

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

INPE-5620-PRP/189

SEGUNDO RELATÓRIO DO PROJETO SENSORIAMENTO REMOTO DE SISTEMAS
AQUÁTICOS

Evlyn Marcia Leão de Moraes Novo
Cláudia Zuccari Fernandes Braga

Convênio CRHEA/USP - INPE/MCT

INPE
São José dos Campos
1995

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa - FAPESP - Processo FAPESP Geologia 88/4016-5.

INSTITUIÇÃO: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

CONVÊNIO: (Nº 01.01.074.0/89) entre o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - Ministério da Ciência e Tecnologia e a Universidade de São Paulo - Escola de Engenharia de São Carlos - Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada.

APOIO: Companhia Energética de São Paulo - CESP
Divisão de Operação Hidráulica

DURAÇÃO DO PROJETO: 30 de junho de 1989 a 30 de junho de 1994

EQUIPE TÉCNICA DO PROJETO: Evelyn M. L. de Moraes Novo

INPE: Cláudia Zuccari Fernandes Braga
Carlos Alberto Steffen
Moacir Godoy Junior
Fábio Furlan Gama
Fernanda Lobo
Iris de Souza

INPE/PÓS-GRADUAÇÃO: José Eduardo Mantovani
Iara Musse Félix

CRHEA/USP: José Galísia Tundisi
Maria do Carmo Calijuri
Amândio de Meneses Nogueira

CRHEA-USP/PÓS-GRADUAÇÃO: Paula Petraco
Ana Cristina Cestaro
Haideé Torres de Oliveira
Silvia Helena Govari

RESUMO

Este é o segundo relatório do Projeto Sensoriamento Remoto de Sistemas Aquáticos e resume as principais atividades realizadas entre Julho de 1990 e Dezembro de 1991. Neste relatório são enfatizados os resultados referentes: 1) à organização dos dados limnológicos e espectrais coletados no reservatório da UHE Barra Bonita entre 1989 e 1991, no ambiente do Sistema de Informações Geográficas; 2) à análise estatística de variáveis limnológicas e variáveis espectrais referentes a 14 missões realizadas simultaneamente à passagem do satélite Landsat-5 sobre o reservatório de Barra Bonita-SP.

SECOND REPORT OF THE REMOTE SENSING OF AQUATIC SYSTEMS PROJECT

ABSTRACT

This is the second report of the "Remote Sensing of Aquatic Systems Project" and summarizes the activities performed between July, 1990 and December, 1991. In this report the following aspects are stressed: 1) the organization of the limnological and spectral data collected on Barra Bonita reservoir from 1989 to 1991 into a georeferenced data base using a Geographical Information System software (SGI); 2) the statistical analyses of the limnological and spectral variables collected during 14 ground trips performed concurrently to the Landsat overpass on the Barra Bonita reservoir - SP.

SUMÁRIO

	<u>Página</u>
LISTA DE FIGURAS	v
LISTA DE TABELAS	vi
1 <u>INTRODUÇÃO</u>	1
2 <u>O PROJETO SISA</u>	2
2.1 - Variáveis limnológicas que compõem o banco de dados do Reservatório de Barra Bonita	6
2.2 - Análise estatística dos dados limnológicos	10
2.3 - O processo de geocodificação e análise de dados limnológicos de campo	10
2.4 - O processo de geocodificação dos dados de Sensoriamento Remoto	19
3 <u>RESULTADOS</u>	20
3.1 - A variabilidade temporal dos dados limnológicos	20
3.1.1 - Nutrientes	20
3.1.2 - Componentes Opticamente Ativos	38
3.2 - A variabilidade espacial e temporal das variáveis limnológicas	44
3.3 - Correlações entre variáveis limnológicas no Reservatório da UHE Barra Bonita	52
3.3.1 - Correlações entre variáveis limnológicas em todo o Reservatório da UHE Barra Bonita (CORBB1L)	53
3.3.2 - Correlações entre variáveis limnológicas no Corpo Central do Reservatório (CORBB1E)	55
3.3.3 - Correlações entre variáveis limnológicas no Braço do rio Tietê (CORBB1T)	56
3.3.4 - Correlações entre variáveis limnológicas no Braço do rio Piracicaba (CORBB1P)	58
3.4 - Correlações entre variáveis limnológicas e dados espectrais Landsat-TM 5 no Reservatório da UHE Barra Bonita	59
4 <u>ATIVIDADES EM ANDAMENTO</u>	66
5 <u>CONCLUSÕES PRELIMINARES</u>	67
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69

APÊNDICE A - CORRELAÇÕES SIGNIFICATIVAS ENTRE PARES DE VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS	72
APÊNDICE B - CORRELAÇÕES SIGNIFICATIVAS ENTRE VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS E VARIÁVEIS ESPECTRAIS	93

LISTA DE FIGURAS

	<u>Página</u>
1 - Área geográfica abrangida pelo Banco de Dados georreferenciados do Projeto SISA	11
2 - Resultado da visualização em três dimensões dos dados resultantes da interpolação e geração de grade	14
3 - Imagem com a distribuição espacial dos valores apresentados por uma dada variável limnológica .	15
4 - Classificação de um Plano de Informação dando origem ao arquivo F*.I	16
5 - Classificação do Plano de Informação relativo ao limite do Reservatório	17
6 - Carta ilustrando a distribuição de uma dada variável limnológica	18
7 - Variação temporal das concentrações médias de Nitrito no Reservatório de Barra Bonita	25
8 - Variação temporal nas concentrações médias de Nitrato no Reservatório de Barra Bonita	28
9 - Variação temporal nas concentrações médias de NH ₄ no Reservatório da UHE Barra Bonita	29
10 - Variação temporal das concentrações médias de Nitrogênio Total no Reservatório da UHE Barra Bonita	30
11 - Variação temporal nas concentrações médias de SiO ₂ no Reservatório da UHE de Barra Bonita	32
12 - Variação temporal nas concentrações médias de PO ₄ no Reservatório da UHE Barra Bonita	34
13 - Variação temporal nas concentrações médias de Fosfato dissolvido no Reservatório da UHE de Barra Bonita	35
14 - Variação temporal nas concentrações médias de Fósforo Total no Reservatório da UHE de Barra Bonita	37
15 - Variação temporal nas concentrações médias de Sólidos Totais em Suspensão no Reservatório da UHE Barra Bonita	39
16 - Variação temporal das concentrações médias de MI no Reservatório da UHE de Barra Bonita	41
17 - Variação temporal das concentrações médias de MO no Reservatório de Barra Bonita	43
18 - Variação temporal das concentrações médias de Clorofila Total no Reservatório da UHE de Barra Bonita	45
19 - Variação temporal das concentrações médias de Profundidade Secchi no Reservatório da UHE Barra Bonita	46

LISTA DE TABELAS

	<u>Página</u>
1 - Missões realizadas no reservatório de Barra Bonita	4
2 - Classificação do nível trófico de sistemas aquáticos a partir de diferentes parâmetros de qualidade de água	8
3 - Critérios e variáveis usadas para a avaliação do processo de eutrofização de sistemas aquáticos	9
4 - Exemplo de Codificação de Planos de Informações Limnológicas	13
5 - Relação das variáveis que compõem o atlas com a distribuição espacial de variáveis indicadoras da qualidade da água do Reservatório de Barra Bonita	19
6 - Média e Desvio Padrão das Variáveis Limnológicas no Reservatório de Barra Bonita entre 1989 e 1991	22
7 - Precipitações mensais na bacia de captação do Reservatório de Barra Bonita	23
8 - Velocidade média dos ventos no dia anterior e no dia da aquisição das amostras d'água	24
9 - Vazão Afluente e Defluente no Reservatório no Reservatório da UHE Barra Bonita	27
10 - Médias e Desvios Padrão de Variáveis Limnológicas relativas às estações amostrais do Corpo Central do Reservatório de Barra Bonita	47
11 - Médias e Desvios Padrão de Variáveis Limnológicas relativas às estações amostrais do Braço do rio Piracicaba do Reservatório de Barra Bonita	48
12 - Médias e Desvios Padrão de Variáveis Limnológicas relativas às estações amostrais do Braço do rio Tietê do Reservatório de Barra Bonita	49
13 - Variáveis limnológicas e variáveis espectrais significativamente correlacionadas em mais que 50% das possibilidades analisadas com o mesmo sinal durante o inverno	61
14 - Variáveis limnológicas e variáveis espectrais significativas em mais que 50% das possibilidades analisadas com o mesmo sinal durante o verão	64
15 - Correlações entre variáveis espectrais e TSS e respectivas concentrações de TSS(mg/l) nos diferentes compartimentos e datas	65

1 INTRODUÇÃO

As águas doces continentais representam apenas 0,009% do volume total de água do planeta Terra (Wetzel, 1975). Embora sejam recursos renováveis, a capacidade de renovação das águas continentais varia entre 1 e 100 anos em função das dimensões do sistema aquático considerado. Adotando-se uma perspectiva realista, pode-se considerar que o suprimento de água doce para atender às necessidades humanas é limitado.

A escassez relativa de água (Novo e Tundisi, 1988) tem aumentado devido ao crescimento exponencial da população e ao desenvolvimento tecnológico, os quais ampliaram as possibilidades de consumo e de poluição dos recursos hídricos do planeta.

A preservação dos recursos hídricos é um aspecto fundamental para a vida no planeta Terra. A Limnologia é o ramo do conhecimento humano responsável pelo estudo das relações funcionais entre propriedades da água e a produtividade dos ecossistemas aquáticos continentais.

Os ecossistemas aquáticos continentais podem ser classificados em sistemas lênticos (lagos e reservatórios) e lóticos (rios). Estes sistemas podem ser caracterizados por sua morfometria (volume, área, profundidade, perímetro) e pelas propriedades físicas, químicas e biológicas da água.

As características que descrevem as propriedades de um dado ecossistema aquático são conhecidas por propriedades limnológicas ou variáveis limnológicas. Estas, como o próprio nome deixa evidente, são propriedades que variam no tempo e no espaço, quer num dado sistema aquático, quer entre sistemas diferentes.

Em função do intenso dinamismo das variáveis limnológicas, os estudos e as atividades de monitoramento dos sistemas aquáticos se baseiam na aquisição e análise de grandes volumes de dados. Programas rotineiros de monitoramento de qualidade da água envolvem a medição de 10 a 15 variáveis da água, tais como: - a concentração de diversos nutrientes, espécies fitoplanctônicas, penetração de radiação solar etc.

A análise simultânea de tal volume de dados torna-se altamente complexa quando se amplia o número de locais de amostragem e o número de amostras ao longo da coluna d'água.

O desenvolvimento da tecnologia de sensoriamento remoto e das ciências da computação pode

contribuir para a otimização dos métodos de monitoramento de sistemas aquáticos. Estes métodos têm sido amplamente testados pela comunidade internacional (Novo e Braga, 1991a) com sucesso relativo. Os dados de sensoriamento remoto permitem uma visão sinótica do sistema aquático e de sua área de interação, o que propicia uma avaliação das relações entre este e o ecossistema terrestre adjacente. O desenvolvimento das ciências da computação permite a organização dos dados provenientes das mais diversas fontes, em bancos de dados georreferenciados.

O Brasil já dispõe de considerável experiência na aplicação das tecnologias de sensoriamento remoto, de processamento de imagens e de sistemas de informações geográficas para estudos ambientais. As aplicações destas tecnologias ao manejo de sistemas aquáticos continentais, entretanto, é bastante recente. Este relatório apresenta os resultados parciais do Projeto Sensoriamento Remoto de Sistemas Aquáticos (Projeto SISA) o qual representa uma contribuição à integração das tecnologias, anteriormente mencionadas, aos métodos limnológicos.

2 O PROJETO SISA

As bases teóricas para a proposição do Projeto SISA encontram-se amplamente discutidas no primeiro relatório técnico do projeto (Novo e Braga, 1991a). As atividades do projeto tiveram início em 1988, quando foram estabelecidas as bases de um convênio entre o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e o Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada da Universidade de São Paulo (CHREA-USP). Ainda neste ano, foi realizada uma primeira missão de campo, simultânea à passagem do satélite Landsat, e que teve como objetivo testar a viabilidade de se propor um projeto de longo prazo, voltado ao desenvolvimento de pesquisas na área de sensoriamento remoto aplicado a estudos limnológicos.

O reservatório de Barra Bonita foi selecionado como área de estudo e programaram-se missões para a aquisição simultânea de dados radiométricos (ao nível orbital e de campo) e dados limnológicos. A Tabela 1 apresenta um resumo das missões realizadas entre maio de 1989 e outubro de 1991.

O reservatório de Barra Bonita encontra-se localizado na bacia hidrográfica do Rio Tietê e, as sub-bacias de drenagem que o alimentam pertencem às Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRH) Tietê/Sorocaba, Tietê/Jacaré e Piracicaba, conforme proposta do Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (São Paulo, 1990). As UGRHs Tietê/Sorocaba e Piracicaba se

caracterizam pelo elevado grau de industrialização. A UGRH do Tietê/Jacaré encontra-se em vias de industrialização e nela está demarcada uma extensa Área de Proteção Ambiental (APA) a qual inclui grande parte dos afluentes da margem direita do reservatório. Ainda, de acordo com o Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (São Paulo, 1990), o reservatório em estudo é alimentado por rios com níveis de qualidade de água bastante variáveis. Existem desde "águas nobres", correspondentes aos rios que drenam a APA até "águas poluídas". Estas características tornam esta região altamente favorável ao teste das metodologias de sensoriamento remoto e integração de dados em sistemas de informações geográficas.

Estudos realizados por Calijuri (1988) classificam o reservatório como um sistema polimítico, controlado pela precipitação, vento, vazão e tempo de residência. De acordo com estes estudos, a coluna d'água do reservatório tende a ser permanentemente desestratificada devido à ação do vento, apresentando elevadas taxas de oxigênio dissolvido em toda sua profundidade. De modo geral, o nitrogênio não é o fator limitante no reservatório sendo que a adição de fósforo é a principal causa de sua eutrofização.

Calijuri (1988) observou que, no Verão, o reservatório apresenta maior produção primária por área devido à elevada precipitação e consequente entrada de nutrientes por escoamento difuso. No Inverno os aumentos na produção primária se devem à mistura na coluna d'água pela ação do vento.

O tempo de residência hidráulica também foi identificado como um fator controlador da qualidade da água do reservatório. Nos períodos de pequeno tempo de residência hidráulica (Verão), dominam Flagelados e Diatomáceas, enquanto que nos períodos de elevado tempo de residência hidráulica dominam as Diatomáceas e Cianofíceas. As Cianofíceas (*Anabaena sp* e *Microcysts aeruginosa*) ocorrem em geral na camada superior da coluna d'água do reservatório, enquanto que as Diatomáceas (*Melosira itálica* e *Melosira granulata*) dominam a camada inferior da coluna d'água. Devido ao processo de mistura as algas apresentam concentração uniforme na coluna d'água (Calijuri, 1988).

TABELA 1 - MISSÕES REALIZADAS NO RESERVATÓRIO DE BARRA BONITA(N-NÃO EXISTEM DADOS DISPONÍVEIS NA DATA;S-EXISTEM DADOS DISPONÍVEIS;..V - NÚMERO DE VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS MEDIDAS;BB 1..N - CÓDIGO DA MISSÃO REALIZADA EM BARRA BONITA)

DATA	TM/LANDSAT	DADOS DISPONÍVEIS RADIOMÉTRICOS	LIMNOLÓGICOS
01/05/89 (BB1)	N	N	18 V
17/05/89 (BB2)	N	N	18 V
04/07/89 (BB3)	S	N	18 V
20/07/89 (BB4)	S	N	18 V
21/08/89 (BB5)	N	N	18 V
22/09/89 (BB6)	N	N	18 V
27/12/89 (BB7)	N	N	18 V
13/02/90 (BB8)	N	N	18 V
01/03/90 (BB9)	N	N	18 V
17/03/90 (BB10)	S	N	18 V
23/07/90 (BB11)	N	N	18 V
08/08/90 (BB12)	S	N	18 V
28/11/90 (BB13)	S	S	18 V
31/01/91 (BB14)	N	N	18 V
16/02/91 (BB15)	N	N	18 V
30/03/91 (BB16)	N	N	18 V
12/10/91 (BB17)	N	S	18 V
13/10/91 (BB18)	N	S	18 V

As variáveis medidas no campo e determinadas em laboratório foram: nitrato (NO_2), nitrito (NO_3), amônia (NH_4), nitrogênio total (NTOT), sílica (SiO_2), fosfato (PO_4), fósforo total dissolvido (PDIS), fósforo total (PTOT), totais de sólidos em suspensão (TSS), material inorgânico em suspensão(MI); material orgânico em suspensão(MO); clorofila total(CLTOT); profundidade Secchi (SEC); temperatura superficial(TEMP); radiação subaquática total; radiação subaquática azul; radiação subquática verde; radiação subquática vermelha. Os dados de radiação subaquática não estão sendo analisados neste relatório pois são objeto de uma dissertação de mestrado em desenvolvimento.

