	1,8	0,0	92,7
11	0,3	0,7	0,0	2,8	0,0	96,3
12	0,0	1,4	0,0	0,2	0,3	98,2
13	0,1	0,6	0,0	0,0	0,1	99,3
14	0,4	1,5	0,0	0,2	0,0	97,9
15	0,0	0,7	0,0	0,1	0,1	99,2
16	0,0	0,3	0,0	0,1	0,0	99,6
17	0,1	1,6	0,0	0,8	0,3	97,3
18	0,1	0,2	0,0	0,1	0,0	99,6
19	0,2	0,1	0,0	0,1	0,0	99,7
20	0,0	1,0	0,0	0,4	0,4	98,2
21	0,1	3,9	0,1	0,1	0,3	95,5
22	0,7	0,8	0,0	0,2	0,0	98,3
23	0,0	1,4	0,0	0,2	0,9	97,4
24	0,3	0,7	0,0	2,0	0,0	97,0
25	0,1	0,2	0,0	1,4	0,0	97,7