Ao término da fase de aquisição em outubro de 1991 obteve-se um acervo de dados limnológicos coletados em 18 diferentes datas, abrangendo as situações de Inverno e de Verão do reservatório. Complementando este acervo já existem dados de satélite referentes a cinco diferentes datas, sendo três relativas ao Inverno e 2 referentes ao Verão. A missão realizada em 13 de Outubro de 1991 deveria

ter sido simultânea à passagem do satélite (14 de outubro de 1991). Entretanto, devido a falha humana na programação da missão, os dados radiométricos ao nível de aeronave e os dados de campo foram coletados com um dia de antecedência.

Os demais dados limnológicos adquiridos nas diferentes missões estão organizados em um banco de dados limnológicos georreferenciados, cuja configuração será oportunamente descrita. Estes dados encontram-se também registrados a imagens TM/Landsat. Outros dados tais como batimetria do reservatório e dados climáticos também integrarão o sistema de informações sobre o Reservatório de Barra Bonita.

O Banco de Dados Limnológicos Georreferenciados sobre o Reservatório de Barra Bonita foi concebido com três finalidades:

- a) Como base para pesquisas em sensoriamento remoto, fornecendo um acervo de dados limnológicos para a calibração de algoritmos derivados de medidas radiométricas extraídas de imagens de satélite.

Um dos problemas encontrados nas pesquisas sobre comportamento espectral da água e seus componentes, bem como no desenvolvimento de métodos operacionais para estudo de sistemas aquáticos é a escassez de dados de campo que permitam aferir o significado das medidas obtidas através dos sensores remotos. A partir do acervo de dados organizados pelo projeto SISA uma série de problemas de interesse de pesquisa em SR vem sendo e poderá ser abordada. Estes dados permitirão respostas mais consistentes às questões que envolvem os limites de detecção de substâncias na água, os métodos de realce de informações em imagens, métodos de remoção de ruídos, correção atmosférica etc.

- b) Como base para pesquisas em Limnologia, fornecendo ao Limnólogo não só uma visão espacializada do comportamento do sistema aquático como também a possibilidade de visualizar modificações do sistema ao longo do tempo.

Um dos campos da pesquisa Limnológica é o do estudo do metabolismo dos sistemas aquáticos (Esteves, 1988). Uma das etapas fundamentais nestes estudos é a analítica, na qual são levantadas as variáveis do sistema tais como pH, condutividade, nutrientes, radiação solar etc. Tais levantamentos básicos, entretanto, via de regra (Novo e Tundisi, 1988) se limitam a poucas estações amostrais. A aquisição de dados limnológicos com ampla representatividade espacial e temporal (não obstante a perda de informação vertical) permite ao limnólogo apreciar

a variabilidade do sistema no espaço e identificar seus fatores condicionantes.

- c) Como base para o manejo do reservatório de Barra Bonita.

Os dados já disponíveis permitem avaliar o funcionamento do sistema ao longo de dois anos e identificar as tendências mais permanentes na qualidade da água do reservatório, o que, sem dúvida, representa subsídio a seu manejo mais adequado.

Para ilustrar o potencial do Banco de Dados Limnológicos como indutor de pesquisas e aplicações de Sensoriamento Remoto e tecnologia de sistemas de informações geográficas em Limnologia, organizou-se um atlas da "Distribuição Espacial de Parâmetros de Qualidade da Água no Reservatório de Barra Bonita" a partir da manipulação dos dados limnológicos coletados em campo. Os procedimentos e critérios utilizados para sua elaboração encontram-se descritos nas seções subsequentes.

2.1 - VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS QUE COMPÕEM O BANCO DE DADOS DO RESERVATÓRIO DE BARRA BONITA

Na seleção das variáveis limnológicas que foram quantificadas levou-se em conta que um dos problemas de qualidade de água mais generalizados é o de eutrofização das águas continentais.

O processo de eutrofização resulta do aumento da concentração de nutrientes na água, e suas consequências são diversas.

De acordo com Thomann e Mueller (1987) um dos problemas mais sérios do processo de eutrofização é a proliferação de vegetação aquática. Dentre as consequências da proliferação de plantas (fitoplâncton e macrófitas) destacam-se sua decomposição anaeróbia com emissão de gases, obstrução de filtros em estações de tratamento d'água, aumento da toxidez da água etc.

A eutrofização dos sistemas aquáticos também afeta a estabilidade do ecossistema modificando as interações entre a comunidade biológica e o meio físico, modificando a estrutura e os processos do ecossistema aquático.

Rast et al. (1989) apresentam uma relação de critérios normalmente utilizados para se determinar o nível trófico dos ecossistemas aquáticos. Dentre eles podem ser identificados: parâmetros morfométricos (área do corpo d'água, volume, profundidade, localização das entradas e

saídas de fluxo); parâmetros hidrodinâmicos (volume total dos fluxos de entrada e saída, tempo médio de residência da água no sistema, estratificação térmica e circulação da água no sistema); parâmetros químicos (concentração de fósforo total, dissolvido e reativo, concentração de nitrogênio total, amoniacal, nitrito e nitrato e concentração de silicato em áreas de grandes concentrações de diatomáceas).

Em função do nível trófico da água, os diferentes sistemas aquáticos podem ser classificados em oligotróficos, mesotróficos, eutróficos e hipereutróficos. Existem numerosos estudos (Esteves, 1988) realizados principalmente em regiões de climas temperados, os quais propõem critérios de classificação dos sistemas aquáticos naquelas diferentes categorias. Um dos indicadores de nível trófico mais utilizados é a concentração de fósforo na água. Em lagos europeus o aumento de fósforo leva, geralmente, à eutrofização, e como é mais simples fazer uma análise química da água do que determinar o índice de diversidade de espécies, por exemplo, a concentração de fósforo foi muito utilizada como indicador de eutrofização por ser um fator limitante ao crescimento fitoplanctônico naqueles lagos. Entretanto, em lagos tropicais a distribuição de diferentes frações de fosfato na água não está necessariamente ligada ao estado trófico do sistema. Estudos realizados na região tropical (Esteves, 1988) indicam que lagos com diferentes concentrações de fosfato na coluna d'água podem apresentar uma produção fitoplanctônica que varia entre $110 \text{ mg C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ e $800 \text{ mg C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$. Para o autor, a classificação trófica de um ecossistema aquático deve se basear no maior número possível de indicadores.

A "Organization for Economic Cooperation and Development" - OECD (OECD, 1982) propôs alguns valores limites de certas propriedades da água que permitem a classificação do sistema aquático em uma das quatro categorias tróficas. A Tabela 2 apresenta estes limites.

A classificação de um corpo d'água em termos de sua qualidade, entretanto, não é absoluta, pois depende do uso para o qual a água se destina.

A Tabela 3, organizada por Rast et al. (1989), exemplifica alguns critérios para avaliar o grau de eutrofização de sistemas aquáticos.

**TABELA 2 - CLASSIFICAÇÃO DO NÍVEL TRÓFICO DE SISTEMAS
AQUÁTICOS A PARTIR DE DIFERENTES PARÂMETROS DE QUALIDADE DE
ÁGUA**

Variável 1	Parâmetro estatístico	Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Hipereutrófico
		Médias		Anuais	
Ptot	Média	8,0	26,7	84,0	
Ptot	Média +/- 1 desvio padrão	4,9 - 13,3	14,4 - 45,0	48,0 - 189,0	
Ptot	Média +/- 2 desvio padrão	2,9 - 22,1	7,9 - 90,8	16,8 - 424,0	
Ptot	Amplitude	3,0 - 17,7	10,9 - 95,6	16,2 - 386,0	750,0 - 1200,0
Ptot	número de amostras	21	19	71	2
Ntot	Média	661,0	753,0	1674,0	
Ntot	Média +/- 1 desvio padrão	371,0 - 1180,0	485,0 - 1170,0	861,0 - 4081,0	
Ntot	Média +/- 2 desvio padrão	206,0 - 2103,0	313,0 - 1816,0	395,0 - 8913,0	
Ntot	Amplitude	307,0 - 1630,0	361,0 - 1357,0	393,0 - 6100,0	
Ntot	número de amostras	11	8	37	
Cltot	Média	1,7	4,7	14,3	
Cltot	Média +/- 1 desvio padrão	0,8 - 3,4	3,0 - 7,4	6,7 - 31,0	
Cltot	Média +/- 2 desvio padrão	0,4 - 7,1	1,9 - 11,6	3,1 - 66,0	
Cltot	Amplitude	0,3 - 4,5	3,0 - 11,0	2,7 - 78,0	100,0 - 150,0
Cltot	número de amostras	22	16	70	2
Sec	Média	9,9	4,2	2,45	
Sec	Média +/- 1 desvio padrão	5,9 - 16,5	2,4 - 7,4	1,5 - 4,0	
Sec	Média +/- 2 desvio padrão	3,6 - 27,5	1,4 - 13,0	0,9 - 6,7	
Sec	Amplitude	5,4 - 20,0	1,0 - 8,0	0,8 - 7,0	0,4 - 0,5
Sec	número de amostras	13	20	70	2

FONTE: OECD, 1982

TABELA 3 - CRITÉRIOS E VARIÁVEIS USADAS PARA A AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE EUTROFIZAÇÃO DE SISTEMAS AQUÁTICOS

VARIÁVEIS LIMNOLÓGICA		
FÍSICAS	QUÍMICAS	BIOLÓGICAS
Transparência (D)	Nutrientes (A)	Florescimento de algas (A)
Sólidos Suspensos (A)	Clorofila (A)	Diversidade de espécies (D)
	Condutividade (A)	Biomassa fitoplanctônica (A)
	Sólidos Dissolvidos (A)	Vegetação litorânea (A)
	Déficit de oxigênio no hipolímnio (A)	Zooplâncton (A)
	Saturação de oxigênio no epilímnio (A)	
		Fauna de fundo (A)
		Diversidade de fauna de fundo (D)
		Produção primária (A)

Legenda: A = Aumento D = Diminuição
 FONTE: Adaptada de Rast et al. (1989).

A Tabela 3 indica que, modificações físicas, químicas e biológicas dos sistemas aquáticos são utilizadas para avaliar seu estado trófico, constituindo-se em indicadores da eutrofização. Algumas das propriedades físicas da água são passíveis de serem detectadas através de sensores que operam no espectro óptico (Slater, 1980) tais como Transparência da Água (estimada a partir de medidas com o Disco de Secchi), Radiação Subaquática (total e espectral) e Sólidos em Suspensão. Assim sendo, tais variáveis foram medidas visto que o acervo de dados limnológicos visa também a extração de informações a partir de sensores remotos. Dentre as propriedades biológicas, a clorofila representa um componente da água ópticamente ativo, e portanto passível de detecção via sensoriamento remoto (Braga, 1988; Novo e Braga, 1991a). Embora os nutrientes não sejam opticamente ativos, eles foram também determinados por serem os condicionadores do processo de eutrofização. Outras propriedades do sistema aquático em algumas datas e para alguns pontos amostrais também foram determinadas embora possam ser avaliadas apenas indiretamente através dos sensores ópticos disponíveis atualmente.

2.2 - ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS LIMNOLÓGICOS

Os dados limnológicos e os dados de reflectância aparente foram submetidos a vários tipos de análises estatísticas. Para cada data estudada, foram determinadas as estatísticas básicas por parâmetro (média, desvio padrão, valores mínimos e máximos) de cada uma das variáveis.

Os dados também foram submetidos a análises de correlação e regressão conforme abordagem descrita em Novo e Braga (1991b).

2.3 - O PROCESSO DE GEOCODIFICAÇÃO E ANÁLISE DE DADOS LIMNOLÓGICOS DE CAMPO

O processo de geocodificação e análise das variáveis limnológicas foi realizado com o auxílio do sistema SGI. O SGI é um banco de dados geográficos que permite armazenar, combinar, analisar e recuperar informações espacialmente codificadas. Para uma descrição do sistema SGI, consultar o Manual do Usuário (ENGESPAÇO, 1988).

O primeiro passo do processo de geocodificação foi o da definição da área geográfica sobre a qual foram coletadas e armazenadas as informações de interesse. Como o Projeto SISA também tem como objetivo prover uma base de dados que permita o manejo do reservatório, selecionou-se como área de estudo a região compreendida entre 22°00' e 23°00' de Latitude Sul e entre 48°00' e 48°45' de Longitude Oeste. Esta região inclui as bacias de 4ª e 5ª ordem (Schumm, 1972) que drenam a partir da cuesta basáltica em direção ao reservatório (Figura 1) e constituem os antigos afluentes do baixo curso do rio Piracicaba e os afluentes do Médio Tietê. Ao norte do reservatório estão incluídas as seguintes bacias: Ribeirão Turvo, Ribeirão do Serelepe e Ribeirão das Tabaranas, cujas nascentes se encontram nas serras de São Pedro, Tabuleiros e Banharão, respectivamente. Ao sul do reservatório encontram-se as bacias do médio e baixo curso do Ribeirão Araquê, Rio Capivara e Rio Alambari, cujas nascentes se encontram na serra de Botucatu.

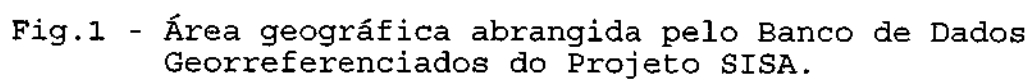


Fig.1 - Área geográfica abrangida pelo Banco de Dados Georreferenciados do Projeto SISA.

Após a definição da área geográfica de abrangência do projeto, foram estabelecidos os planos de informação que comporiam o projeto. Estes podem ser classificados como Planos de Informações Limnológicas e Planos de Informações sobre Fatores que controlam a represa. Até o presente momento só foram integrados os Planos de Informações Limnológicos (PIL).

O processo de entrada dos dados limnológicos no sistema de informações se encontra descrito em Novo e Braga (1991a). As datas de aquisição dos dados e as variáveis foram codificadas com números. O tipo de plano armazenado foi codificado com letras. Assim sendo, para cada data existe um "mega-arquivo" que contém os arquivos referentes aos PIs originais e aos PIs deles derivados. A tabela 5 exemplifica o processo de geocodificação para um determinado plano de informação (PI).

O plano R301 representa os dados brutos ("raw data") com os valores das variáveis limnológicas para cada estação. O primeiro algarismo representa a posição dos dados na série temporal (no caso específico, 3ª coleta de dados limnológicos), os dois últimos algarismos indicam a variável limnológica codificada (no exemplo, variável 01).

As características do Plano R301 encontram-se descritas nos arquivos que definem sua relação com o Projeto Ativo (BBE.PRJ, BBE.DIR). Esses arquivos descrevem as características do projeto tais como suas coordenadas (UTM), a unidade de medida (metro), o tipo de projeção cartográfica dos dados, o datum de referência e os parâmetros descritivos dos planos de informação que integram o projeto (nome do plano, categoria, escala).

TABELA 4 - EXEMPLO DE CODIFICAÇÃO DE PLANOS DE INFORMAÇÕES LIMNOLÓGICAS

PROJETO	PLANO DE INFORMAÇÃO	ARQUIVOS
BBE	R301	BBE.PRJ BBE.DIR BBE_R301.DI BBE_R301.GRD BBE_R301.PT BBE_R301.PTA BBE_R301.PTO BBE_R301.TB BBE_R301.I
	F301	BBE.PRJ BBE.DIR BBE_F301.DI BBE_F301.TB BBE_F301.I
	B301	BBE.PRJ BBE.DIR BBE_B301.DI BBE_B301.LI1 BBE_B301.LI2 BBE_B301.PO1 BBE_B301.PO2 BBE_B301.TB BBE_B301.CEN BBE_B301.I
	C301	BBE.PRJ BBE.DIR BBE_C301.CAT BBE_C301.LEG BBE_C301.S

Os valores assumidos pela variável limnológica 01 na data 3 (R301) em cada estação de coleta, e suas respectivas coordenadas UTM, encontram-se codificados nos arquivos BBE_R301.PT. A partir deste arquivo original, os valores pontuais de cada estação amostral podem ser extrapolados para todo o reservatório através de métodos de interpolação. O interpolador selecionado bem como as razões técnicas para sua escolha, encontram-se descritos em Novo e Braga, (1991a). No processo de interpolação são criados os arquivos PTA (que abrigam uma árvore com a hierarquia dos pontos a serem interpolados), PTO (que contém os pontos organizados) e GRD (que contém a grade de pontos interpolados).

A Figura 2 exemplifica o resultado da interpolação de uma dada variável limnológica. A grade pode

ser visualizada no formato tridimensional com diferentes opções de ângulo de observação e representa um instrumento analítico de grande utilidade pois permite visualizar a distribuição espacial dos valores assumidos pela variável de interesse. No caso específico do exemplo observa-se que a variável assume valores bastante elevados à montante do reservatório com um forte gradiente negativo em direção à barragem.

A partir do arquivo GRD pode-se transformar o PI em uma imagem com a distribuição espacial dos valores assumidos pela variável limnológica numa dada área. O processo de geração de imagem se faz a partir do refinamento da grade de pontos interpolados. Este processo dá origem aos arquivos BBE_R301.I, .TB e .DI, onde I representa o arquivo que contém a imagem, TB contém os valores assumidos pelos "pixels" da imagem (no caso 256 níveis digitais) e DI contém o descritor da imagem.

A Figura 3 representa o tipo de resultado gerado pelo refinamento da imagem. Nela pode ser observada a distribuição espacial da concentração de uma dada variável limnológica.

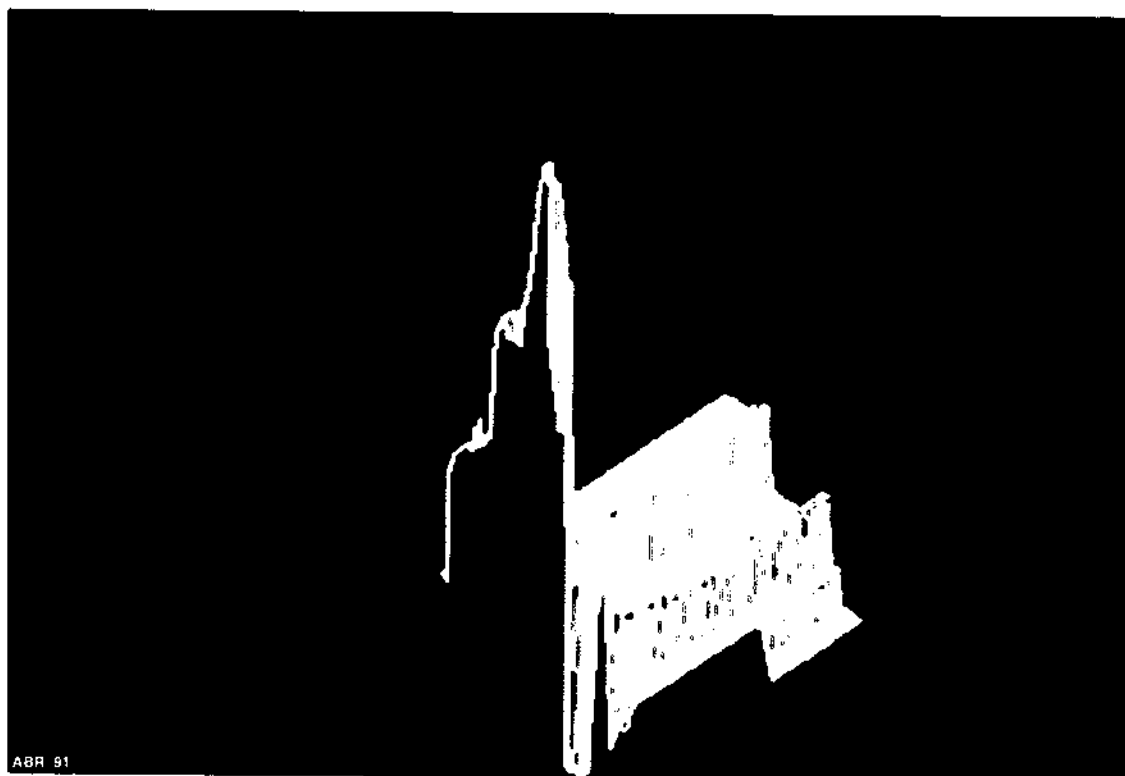


Fig. 2 - Resultado da visualização em três dimensões dos dados resultantes da interpolação e geração de grade.

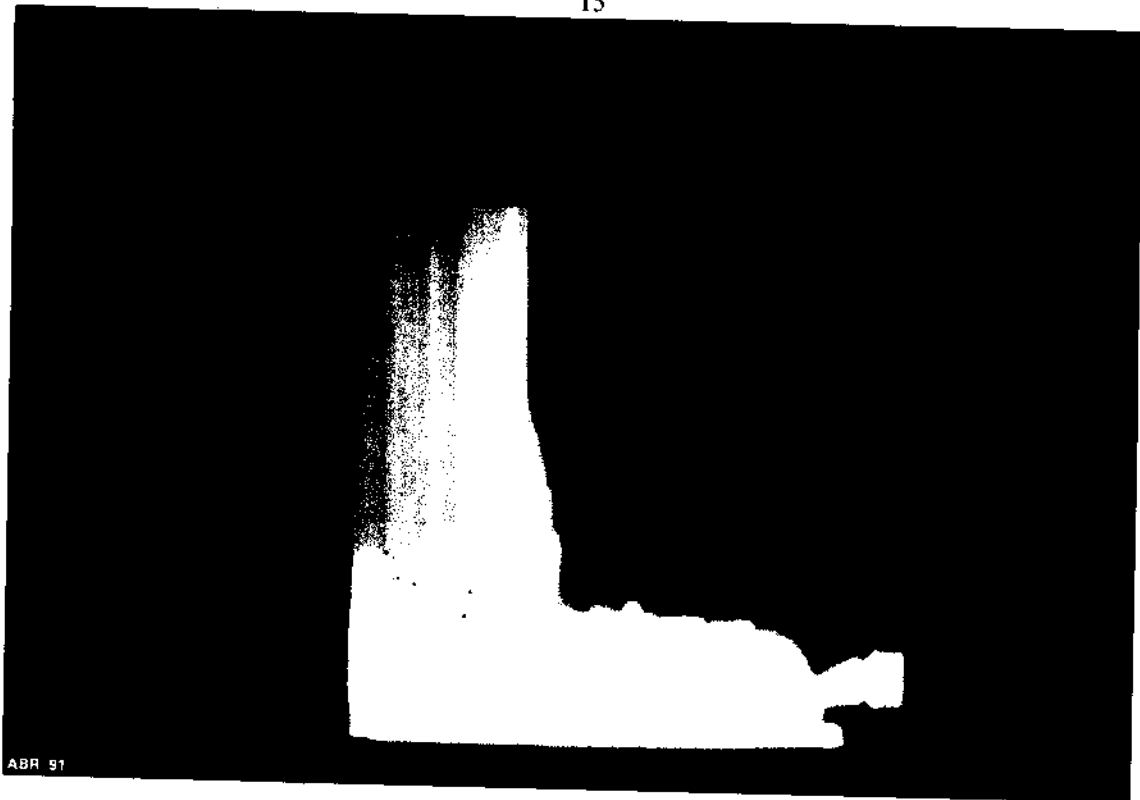


Fig. 3 - Imagem com a distribuição espacial dos valores apresentados por uma dada variável limnológica.

A partir dos planos R podem ser derivados outros planos. O plano BBEF_301.I foi gerado a partir da classificação da imagem R301.I. Os intervalos de classe utilizados, bem como os critérios para sua definição encontram-se descritos em Novo e Braga (1991a). A Figura 4 representa o resultado da classificação de um dado plano de informação.

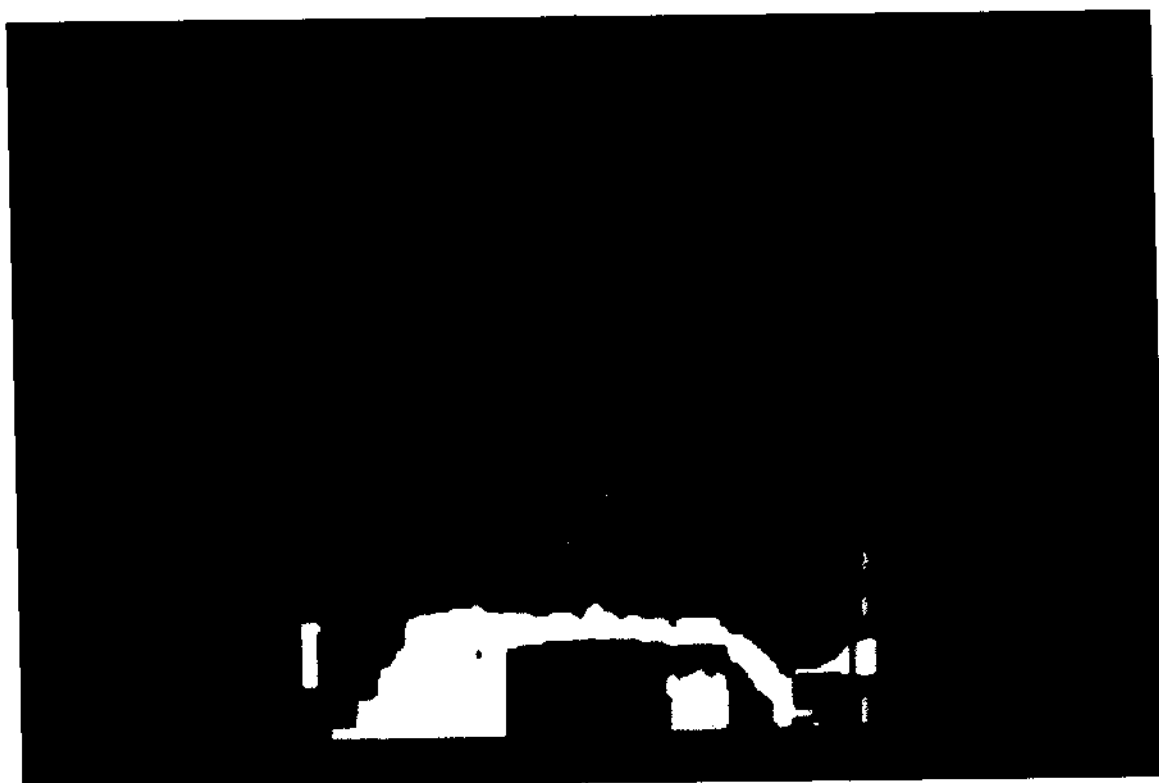


Fig. 4 - Classificação de um Plano de Informação dando origem ao arquivo F*.I.

Como pode ser observado nas Figuras 3 e 4, os planos de informação extrapolam a área do reservatório. Através de um procedimento de superposição de planos, pode-se remover a área externa ao reservatório. Este processo encontra-se descrito em Novo e Braga (1991a) e resulta na criação dos planos BBE_B301.I, DI e TB. A Figura 5 representa o resultado do processo de criação dos planos referentes à classificação da variável limnológica dentro dos limites do reservatório.



Fig. 5 - Classificação do plano de informação relativo ao limite do reservatório.

Para que o resultado da classificação se transforme numa carta, os planos B.* devem ser convertidos para o formato vetorial (ENGESPAÇO, 1988) dando origem aos arquivos LI1, LI2 (arquivo de linhas), PO1, PO2 (arquivo de polígonos), e CEN (arquivo de centróides). Com esta transformação pode-se gerar então os planos C.* que são as cartas temáticas prontas para serem plotadas.

Associados ao planos C.* encontram-se os arquivos CAT (carta), LEG (legenda) e S (símbolos). A Figura 6 representa o resultado da criação de uma carta com a distribuição espacial de uma dada variável limnológica.

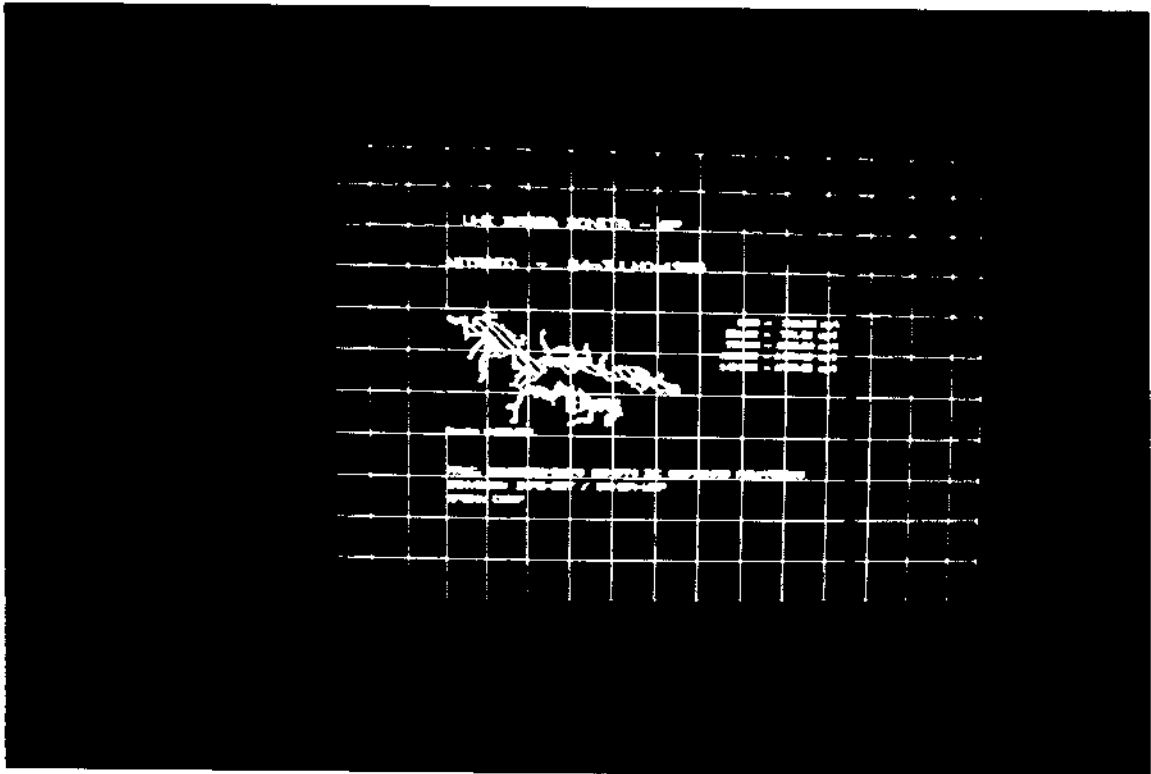


Fig. 6 - Carta ilustrando a distribuição de uma dada variável limnológica.

A partir do processo de codificação descrito pode-se gerar um atlas com a distribuição espacial de variáveis limnológicas. As variáveis que compõem o atlas foram selecionadas a partir da análise estatística do conjunto de variáveis medidas conforme método descrito em Novo e Braga (1991a). Como o processo de geocodificação depende da disponibilidade dos dados de campo, e estes são coletados no inverno e no verão, os atlas foram organizados de modo a abrigar as informações de cada uma destas estações do ano separadamente. Ao término do processo de geocodificação e geração de cartas, ficaram disponíveis, para análise, os quatro volumes do atlas: o volume 1 com os dados de inverno de 1989, o volume 2 com os dados do verão de 1989-1990, o volume 3 com os dados do inverno de 1990 e o volume 4 com os dados do verão de 1990-1991. A Tabela 5 apresenta a relação das variáveis constantes do atlas.

TABELA 5 - RELAÇÃO DAS VARIÁVEIS QUE COMPÕEM O ATLAS COM A DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE VARIÁVEIS INDICADORAS DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RESERVATÓRIO DE BARRA BONITA

VARIÁVEIS
NITRATO
ÍON AMÔNIO
NITROGÊNIO TOTAL
FÓSFORO TOTAL
TOTAL DE SÓLIDOS EM SUSPENSÃO
TOTAL DE MATÉRIA INORGÂNICA EM SUSPENSÃO
TOTAL DE MATÉRIA ORGÂNICA EM SUSPENSÃO
CLOROFILA TOTAL
RAZÃO NITROGÊNIO TOTAL/ FÓSFORO TOTAL

2.4 - PROCESSO DE GEOCODIFICAÇÃO DOS DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO

Os dados de sensoriamento remoto foram submetidos a dois tipos de análise: a) análise quantitativa, em que os níveis de radiância da imagem são utilizados para estimar parâmetros limnológicos (descrito em Novo e Braga, 1991a; Novo e Braga, 1991b); e b) análise qualitativa, em que os níveis de radiância são utilizados para classificar o uso e cobertura do solo na região adjacente e que influencia o reservatório.

Os métodos de classificação digital de imagens encontram-se descritos em Mather (1987). Nesta pesquisa optou-se por um método de classificação determinística em que as diferentes classes de uso e cobertura pudessem ser diferenciadas em termos da proteção que oferecem ao solo, reduzindo o escoamento superficial e portanto, o aporte de nutrientes para o reservatório.

Os resultados derivados de ambas as análises são integrados ao banco de dados de Barra Bonita, definido pelo Projeto BBE anteriormente descrito, visto que as imagens foram submetidas ao processo de registro em relação à carta topográfica da região de estudo. No processo de registro "mapa versus imagem" é gerado um arquivo de referenciais (.REF), o qual permite que tanto as imagens quanto os resultados de classificação sejam colocados na mesma projeção e posição da carta topográfica.

Como os dados orbitais foram obtidos em cinco datas, apenas uma data foi registrada com a carta topográfica. As demais datas foram registradas em relação

à primeira data e utilizam o mesmo arquivo de referenciais para a entrada no SGI.

3 RESULTADOS

3.1 - A VARIABILIDADE TEMPORAL DOS DADOS LIMNOLÓGICOS

3.1.1 - Nutrientes

A Tabela 6 apresenta os valores de média (AVG) e desvio padrão (STD) das variáveis limnológicas coletadas entre Julho de 1989 e Março de 1991, durante 14 missões de campo. Os dados referentes às duas primeiras coletas não se encontram incluídos nesta análise devido às razões expostas em Novo e Braga (1991a). Os dados referentes às duas últimas coletas não estavam disponíveis no momento de início da análise de dados.

a) Formas de Nitrogênio

Pôde-se verificar que as variáveis limnológicas estudadas se alteram amplamente ao longo do tempo. As diferentes formas de nitrogênio tenderam a apresentar valores menores no período seco de 1989 (maio a outubro) e mais elevados no período chuvoso (novembro a abril). No ano de 1990, entretanto, esta tendência não se verifica. O nitrato (NO_3), por exemplo, aumenta seis vezes de concentração entre julho e dezembro de 1989. Mas em 1990, a menor concentração média para o reservatório ocorre no mês de fevereiro, que é tipicamente um mês chuvoso.

Ao se examinar, entretanto, a Tabela 7 com os totais mensais de precipitação na região, pôde-se constatar que o mês de fevereiro de 1990 foi um mês atípico caracterizado por baixas precipitações. Comparando-se as tabelas 7 e 6 observa-se que todas as formas de nitrogênio ocorreram em concentrações mínimas neste mês. Por outro lado, os dados da Tabela 6 revelam que o período seco de 1990 foi também relativamente mais chuvoso que o de 1989. Os totais de precipitação entre maio e outubro de 1989 foram, em média, 20% menores que os de 1990. Diversos estudos têm demonstrado o relacionamento íntimo entre precipitação e vazão. A existência de um verão mais seco, seria responsável pela redução da vazão nos rios tributários. A descarga de nutrientes no reservatório à jusante é função direta da vazão (Q) e da concentração de nutrientes (C) dos rios à montante (Thomann e Mueller, 1987). Deste modo, admitindo-se que as fontes poluidoras não se alteraram, a redução de nutrientes em 1990 pode ser associada às menores precipitações.

Segundo Calijuri (1988), no período chuvoso tende a haver maior entrada de nutrientes no reservatório em decorrência do aumento das precipitações que lixiviam as terras agrícolas da bacia de captação do reservatório. Reconhece, entretanto, que os ventos são importantes entre março e julho e respondem pelo aumento de nutrientes devido ao efeito de ressuspensão. A tabela 8 apresenta informações sobre os ventos que ocorreram anteriormente à aquisição dos dados de qualidade de água.

**TABELA 6 - MÉDIA E DESVIO PADRÃO DAS VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS NO RESERVATÓRIO DE BARRA
BONITA ENTRE 1989 E 1991**

DATA	NO2 AVG		NO3	SI02		PO4		PDZS		PTOT		NE4		NTOT		TSS		MI		MO		CLTOT		TEMP		SSC		
	STD	AVG	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	
04/07/89	7.02	12.76	681.55	447.04	4.49	0.01	6.43	2.23	13.87	3.53	25.43	6.88	38.31	77.98	1565.09	463.10	5.57	1.71	3.91	1.42	1.70	0.58	7.71	2.48	19.6	0.72	1.27	0.48
20/07/89	7.51	7.71	824.56	486.12	5.15	0.73	6.74	2.85	15.72	3.57	26.43	6.66	118.85	324.94	1831.56	652.84	4.49	1.94	3.19	1.63	1.29	0.48	4.23	1.92	18.8	1.12	1.38	0.57
21/08/89	7.80	9.52	714.63	467.15	4.20	0.73	10.11	5.97	23.05	9.00	42.99	12.86	91.51	99.93	1545.71	1078.88	8.58	3.58	5.50	2.99	3.08	1.05	18.27	2.29	21.1	1.09	0.96	0.44
22/09/89	41.82	48.35	1106.22	326.62	3.90	0.48	8.97	4.84	24.37	9.77	38.16	36.74	49.96	76.26	1673.03	295.93	4.86	1.98	2.90	1.52	1.96	0.81	12.47	12.10	22.2	1.15	1.20	0.47
27/12/89	14.79	7.76	1190.16	175.17	3.44	1.86	19.33	23.77	34.15	31.64	55.59	45.79	14.37	10.88	2450.20	398.73	10.36	8.77	7.00	7.03	3.36	1.82	17.44	13.31	24.7	0.87	1.02	0.79
13/02/90	6.69	3.98	383.39	213.80	8.67	1.20	13.31	4.46	31.62	6.97	62.22	8.25	9.49	4.69	648.18	866.78	10.56	3.55	6.07	2.87	4.49	2.16	16.91	9.00	27.8	1.29	0.52	0.12
01/03/90	35.03	31.33	736.87	459.27	10.97	11.05	19.42	10.65	39.32	15.01	59.19	19.14	64.06	66.30	969.58	744.60	11.89	8.47	8.68	7.37	3.21	1.46	18.26	15.98	28.0	1.57	0.62	0.24
17/03/90	21.83	25.60	1509.73	728.06	4.37	1.07	12.99	6.05	24.11	9.62	48.72	20.19	35.50	31.19	3303.11	934.85	8.67	4.62	5.38	3.18	3.32	1.51	16.34	12.54	29.0	0.67	0.73	0.31
23/07/90	38.49	45.70	1448.10	844.45	4.99	0.68	19.87	9.74	28.96	12.88	42.72	15.97	492.13	863.93	3131.18	1151.20	6.90	4.51	5.22	3.90	1.68	0.69	3.80	0.85	18.6	0.23	1.09	0.37
08/08/90	14.78	19.30	1461.88	838.19	4.18	0.56	17.73	9.26	28.99	13.19	43.79	24.71	80.61	189.38	2885.58	2018.68	5.11	4.09	2.57	1.55	2.54	3.87	9.40	14.99	19.1	1.24	1.35	0.56
28/11/90	47.72	23.02	1828.93	685.39	3.94	0.97	9.34	8.88	24.60	10.08	47.29	23.32	176.18	262.56	3385.92	896.73	9.83	10.72	5.97	9.15	3.87	1.93	17.77	10.87	27.5	0.60	1.21	0.87
31/01/91	173.72	146.06	1569.64	631.68	4.24	0.34	28.80	10.98	36.92	13.10	95.79	14.83	373.72	530.97	3059.82	918.21	26.78	22.15	21.58	19.02	5.61	1.45	5.40	3.31	26.1	0.67	0.41	0.36
16/02/91	45.93	79.42	867.02	225.61	4.26	0.48	29.50	9.05	47.61	22.49	106.60	17.59	61.37	32.91	3113.64	851.43	31.86	16.12	26.19	13.88	5.67	2.42	4.25	2.90	26.8	0.75	0.21	0.07
30/03/91	13.81	11.64	765.63	340.92	4.38	0.34	18.97	2.89	26.62	3.61	76.01	10.65	37.03	24.65	2122.50	249.17	10.34	5.45	7.80	4.78	2.54	0.82	5.33	3.14	26.4	0.57	0.38	0.10

TABELA 7 - PRECIPITAÇÕES MENSAIS NA BACIA DE CAPTAÇÃO DO RESERVATÓRIO DE BARRA BONITA. (mm)

Mês	Americana		Piracicaba		Botucatu	
	1989	1990	1989	1990	1989	1990
Jan	254	368	147	231	353	273
Fev	235	94	240	91	243	131
Mar	86	209	123	228	143	311
Abr	39	45	81	13	48	37
Mai	20	62	31	30	47	71
Jun	61	5	29	21	43	11
Jul	98	121	82	125	93	104
Ago	59	37	32	43	42	69
Set	44	42	40	52	115	85
Out	27	104	54	123	71	170
Nov	141	65	59	89	106	107
Dez	141	100	164	92	268	119

A análise da Tabela 8 não permite, entretanto, estabelecer relações diretas entre as variações médias nas concentrações de nutrientes e o regime de ventos dominante na data da obtenção das amostras de água.

A presença de nitrito em altas concentrações pode estar associada à entrada de compostos orgânicos nitrogenados provenientes de efluentes domésticos e industriais. Os esgotos geralmente contêm quantidades variáveis de compostos menos oxidados como a amônia e o nitrito. A presença destes pode significar a existência de poluição recente, uma vez que estas substâncias são rapidamente oxidadas, desde que haja O_2 suficiente. O nitrito torna-se, assim, um indicador da presença de despejos orgânicos recentes.

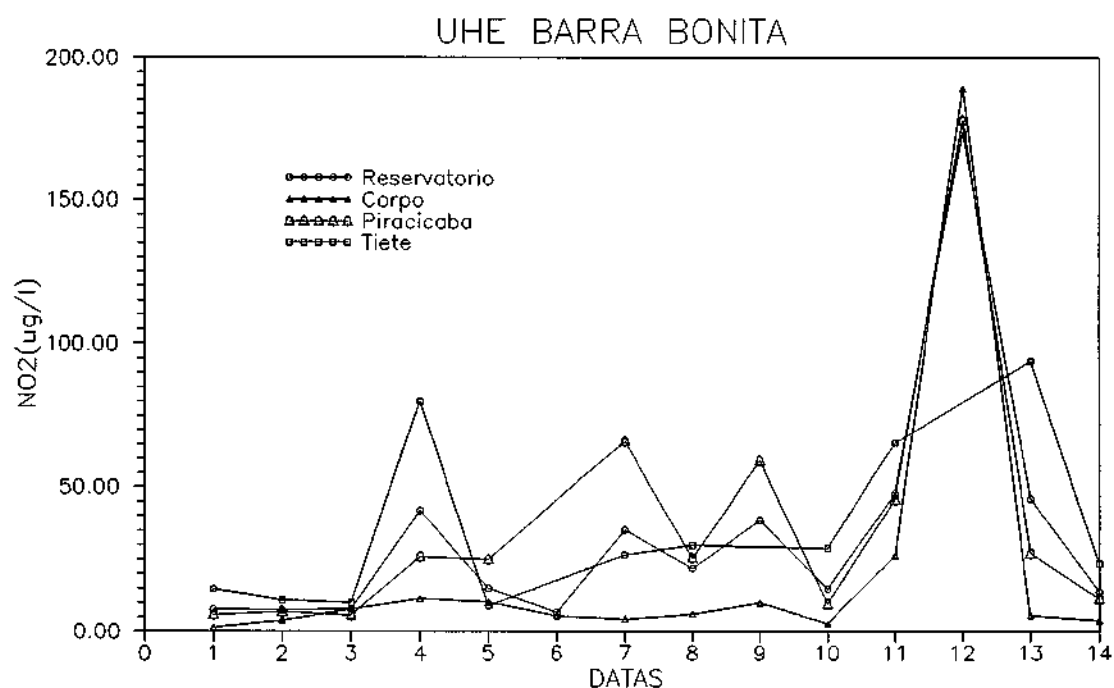
A análise da Tabela 6 indica também que, além da variação temporal das concentrações de nitrito, há também uma variação espacial, visto que os desvios padrão das médias são bastante elevados.

Para avaliar o impacto que a dispersão espacial pode ter sobre a identificação mais clara de tendências temporais das concentrações de nitrito, as amostras foram divididas em três subconjuntos em função da morfometria do reservatório: o corpo central do reservatório (CORPO), o Braço do rio Piracicaba (PIRACICABA) e o Braço do rio Tietê (TIETÊ).

A Figura 7 permite a comparação entre a variação média de Nitrito (NO_2) no reservatório de Barra Bonita com a sua variação em cada um de seus principais compartimentos: CORPO, PIRACICABA e TIETÊ. O que se verifica através da análise da figura 7 é que a variação de NO_2 não é rigorosamente afetada pela sazonalidade, e que, por fatores ainda não elucidados nesta pesquisa, o ano de 1990 possui, em média, valores mais altos de NO_2 , sendo que os maiores valores ocorreram em Janeiro de 1991 tanto para o reservatório quanto para seus compartimentos.

TABELA 8 - VELOCIDADE MÉDIA DOS VENTOS NO DIA ANTERIOR
E NO DIA DA AQUISIÇÃO DAS AMOSTRAS D'ÁGUA

DATA	BARRA BONITA	CAMPININHA	BOTUCATU
03/07/89	2,0 m/s	1,2 m/s	3,7 m/s
04/07/89	2,7 m/s	0,0 m/s	1,0 m/s
19/07/89	0,7 m/s	0,0 m/s	0,2 m/s
20/07/89	0,2 m/s	0,0 m/s	0,2 m/s
20/08/89	0,2 m/s	1,2 m/s	2,5 m/s
21/08/89	0,2 m/s	0,0 m/s	0,7 m/s
21/09/89	1,7 m/s	0,0 m/s	0,2 m/s
22/09/89	0,7 m/s	1,2 m/s	0,5 m/s
26/12/89	1,2 m/s	0,0 m/s	0,7 m/s
27/12/89	0,5 m/s	0,0 m/s	1,0 m/s
12/02/90	2,0 m/s		1,7 m/s
13/02/90	1,7 m/s		1,7 m/s
28/02/90	1,2 m/s	1,5 m/s	1,0 m/s
01/03/90	1,2 m/s		
16/03/90	0,7 m/s		1,5 m/s
17/03/90	0,5 m/s		1,5 m/s
06/07/90	0,2 m/s		0,5 m/s
07/07/90	0,2 m/s	0,5 m/s	2,5 m/s
22/07/90	5,0 m/s	4,0 m/s	3,7 m/s
23/07/90	5,2 m/s	1,5 m/s	4,5 m/s
07/08/90	2,0 m/s		2,0 m/s
08/08/90	0,5 m/s	1,0 m/s	
27/11/90	2,2 m/s	1,0 m/s	0,5 m/s
28/11/90	7,7 m/s	2,0 m/s	3,0 m/s
30/01/91	4,0 m/s	0,0 m/s	4,0 m/s
31/01/91	3,2 m/s		4,1 m/s
15/02/91	0,2 m/s		0,0 m/s
16/02/91	0,3 m/s		0,0 m/s
19/03/91	3,1 m/s		0,7 m/s
20/03/91	0,0 m/s	0,0 m/s	0,0 m/s



Legenda

Código Data

01 > 04/JUL/1989
 02 > 20/JUL/1989
 03 > 21/AGO/1989
 04 > 22/SET/1989
 05 > 27/DEZ/1989
 06 > 13/FEV/1990
 07 > 01/MAR/1990
 08 > 17/MAR/1990
 09 > 23/JUL/1990
 10 > 08/AGO/1990
 11 > 28/NOV/1990
 12 > 31/JAN/1991
 13 > 16/FEV/1991
 14 > 30/MAR/1991

Fig. 7 - Variação temporal das concentrações médias de nitrito no Reservatório de Barra Bonita.

Os valores de nitrito são extremamente baixos no Corpo do reservatório e elevados nos braços do Piracicaba e do Tietê, o que permite reforçar a hipótese de que sua concentração é mais em função das descargas de poluentes no reservatório do que um reflexo das variações sazonais de precipitação, ventos e temperatura. Como a descarga de efluentes de origem industrial e doméstica não varia sazonalmente, seu impacto sobre as concentrações de nitrito é relativamente constante ao longo do tempo.

Com relação ao nitrato (NO_3), que ocorre em concentrações mais elevadas, observa-se uma maior estabilidade dos valores ao longo do tempo. O menor valor médio para o reservatório é apenas cinco vezes inferior ao maior valor médio, enquanto que para o Nitrito esse fator é de vinte e quatro.

À semelhança do que ocorre com o nitrito, as concentrações médias de nitrato também não apresentam uma forte componente de sazonalidade. Os valores médios mínimos de nitrato também ocorrem em fevereiro como os de nitrito. A análise da tabela 9, com as vazões afluentes e defluentes mensais, indica que, em fevereiro de 1990, houve uma redução atípica da vazão afluente no reservatório, o que pode ter representado uma menor descarga de poluentes no reservatório, desde que estes representam a contribuição de toda a bacia montante. Com a diminuição da vazão, há o aumento do tempo de percurso das cargas poluidoras até o reservatório. As maiores vazões afluentes em janeiro, e conseqüentemente maiores vazões defluentes, podem determinar uma redução do tempo de residência da água no reservatório, e com isto provocar um deplecionamento momentâneo nos níveis de concentração dos nutrientes (Calijuri, 1988), o que explicaria os valores baixos em fevereiro.

Na Figura 8 pode-se observar que os níveis de nitrato se mantiveram elevados durante todo o ano de 1990. Ao contrário do nitrito, o nitrato apresenta menor variabilidade espacial quando considerados os compartimentos do reservatório. A comparação das curvas permite verificar que a tendência temporal é semelhante em todos os compartimentos do reservatório. Apenas há diferenças quanto à magnitude das concentrações, que são menores no Corpo do reservatório. As maiores concentrações novamente ocorrem no braço do Tietê que abrange uma região de transbordamento das atividades da Grande São Paulo e que portanto possui um elevado potencial de aporte de nutrientes para o reservatório. Os valores médios do braço do Tietê encontram-se sempre acima de $1000\mu\text{g/l}$.

TABELA 9 - VAZÃO AFLUENTE E DEFLUENTE NO RESERVATÓRIO DA UHE BARRA BONITA

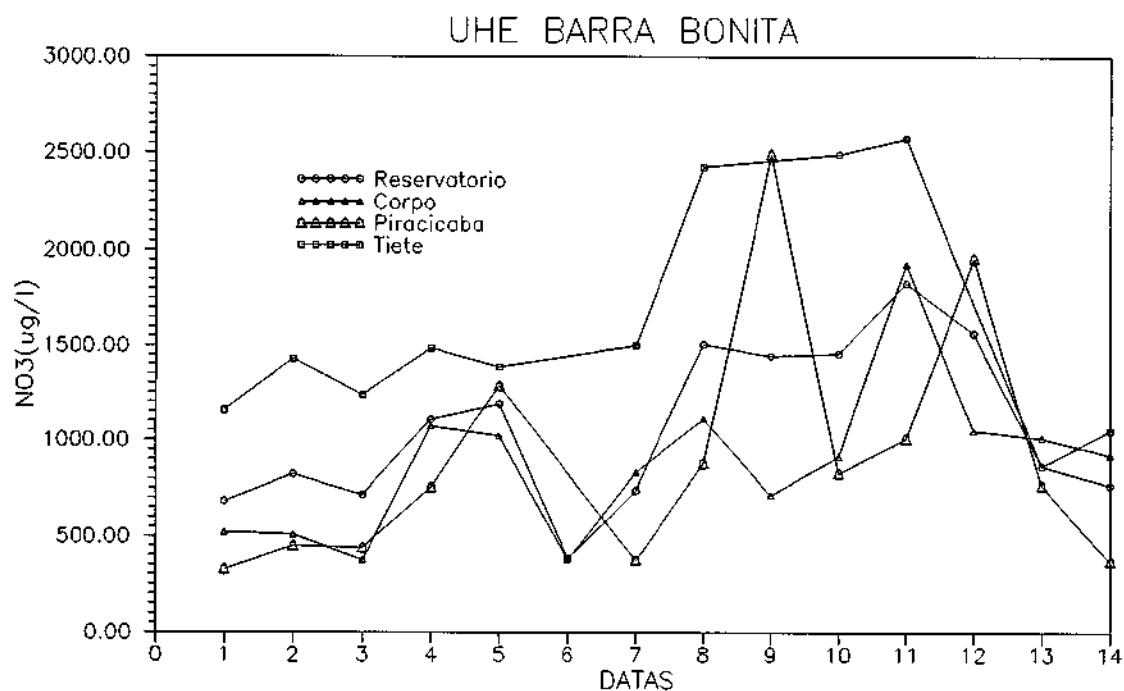
MÊS	1 9 8 8		1 9 8 9		1 9 9 0	
	DEFLUENTE	AFLUENTE	DEFLUENTE	AFLUENTE	DEFLUENTE	AFLUENTE
JAN	534	512	1139	1162	1023	1012
FEV	460	585	1006	1133	282	330
MAR	606	843	423	582	209	536
ABR	404	464	221	357	215	266
MAI	408	417	270	228	237	233
JUN	515	479	252	214	174	164
JUL	342	234	299	237	261	270
AGO	336	172	414	395	272	202
SET	324	136	299	234	318	206
OUT	269	267	314	168	358	238
NOV	305	285	245	210	361	252
DEZ	278	342	232	244	265	247

Quanto ao nitrogênio amoniacal (NH_4), as médias para o reservatório variaram entre 9,49 $\mu\text{g/l}$, em fevereiro de 1990, e 492,13 $\mu\text{g/l}$, em julho de 1990. Os valores médios de NH_4 em 1989 foram mais baixos que os valores médios de 1990. A análise da tabela 6 indica também uma ampla variabilidade espacial na ocorrência de NH_4 no reservatório. Esta variabilidade pode ser visualizada na figura 9 que mostra a variação das concentrações médias de NH_4 para todo o reservatório e para os três compartimentos.

Os maiores valores de NH_4 são também encontrados no braço do Tietê. Estes valores são muito altos quando comparados com os valores encontrados por Calijuri (1988) cujos máximos (70 $\mu\text{g/l}$) são 8,5 vezes menores que os valores médios determinados em janeiro de 1991. A concentração elevada de amônia no braço do Tietê é mais um indicador de poluição por compostos orgânicos visto que resulta da decomposição do material orgânico por bactérias heterotróficas (Wetzel, 1975).

Quando se analisam as médias de nitrogênio total no reservatório de Barra Bonita (Tabela 6), observa-se também uma grande amplitude de variação ao longo do tempo. Em geral as concentrações excedem a 1500 $\mu\text{g/l}$ durante todo o período estudado, com exceção dos meses de fevereiro e março de 1990. Estes valores colocariam o reservatório na categoria de "permanentemente eutrófico", segundo os limites propostos por Rast et al. (1989). A análise dos desvios padrão do nitrogênio total (Tabela 6) indica claramente a variabilidade espacial deste componente do sistema aquático. A Figura 10

permite avaliar a variabilidade espacial do nitrogênio total.

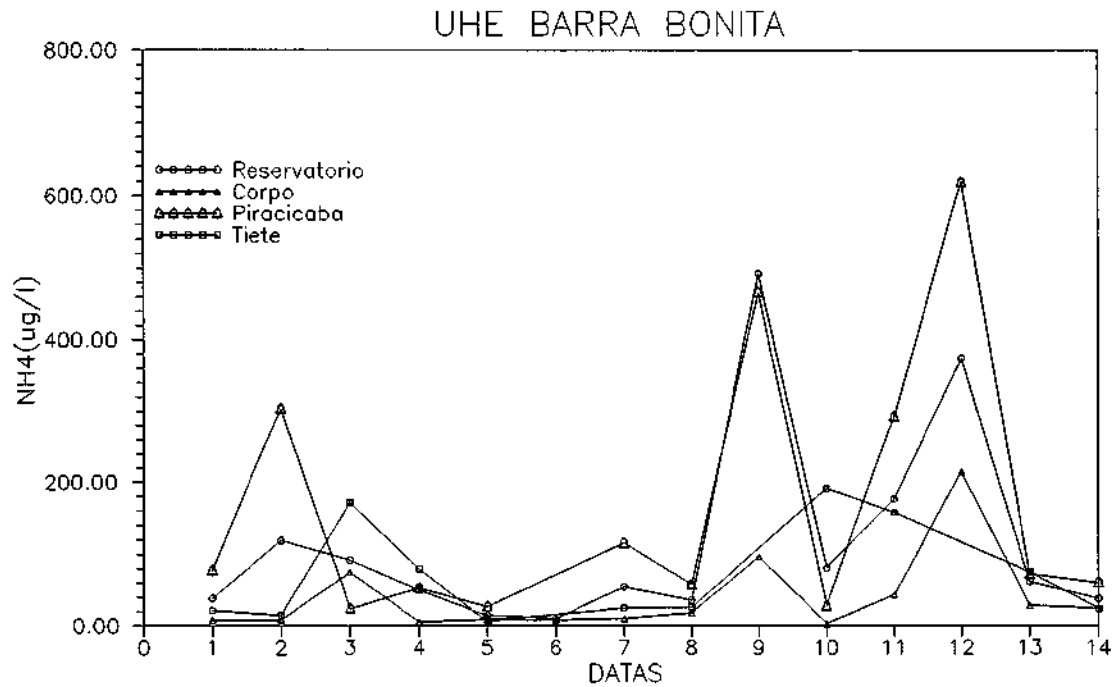


Legenda

Código Data

01 > 04/JUL/1989
 02 > 20/JUL/1989
 03 > 21/AGO/1989
 04 > 22/SET/1989
 05 > 27/DEZ/1989
 06 > 13/FEV/1990
 07 > 01/MAR/1990
 08 > 17/MAR/1990
 09 > 23/JUL/1990
 10 > 08/AGO/1990
 11 > 28/NOV/1990
 12 > 31/JAN/1991
 13 > 16/FEV/1991
 14 > 30/MAR/1991

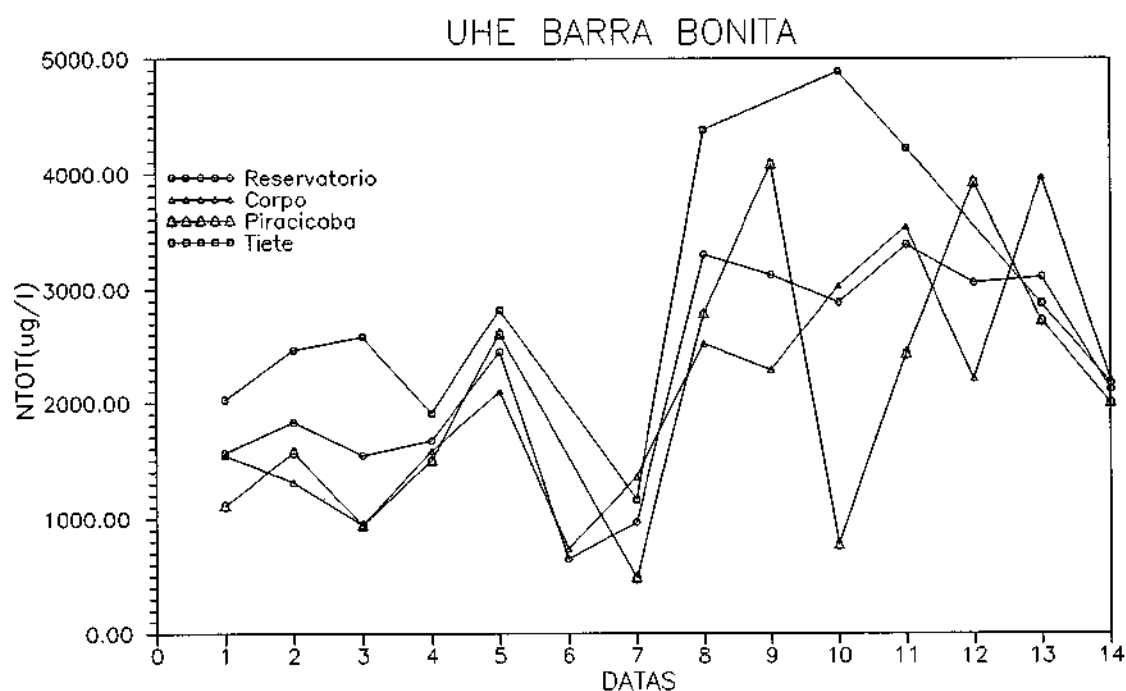
Fig. 8 - Variação temporal nas concentrações médias de nitrato no Reservatório de Barra Bonita.



Legenda

Código	Data
01 >	04/JUL/1989
02 >	20/JUL/1989
03 >	21/AGO/1989
04 >	22/SET/1989
05 >	27/DEZ/1989
06 >	13/FEV/1990
07 >	01/MAR/1990
08 >	17/MAR/1990
09 >	23/JUL/1990
10 >	08/AGO/1990
11 >	28/NOV/1990
12 >	31/JAN/1991
13 >	16/FEV/1991
14 >	30/MAR/1991

Fig. 9 - Variação temporal nas concentrações médias de NH_4 no Reservatório da UHE Barra Bonita.



Legenda

Código Data

01 > 04/JUL/1989
 02 > 20/JUL/1989
 03 > 21/AGO/1989
 04 > 22/SET/1989
 05 > 27/DEZ/1989
 06 > 13/FEV/1990
 07 > 01/MAR/1990
 08 > 17/MAR/1990
 09 > 23/JUL/1990
 10 > 08/AGO/1990
 11 > 28/NOV/1990
 12 > 31/JAN/1991
 13 > 16/FEV/1991
 14 > 30/MAR/1991

Fig. 10 - Variação temporal das concentrações médias de nitrogênio total no Reservatório da UHE Barra Bonita.

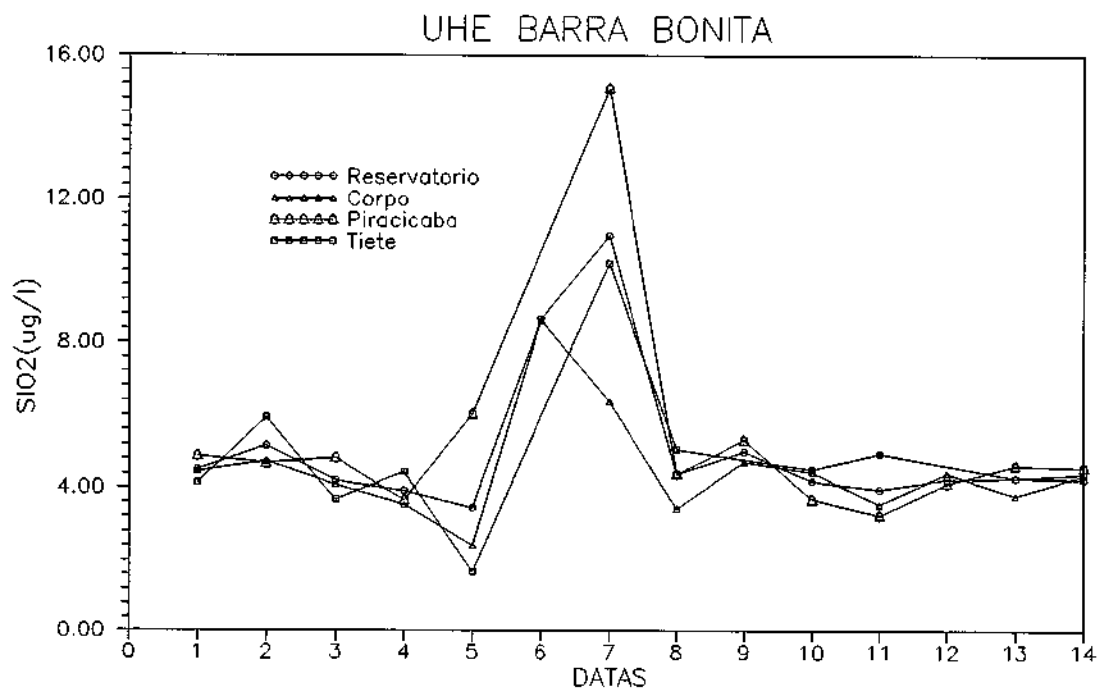
A tendência temporal e espacial do Nitrogênio Total é bastante semelhante a dos seus componentes. Ao contrário do que ocorre com seus componentes, as menores concentrações de nitrogênio total não estão no corpo do reservatório mas, sim, no

Braço do Piracicaba. No Braço do Tietê esta variável atinge valores muito altos em quase todo o período estudado, tendo alcançado um valor máximo de 4.500mg/l em agosto de 1990.

b) Sílica

Se as diferentes formas de nitrogênio variaram amplamente ao longo do período estudado, o mesmo não ocorreu com a sílica biogênica (SiO_2) que se manteve em concentrações baixas, com exceção dos meses de fevereiro e março de 1990. A sílica biogênica está associada ao fitoplâncton (Esteves, 1988). Ela está principalmente ligada à presença de diatomáceas (Wetzel, 1975) e pode ter um papel importante na produtividade dos sistemas aquáticos. Embora Wetzel (1975) aponte variações sazonais nas concentrações de sílica em função de variações de temperatura e pH da água, estas parecem não ter ocorrido no período estudado.

Um aspecto interessante em relação às concentrações de sílica é (Tabela 6) que elas apresentam pequena dispersão espacial, evidenciada pelos valores baixos dos desvios padrão. A Figura 11 permite verificar que em todo o reservatório as concentrações deste componente são bastante semelhantes. Este não é um elemento que permita diferenciar as massas de água do reservatório. Esta característica de elevada homogeneidade dos ecossistemas aquáticos brasileiros quanto à concentração de sílica já fora mencionada por Esteves (1988). Segundo o autor, isto resulta da abundância deste elemento nos solos tropicais.



Legenda

Código	Data
01 >	04/JUL/1989
02 >	20/JUL/1989
03 >	21/AGO/1989
04 >	22/SET/1989
05 >	27/DEZ/1989
06 >	13/FEV/1990
07 >	01/MAR/1990
08 >	17/MAR/1990
09 >	23/JUL/1990
10 >	08/AGO/1990
11 >	28/NOV/1990
12 >	31/JAN/1991
13 >	16/FEV/1991
14 >	30/MAR/1991

Fig. 11 - Variação temporal nas concentrações médias de SiO_2 no Reservatório da UHE Barra Bonita.

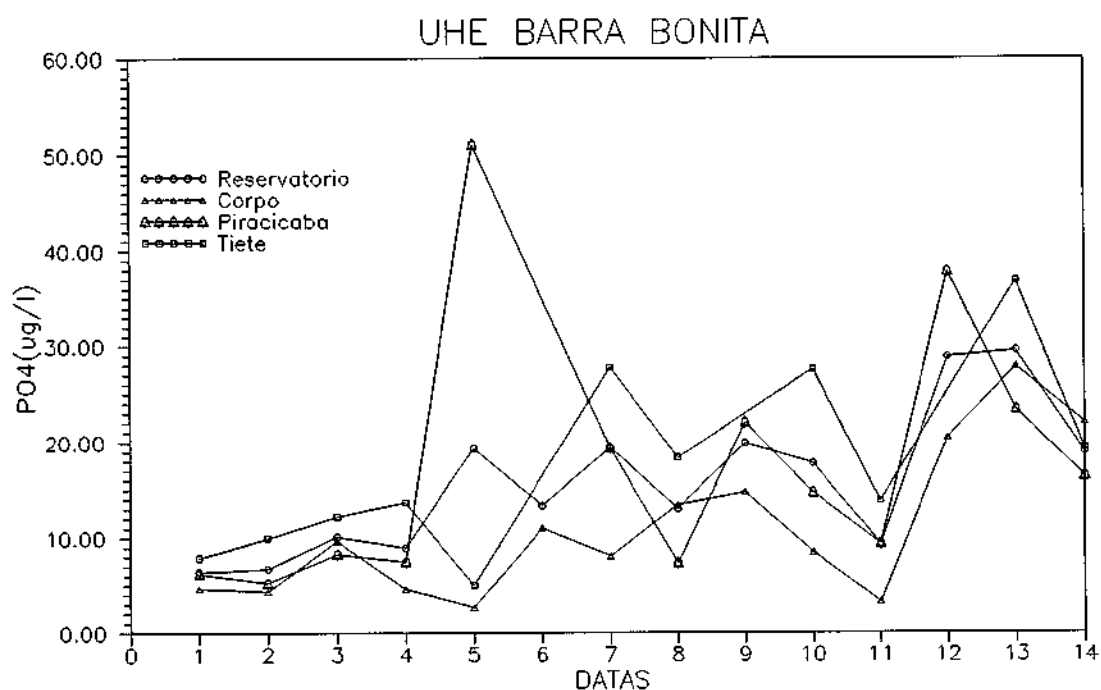
c) Formas de Fósforo

O fósforo, em suas diferentes formas, ocorre em baixas concentrações no Reservatório de Barra Bonita. Os compostos de fósforo, em geral, ocorrem em baixa concentração nas águas naturais podendo ter suas concentrações elevadas pela entrada de esgotos domésticos. O fósforo, em águas ricas em ferro e na presença de oxigênio, pode precipitar-se sob a forma de fosfato ferroso insolúvel reduzindo sua disponibilidade para o fitoplâncton (Branco, 1986; Esteves, 1988).

Com relação ao ortofosfato (PO_4), as concentrações variaram entre 6,43µg/l e 29,50µg/l ao longo do período estudado. No caso específico do fosfato, as maiores concentrações ocorreram no período chuvoso, indicando, talvez, que seu aporte para o reservatório esteja mais ligado ao escoamento superficial pelas encostas do que através de descargas pontuais de esgotos. O desvio padrão apresentado nas diferentes datas é, em geral, pequeno, indicando uma pequena variabilidade espacial.

As concentrações de PO_4 são ligeiramente maiores no braço do Tietê que nos demais compartimentos do reservatório (Figura 12). Mas, ao contrário dos demais nutrientes, o PO_4 apresenta variações temporais distintas quando se considera todo o reservatório e cada um dos compartimentos independentemente. Por exemplo, a maior concentração de PO_4 no Piracicaba se verificou em dezembro de 1989, enquanto que para o reservatório como um todo o maior valor ocorreu em janeiro de 1991. O comportamento do reservatório como um todo no tocante a este nutriente é bastante influenciado pelo comportamento do Braço do Tietê.

As concentrações de fosfato dissolvido são maiores que as de PO_4 , mas sua amplitude de variação ao longo do tempo é ligeiramente menor. À semelhança do ortofosfato, o fosfato dissolvido apresentou maiores concentrações no período chuvoso que no período seco. Os maiores valores médios para o reservatório se verificaram em março de 1990, janeiro de 1991 e fevereiro de 1991 (Figura 13). Esta mesma tendência pode ser observada no braço do Tietê, embora os valores médios sejam superiores ao da média do reservatório. O braço do Piracicaba, entretanto, apresenta tendência temporal totalmente diversa, com suas máximas concentrações localizadas em dezembro de 1989 e 1º de março de 1990. O corpo do reservatório sofre influência muito mais acentuada do comportamento químico do rio Tietê no tocante ao fosfato dissolvido.

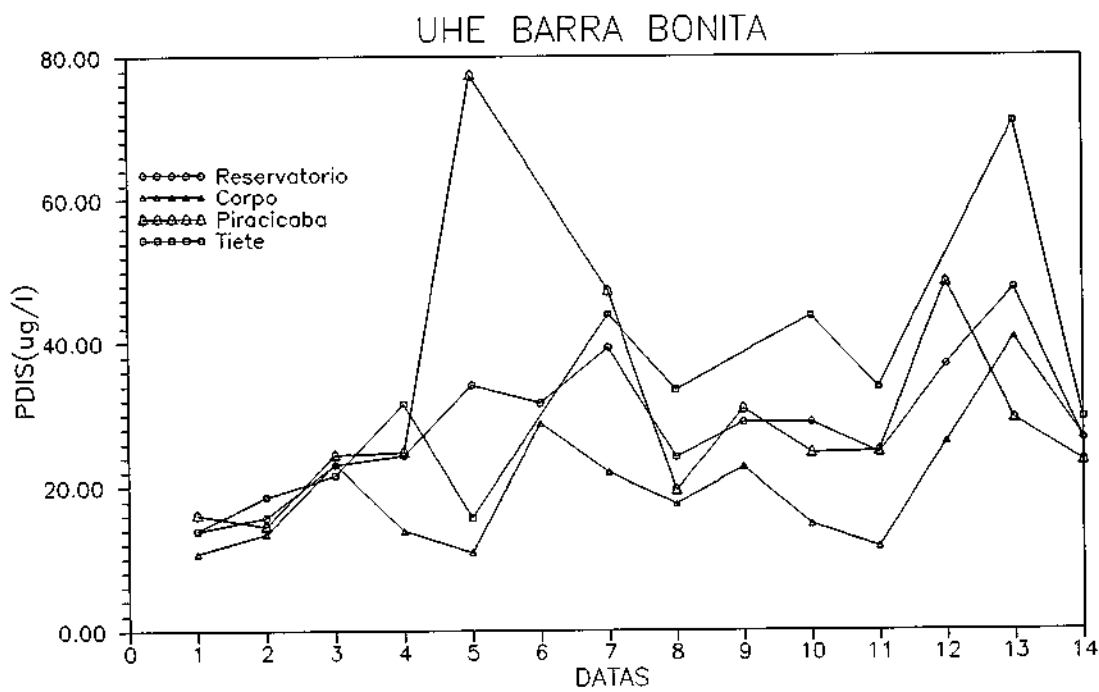


Legenda

Código Data

01 > 04/JUL/1989
 02 > 20/JUL/1989
 03 > 21/AGO/1989
 04 > 22/SET/1989
 05 > 27/DEZ/1989
 06 > 13/FEV/1990
 07 > 01/MAR/1990
 08 > 17/MAR/1990
 09 > 23/JUL/1990
 10 > 08/AGO/1990
 11 > 28/NOV/1990
 12 > 31/JAN/1991
 13 > 16/FEV/1991
 14 > 30/MAR/1991

Fig. 12 - Variação temporal das concentrações médias de PO₄ no Reservatório da UHE Barra Bonita.



Legenda

Código Data

01 > 04/JUL/1989
 02 > 20/JUL/1989
 03 > 21/AGO/1989
 04 > 22/SET/1989
 05 > 27/DEZ/1989
 06 > 13/FEV/1990
 07 > 01/MAR/1990
 08 > 17/MAR/1990
 09 > 23/JUL/1990
 10 > 08/AGO/1990
 11 > 28/NOV/1990
 12 > 31/JAN/1991
 13 > 16/FEV/1991
 14 > 30/MAR/1991

Fig. 13 - Variação temporal das concentrações médias de fosfato dissolvido no Reservatório da UHE de Barra Bonita.

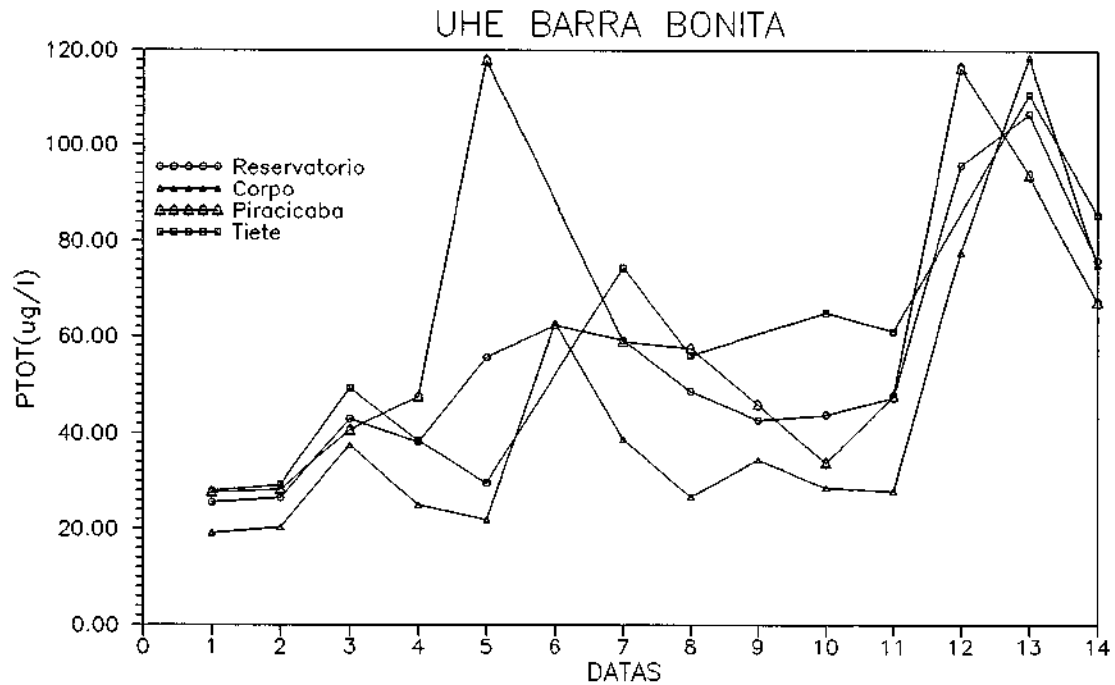
Os valores médios de fósforo total (Tabela 6) para o Reservatório de Barra Bonita variaram

entre 24µg/l e 106µg/l, valores bastante elevados que colocam o reservatório, por todo o período estudado, na categoria de eutrófico. Os valores de fósforo total obtidos por Calijuri (1988) foram bastante inferiores àqueles encontrados em 1989 e 1990. A ocorrência de valores maiores em 1990 que em 1989, os quais, por sua vez, foram maiores do que os determinados por Calijuri (1988), poderia sugerir que esteja havendo um processo de aumento do nível trófico médio do reservatório desde aquela época. Como os locais de amostragem neste trabalho foram diversos dos utilizados por Calijuri (1988), esta hipótese deverá ser revista em trabalhos posteriores. A distribuição espacial do fósforo total também se apresentou bastante homogênea, havendo uma distribuição equitativa de concentrações entre os compartimentos, conforme pode ser observado pela análise da Figuras 14.

As concentrações médias no Reservatório de Barra Bonita aumentaram gradualmente entre julho de 1989 e março de 1990, para diminuírem entre março e novembro de 1990. Entretanto, os níveis do período seco de 1990 são mais altos que os níveis do mesmo período de 1989. Os valores máximos ocorreram entre janeiro de 1991 e março de 1991.

Este mesmo comportamento pode ser observado no Braço do Tietê, apenas com amplitudes maiores entre os valores mínimos e máximos de concentração de fósforo total.

No Braço do Piracicaba observa-se novamente um aumento nas concentrações de fósforo total em dezembro de 1989, tendência esta não observável na represa como um todo ou no braço do Tietê. Este comportamento faz com que, em termos relativos, o rio Piracicaba apresente diminuição do nível de fósforo de 1989 para 1990, em oposição à tendência geral do reservatório (Figura 37). O corpo do reservatório tem um comportamento semelhante ao do braço do Tietê, mas com níveis de concentração extremamente mais baixos.



Legenda

Código Data

01 > 04/JUL/1989
 02 > 20/JUL/1989
 03 > 21/AGO/1989
 04 > 22/SET/1989
 05 > 27/DEZ/1989
 06 > 13/FEV/1990
 07 > 01/MAR/1990
 08 > 17/MAR/1990
 09 > 23/JUL/1990
 10 > 08/AGO/1990
 11 > 28/NOV/1990
 12 > 31/JAN/1991
 13 > 16/FEV/1991
 14 > 30/MAR/1991

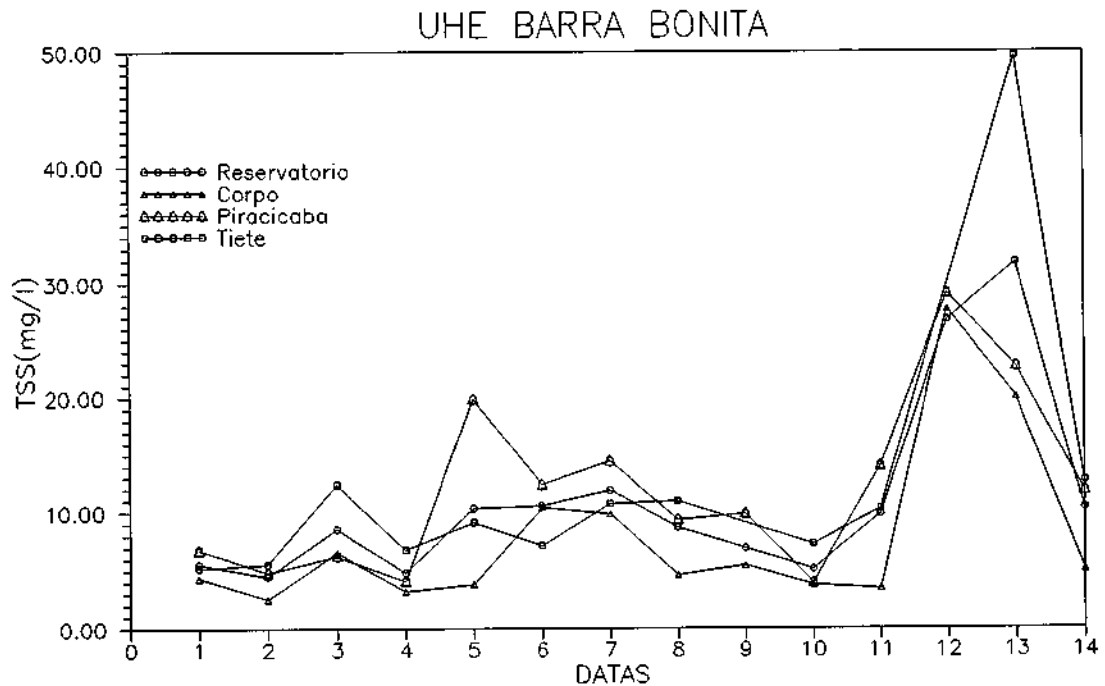
Fig.14 - Variação temporal das concentrações médias de fósforo total no Reservatório da UHE de Barra Bonita.

3.1.2 - Componentes Opticamente Ativos

A análise da tabela 6 permite verificar que as concentrações dos sólidos totais em suspensão na água (TSS) apresentam uma acentuada variação sazonal. De julho a setembro de 1989 as concentrações oscilaram entre 4,49mg/l e 8,58mg/l, enquanto no verão, os valores de concentração se encontraram entre 10,36mg/l e 11,89mg/l. Um aspecto interessante ressaltado pelos desvios padrão é que no período seco (inverno) há menor variabilidade espacial nos dados, enquanto que no período chuvoso (verão) há grande dispersão dos dados em torno dos valores médios. Esta tendência também se verifica em relação ao Inverno de 1990 e o Verão de 1990/1991. A principal diferença entre os dois anos é o aumento nas concentrações médias de TSS principalmente no Verão de 90/91. Como os dados de precipitação disponíveis não sugerem aumento significativo nos totais de precipitações de um ano para outro, outras variáveis ambientais deverão ser consideradas futuramente.

Quando se analisa a tendência do reservatório como um todo (Figura 15), percebe-se mais claramente o aumento das concentrações no Verão de 1990/1991. Em fevereiro de 90, a concentração média de TSS para todo o reservatório era da ordem de 10mg/l enquanto que em fevereiro de 1991 esta concentração atingiu cerca de 31mg/l. No braço do rio Tietê, esta componente sazonal não é tão acentuada nos dois anos estudados. O mês de agosto de 1989 apresenta concentrações de TSS maiores do que aquelas verificadas entre dezembro de 1989 e março de 1990. Mas em 1990/1991 o efeito sazonal sobre as concentrações pode ser observado claramente. Quando se considera apenas os valores médios de TSS para o Braço do Piracicaba, o padrão sazonal torna-se bem definido. Neste braço do reservatório o TSS parece responder claramente às variações de precipitação na bacia, com máximos de Verão e mínimos de Inverno. Aí também as diferenças interanuais são bem menores que no braço do Tietê.

O corpo central do Reservatório responde de modo semelhante ao do reservatório como um todo, apenas apresentando concentrações médias muito mais baixas (entre 5mg/l e 20mg/l).



Legenda

Código Data

01 > 04/JUL/1989
 02 > 20/JUL/1989
 03 > 21/AGO/1989
 04 > 22/SET/1989
 05 > 27/DEZ/1989
 06 > 13/FEV/1990
 07 > 01/MAR/1990
 08 > 17/MAR/1990
 09 > 23/JUL/1990
 10 > 08/AGO/1990
 11 > 28/NOV/1990
 12 > 31/JAN/1991
 13 > 16/FEV/1991
 14 > 30/MAR/1991

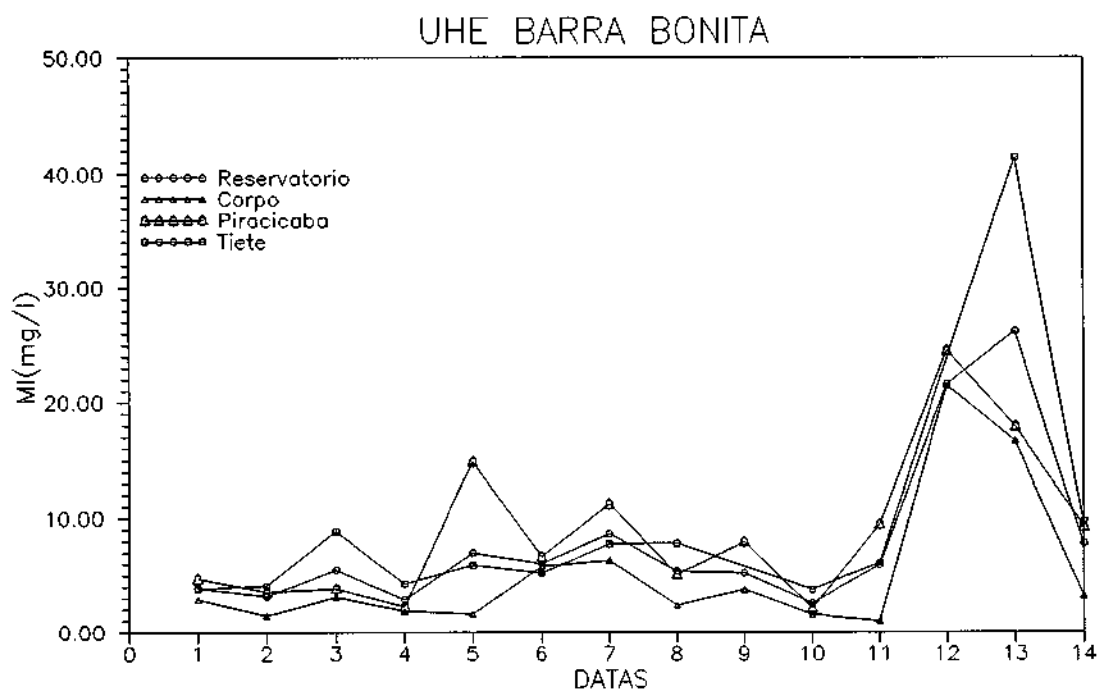
Fig. 15 - Variação temporal das concentrações médias de sólidos totais em suspensão no Reservatório de Barra Bonita.

Como o TSS se compõe de uma fração orgânica de origem autóctone (plâncton e detritos associados) e alóctone (partículas orgânicas carregadas do ecossistema terrestre) e de uma fração inorgânica de origem predominantemente alóctone (sedimentos ressuspensos ou carregados pelos rios), estas frações do TSS também foram analisadas separadamente.

Na Tabela 6 pode-se observar que a variação temporal da concentração média da matéria inorgânica em suspensão na água (MI) para todo o reservatório apresenta tendência semelhante à do TSS, ou seja, valores baixos no Inverno e altos no Verão; grande dispersão dos dados em torno da média no Verão e pequena dispersão dos dados no Inverno.

Quando se analisa a variação temporal do MI no reservatório como um todo (Figura 16) e nos seus diferentes compartimentos, verifica-se que o braço do Tietê contribui com o maior volume de material inorgânico encontrado no reservatório, apresentando concentrações que atingem cerca de 40mg/l. A contribuição do braço do Piracicaba para as concentrações médias do reservatório é bem menor, mas mesmo assim, imprime o efeito de sazonalidade ao comportamento do reservatório como um todo. A concentração de MI no corpo do reservatório é baixa e também sujeita a variações sazonais.

A concentração média de material orgânico (MO) no reservatório de Barra Bonita (Tabela 6) é baixa ao longo de todo o período analisado, variando entre 1mg/l e 5mg/l, aproximadamente. Não há também diferenças acentuadas entre os meses secos e chuvosos, podendo ser encontrados valores mais baixos (3mg/l) em dezembro (chuvoso) ou agosto (seco).



Legenda

Código Data

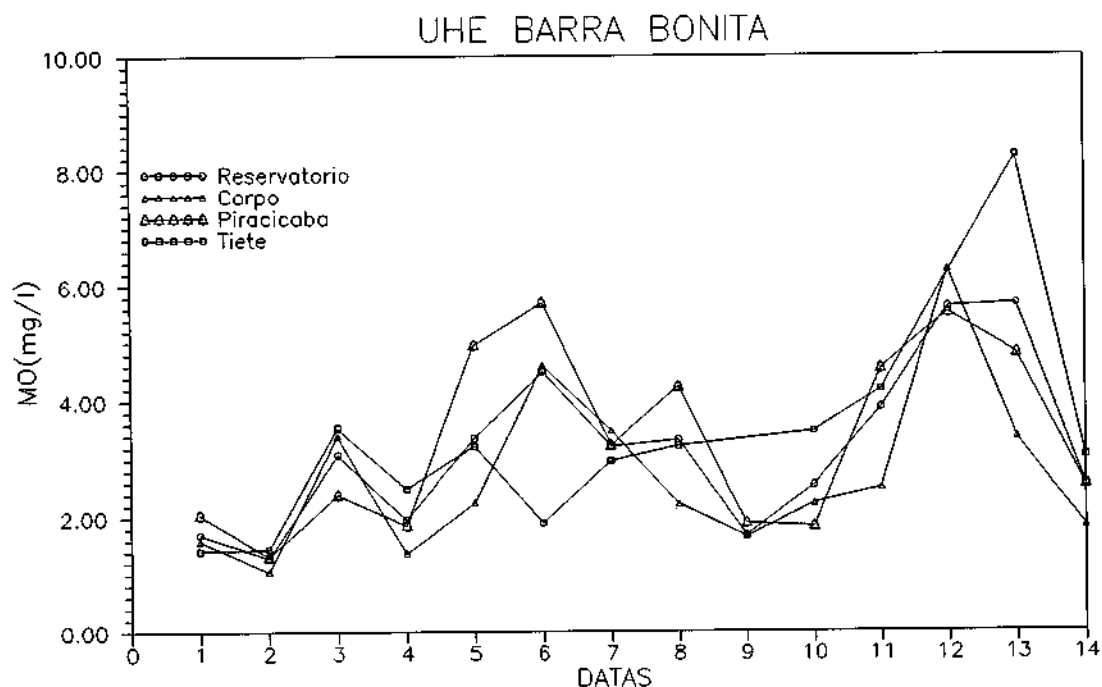
01 > 04/JUL/1989
 02 > 20/JUL/1989
 03 > 21/AGO/1989
 04 > 22/SET/1989
 05 > 27/DEZ/1989
 06 > 13/FEV/1990
 07 > 01/MAR/1990
 08 > 17/MAR/1990
 09 > 23/JUL/1990
 10 > 08/AGO/1990
 11 > 28/NOV/1990
 12 > 31/JAN/1991
 13 > 16/FEV/1991
 14 > 30/MAR/1991

Fig. 16 - Variação temporal das concentrações médias de MI no Reservatório da UHE Barra Bonita.

À semelhança do que ocorre com o MI, o braço do Tietê apresenta as maiores concentrações de MO, contribuindo para o aumento da média da represa. Enquanto as médias da represa oscilam entre 1mg/l e 5mg/l ao longo do período estudado (Figura 17), no braço do rio Tietê, estas médias são bem maiores, oscilando entre 2mg/l e 9mg/l. No rio Tietê também não se observa, de forma muito clara, o impacto da variação sazonal das chuvas sobre as concentrações de MO, havendo sim, uma tendência de aumento das concentrações de agosto de 1990 a fevereiro de 1991. Esta tendência não é observada no rio Piracicaba cuja variação nas concentrações médias de MO acompanham a variação das precipitações. Em relação às amplitudes das concentrações encontradas no Piracicaba, observa-se que este braço reproduz o comportamento médio do reservatório, com valores médios ligeiramente maiores. Quanto ao MO, o corpo do reservatório apresenta-se semelhante ao Piracicaba, e com concentrações bem próximas à média do reservatório.

A análise da Tabela 6 permite verificar que a concentração média de clorofila total no reservatório da UHE Barra Bonita não acompanha o regime de precipitações. De agosto de 1989 a março de 1990 as concentrações médias no reservatório se mantiveram num patamar elevado e relativamente constante, embora tenha havido uma mudança significativa neste período, entre vazão afluente e defluente, e portanto, no tempo de residência do reservatório. Por outro lado, as concentrações de clorofila, no período de janeiro a março de 1991, foram bastante baixas se for levada em consideração a disponibilidade de nutrientes no reservatório. Esta tendência pode estar associada à grande quantidade de MI em suspensão, que torna a luz, um fator limitante para a fotossíntese (Calijuri, 1988). Outra tendência observável na Tabela 6 é a grande dispersão dos dados de clorofila nos meses de alta concentração, indicando que esta não se encontra distribuída uniformemente no reservatório.

Ao se comparar os diferentes compartimentos do reservatório quanto às concentrações de clorofila, observa-se que os maiores valores são encontrados no Braço do Tietê. Enquanto as médias no reservatório oscilam entre 5µg/l e 20µg/l (Figura 17), no braço do Tietê elas atingem valores de até 25µg/l. Os máximos no Tietê também não coincidem com as médias máximas do reservatório. Os máximos no Tietê ocorrem entre agosto e dezembro de 1989, enquanto que no reservatório como um todo estes valores elevados se mantêm até março de 1990.



Legenda

Código Data

01 > 04/JUL/1989
 02 > 20/JUL/1989
 03 > 21/AGO/1989
 04 > 22/SET/1989
 05 > 27/DEZ/1989
 06 > 13/FEV/1990
 07 > 01/MAR/1990
 08 > 17/MAR/1990
 09 > 23/JUL/1990
 10 > 08/AGO/1990
 11 > 28/NOV/1990
 12 > 31/JAN/1991
 13 > 16/FEV/1991
 14 > 30/MAR/1991

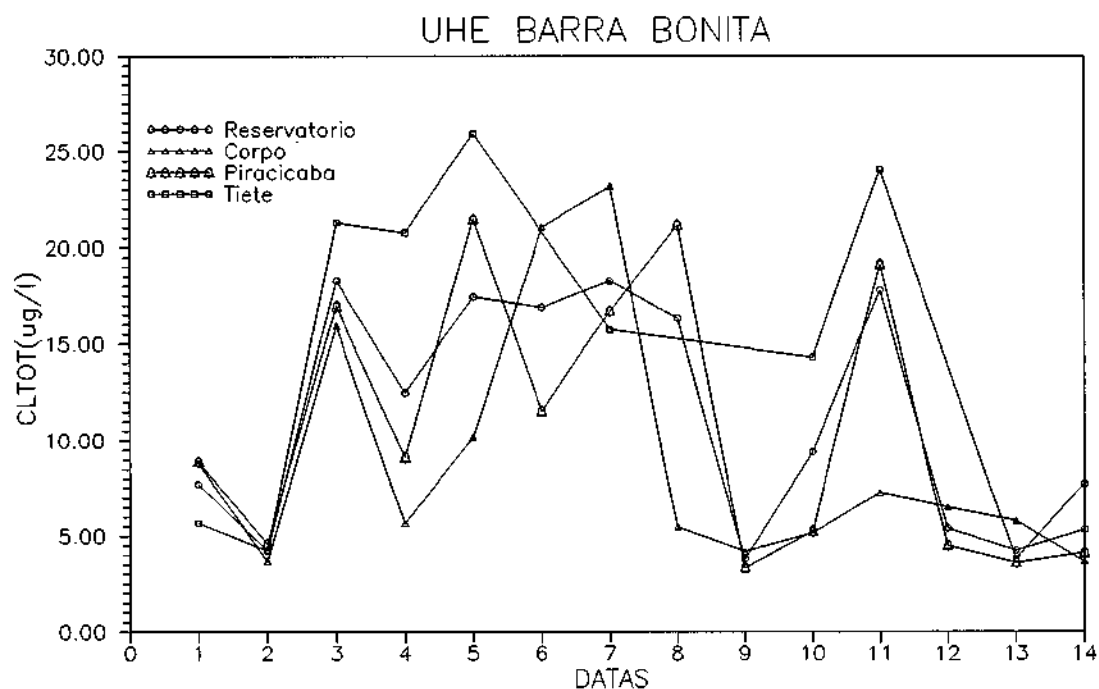
Fig. 17 - Variação temporal das concentrações médias de MO no Reservatório da UHE Barra Bonita.

No Braço do Piracicaba, a variação temporal das concentrações de clorofila é totalmente diversa (Figura 18). A concentração de clorofila aumenta de julho para agosto de 1989, diminui em setembro e volta a aumentar em dezembro. Em março a concentração se mantém elevada (20mg/l) decrescendo até 5mg/l em julho e agosto de 1990. Em novembro de 1990 apresenta valores elevados e volta a apresentar valores baixos de janeiro a março de 1991. A tendência encontrada no corpo do reservatório é totalmente diversa daquela observada no reservatório como um todo e nos braços individualmente. Os valores máximos de concentração ocorreram em agosto de 1989 e fevereiro e março de 1990. Nos demais meses os valores são extremamente baixos.

A análise da Tabela 6 mostra que os valores de profundidade Secchi (SEC) variaram pouco durante o período estudado. Os valores médios para a represa como um todo estiveram entre 0,21m e 1,32m. Estes valores de profundidade Secchi permitem classificar o reservatório como eutrófico segundo os limites propostos pela OECD (Rast et al., 1989). Os valores médios de SEC tendem a ser maiores no período seco (julho a setembro), e menores no período chuvoso (Figura 19).

3.2 - A VARIABILIDADE ESPACIAL E TEMPORAL DAS VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS

As Tabelas 10, 11 e 12 apresentam os valores de média e desvio padrão referentes a cada um dos compartimentos do reservatório: o corpo central, o Braço do rio Piracicaba e o Braço do rio Tietê.

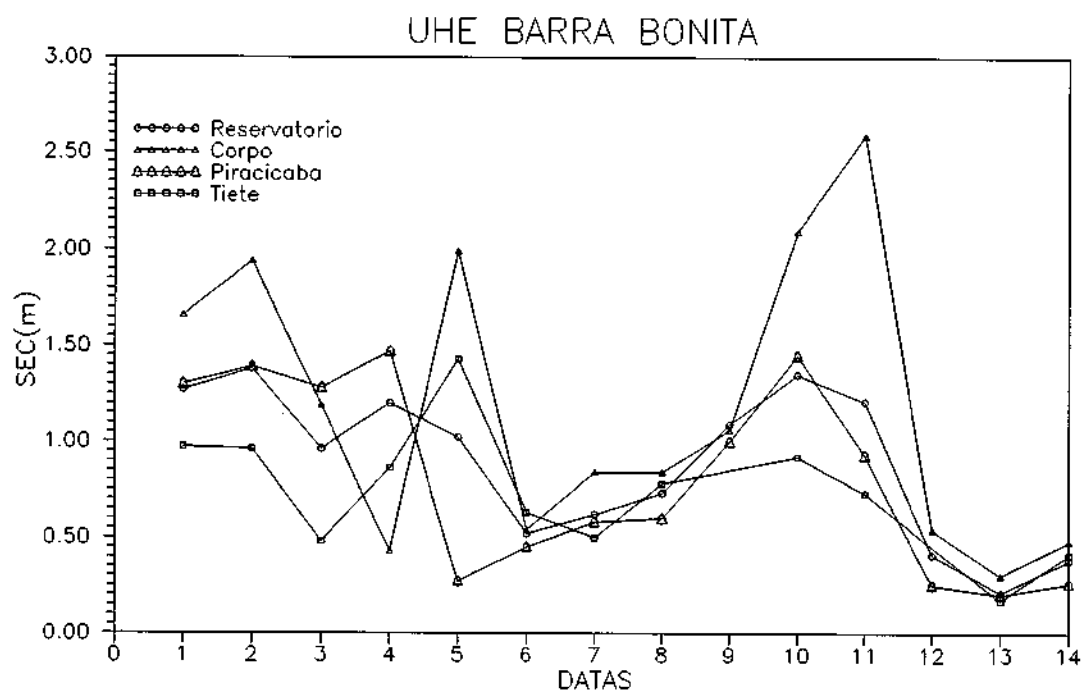


Legenda

Código Data

01 > 04/JUL/1989
 02 > 20/JUL/1989
 03 > 21/AGO/1989
 04 > 22/SET/1989
 05 > 27/DEZ/1989
 06 > 13/FEV/1990
 07 > 01/MAR/1990
 08 > 17/MAR/1990
 09 > 23/JUL/1990
 10 > 08/AGO/1990
 11 > 28/NOV/1990
 12 > 31/JAN/1991
 13 > 16/FEV/1991
 14 > 30/MAR/1991

Fig. 18 - Variação temporal das concentrações médias de clorofila total no Reservatório da UHE Barra Bonita.



Legenda

Código Data

01 > 04/JUL/1989
 02 > 20/JUL/1989
 03 > 21/AGO/1989
 04 > 22/SET/1989
 05 > 27/DEZ/1989
 06 > 13/FEV/1990
 07 > 01/MAR/1990
 08 > 17/MAR/1990
 09 > 23/JUL/1990
 10 > 08/AGO/1990
 11 > 28/NOV/1990
 12 > 31/JAN/1991
 13 > 16/FEV/1991
 14 > 30/MAR/1991

Fig. 19 - Variação temporal das concentrações médias de profundidade Secchi no Reservatório da UHE Barra Bonita.

**TABELA 10 - MÉDIAS E DESVIOS PADRÃO DE VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS RELATIVAS ÀS ESTAÇÕES AMOSTRAIS
DO CORPO CENTRAL DO RESERVATÓRIO DE BARRA BONITA**

DATA	NO2 ul/g		NO3 ul/g		SiO2 ul/g		PO4 ul/g		EDIS ul/g		PTOT ul/g		NH4 ul/g		NUT ul/g		TSS mg/l		M1 mg/l		M2 mg/l		CLTOT ug/l		TEMP °C		SEC m	
	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD
04/07/89	1.24	0.18	521.19	39.43	4.45	0.39	4.68	0.38	10.72	0.39	19.11	0.61	7.50	3.08	1546.63	282.29	4.37	0.59	2.90	0.50	1.59	0.32	8.85	1.50	19.69	0.61	1.66	0.35
20/07/89	3.81	0.87	508.91	84.38	4.74	0.14	4.35	1.23	13.44	1.32	20.29	1.98	8.06	2.97	1315.00	153.06	2.53	0.57	1.46	0.31	1.05	0.32	3.68	1.21	18.09	0.59	1.94	0.16
21/08/89	7.88	3.19	375.16	175.20	4.07	0.14	9.69	5.14	23.17	9.72	37.46	12.52	7.59	62.35	946.26	920.45	6.53	0.68	3.14	0.83	3.40	0.59	15.92	4.89	20.04	0.65	1.19	0.32
22/09/89	11.26	5.98	4070.60	121.46	3.52	0.18	4.58	1.14	13.84	2.80	24.93	1.40	5.37	2.04	1583.55	194.11	3.21	0.59	1.87	0.47	1.37	0.21	5.66	1.72	20.75	1.30	0.43	0.21
27/12/89	10.12	1.51	4020.04	51.87	2.40	0.17	2.65	0.63	10.90	0.69	21.86	1.41	9.36	8.16	2099.96	229.92	3.85	0.52	1.61	0.58	2.25	0.15	10.18	1.56	24.64	1.22	1.99	0.10
13/02/90	5.32	1.19	376.54	236.93	8.62	1.42	11.00	2.67	28.88	6.24	62.91	9.45	7.68	2.49	739.05	1011.17	10.42	2.37	5.83	1.25	4.59	1.63	21.05	9.73	28.40	0.05	0.54	0.06
01/03/90	4.34	0.96	833.44	59.55	6.37	1.32	8.04	1.53	22.00	1.98	38.72	6.30	9.55	3.07	1365.82	565.84	9.83	2.23	6.35	1.43	3.48	0.85	23.19	3.32	28.03	1.13	0.84	0.08
17/07/90	6.07	0.89	1111.64	176.00	3.42	0.75	13.38	4.43	17.60	1.02	26.68	5.10	17.50	3.22	2520.77	251.92	4.62	0.54	2.40	0.27	2.22	0.52	5.47	1.12	29.10	13.25	0.84	0.14
23/07/90																												
08/08/90	2.62	0.61	914.27	122.83	4.43	0.48	8.45	1.04	14.73	1.29	28.56	5.33	2.44	1.90	3033.10	1568.16	3.77	1.62	1.54	0.59	2.23	1.16	5.17	0.99	19.80	1.33	2.09	0.29
28/01/90	26.27	4.70	4931.00	105.00	3.53	0.45	3.20	1.63	11.59	2.31	27.96	11.88	42.59	23.22	3540.51	669.53	3.47	1.54	0.97	0.96	2.50	0.85	7.26	1.22	28.42	0.61	2.59	0.32
31/01/91																												
16/02/91	5.65	4.54	1011.35	188.09	3.77	0.40	27.83	9.07	40.63	16.62	118.63	20.88	28.27	16.12	3974.54	955.22	19.99	10.60	16.63	9.91	3.36	0.75	5.79	3.52	27.26	0.67	0.30	0.08
30/03/91	3.79	0.48	922.66	198.74	4.34	0.30	22.03	1.28	26.83	3.02	75.10	6.99	23.86	14.10	2211.15	223.31	5.04	1.03	3.21	1.09	1.83	0.49	3.68	1.80	27.11	0.39	0.48	0.06

TABELA 11 - MÉDIAS E DESVIOS PADRÃO DE VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS RELATIVAS ÀS ESTAÇÕES AMOSTRAIS DO BRAÇO DO RIO PIRACICABA DO RESERVATÓRIO DE BARRA BONITA

DATA	NO2 ug/l		NO3 ug/l		SiO2 ug/l		PO4 ug/l		PDIS ug/l		PTOT ug/l		NH4 ug/l		MTOT ug/l		TSS mg/l		MI mg/l		MO mg/l		CLTOT ug/l		TEMP °C		SEC m	
	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD
04/07/89	5.81	6.13	324.26	76.40	4.88	0.80	6.23	2.40	16.12	4.42	27.61	8.83	77.61	115.56	1113.07	215.99	6.77	1.81	4.72	1.55	2.05	0.43	8.91	1.87	19.80	0.43	1.30	0.5
20/07/89	6.88	6.48	448.95	133.43	4.67	0.59	5.24	1.16	14.52	3.58	28.19	8.63	303.59	483.49	1573.44	483.49	4.84	1.58	3.53	1.33	1.31	0.47	4.61	1.95	18.36	0.93	1.39	0.6
21/08/89	5.63	4.86	438.88	94.14	4.82	0.55	8.29	1.39	24.47	3.47	40.63	10.13	24.19	17.77	943.10	188.40	6.24	2.10	3.85	1.08	2.39	1.17	16.96	14.98	21.14	0.80	1.28	0.2
22/09/89	25.91	20.67	752.72	44.52	3.65	0.23	7.48	3.74	24.83	7.51	47.52	58.47	52.77	63.75	1501.01	228.72	4.13	1.53	2.26	0.97	1.86	0.65	9.13	2.90	22.77	0.39	1.47	0.5
27/12/89	24.92	4.68	1285.99	59.59	6.02	0.36	51.11	13.16	77.44	14.54	117.96	19.20	26.73	4.42	2609.80	199.09	19.84	8.23	14.89	6.20	4.95	2.08	21.46	16.17	24.68	0.23	0.27	0.0
13/02/90																	12.38	3.83	6.68	4.04	5.70	1.95			27.06	1.54	0.45	0.1
01/03/90	65.89	27.85	372.13	65.36	15.08	17.23	19.36	9.09	47.30	14.69	58.91	17.63	115.50	75.71	485.24	172.47	14.44	13.07	11.21	11.21	3.23	1.89	16.72	20.70	26.51	0.61	0.58	0.2
17/03/90	25.38	26.12	879.32	164.88	4.38	1.17	7.34	3.30	19.48	7.65	57.48	17.34	57.41	42.32	2791.24	471.12	9.33	4.42	5.10	3.37	4.23	1.82	21.17	12.28	28.87	0.62	0.60	0.2
23/07/90	9.93	11.55	714.65	142.94	4.72	0.81	14.69	6.85	22.70	9.26	34.43	11.17	95.90	138.17	2291.94	779.49	5.43	2.38	3.77	2.07	1.66	0.37	4.19	0.94	19.00	0.00	1.06	0.3
08/08/90	9.63	8.57	828.36	286.47	3.68	0.52	14.66	5.07	24.71	6.89	33.75	6.46	27.23	27.95	772.86	99.00	3.96	0.87	2.13	0.71	1.83	0.34	5.26	1.66	18.05	0.33	1.45	0.4
28/11/90	45.73	24.25	1006.70	98.58	3.24	0.86	9.35	9.60	24.88	18.36	47.67	26.23	292.02	365.43	2432.62	377.68	13.98	15.55	9.46	13.34	4.54	2.49	19.15	10.73	27.37	0.15	0.93	0.6
31/01/91	189.05	188.64	1051.13	142.90	4.40	0.39	20.45	9.37	26.24	9.38	77.72	28.42	213.98	143.76	2213.12	132.51	27.71	28.58	21.44	24.62	6.26	3.98	6.50	4.47	25.95	0.64	0.54	0.4
16/02/91	27.09	19.67	765.63	222.61	4.61	0.35	23.36	3.46	29.43	3.78	93.77	12.50	71.68	31.68	2726.52	219.44	22.70	5.88	17.91	4.70	4.79	1.23	3.60	1.58	26.85	0.57	0.20	0.0
30/03/91	11.40	10.47	368.03	35.09	4.56	0.34	16.39	2.31	23.50	2.48	67.16	8.16	59.97	24.82	2001.44	223.78	11.83	7.09	9.27	6.23	2.55	0.98	4.13	1.79	26.29	0.40	0.26	0.0

**TABELA 12 - MÉDIAS E DESVIOS PADRÃO DE VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS RELATIVAS ÀS ESTAÇÕES AMOSTRAIS
DO BRAÇO DO RIO TIETÊ DO RESERVATÓRIO DE BARRA BONITA**

DATA	NO2 ug/l		NO3 ug/l		SiO2 ug/l		PO4 ug/l		PDIS ug/l		PTOT ug/l		NH4 ug/l		NTOT ug/l		TSS mg/l		MI mg/l		MO mg/l		CLTOT ug/l		TEMP °C		SEC m	
	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD
04/07/89	14.62	18.01	1155.45	408.81	4.13	0.87	7.90	1.81	113.92	1.42	27.85	3.35	21.42	26.56	2030.55	243.03	5.24	1.36	3.82	1.24	1.42	0.57	5.67	2.24	19.69	0.97	0.97	0.29
20/07/89	10.83	9.91	1429.75	204.27	5.93	0.38	9.97	1.72	18.58	2.68	29.15	2.43	14.68	16.57	2465.36	499.17	5.57	1.06	4.12	1.52	1.45	0.51	4.25	2.19	20.00	0.59	0.96	0.22
21/08/89	9.91	14.39	1237.26	361.96	3.67	0.69	12.23	8.26	21.55	11.66	49.37	13.88	171.15	114.06	2584.28	905.40	12.41	2.63	8.08	2.11	3.54	0.80	21.28	13.45	21.88	0.93	0.48	0.15
22/09/89	79.92	59.49	1485.63	91.65	4.43	0.30	13.67	3.28	31.56	8.09	38.44	6.83	79.58	97.27	1910.12	259.81	6.78	1.39	4.28	1.45	2.49	0.90	20.75	15.50	22.80	1.07	0.86	0.26
27/12/89	8.94	1.24	1386.66	121.77	1.67	0.18	5.02	2.31	15.72	3.39	29.52	9.39	5.85	4.31	2823.73	362.39	9.14	4.83	5.93	3.39	3.22	1.44	25.95	14.08	25.28	0.16	1.43	0.43
13/02/90																	7.13	1.13	5.23	1.12	1.90	0.24	11.54	4.95	28.62	0.17	0.63	0.04
01/03/90	26.48	13.77	1503.86	322.20	10.20	1.57	27.75	7.83	43.93	9.63	74.37	11.14	24.99	13.77	1165.75	928.56	10.73	2.14	7.76	2.29	2.97	1.27	15.73	11.27	29.64	0.75	0.50	0.19
17/03/90	29.73	29.14	2429.66	192.37	5.06	0.40	18.37	3.68	33.46	7.31	56.00	17.59	26.14	7.17	4383.97	489.86	10.96	4.56	7.82	3.63	3.22	1.02			29.65	0.59	0.78	0.27
23/07/90	59.10	44.53	2492.95	145.63	5.31	0.15	22.02	4.85	30.88	6.47	45.93	7.80	466.32	619.13	4086.72	578.18	9.84	5.59	7.95	4.77	1.89	0.95	3.35	0.35	18.59	0.25	1.00	0.44
08/08/90	28.77	24.74	2493.66	372.88	4.50	0.15	27.55	6.25	43.64	6.81	64.92	29.78	190.85	278.55	4891.00	902.45	7.24	5.99	3.77	1.82	3.47	6.19	14.31	21.05	19.77	1.02	0.92	0.35
28/11/90	65.32	13.90	2576.92	142.40	4.94	0.31	13.80	8.59	32.79	12.52	61.05	15.12	157.49	165.31	4226.78	302.04	10.30	4.81	6.12	4.38	4.18	1.23	24.03	9.20	27.19	0.35	0.73	0.25
31/01/91	177.84	84.81	1961.74	520.57	4.11	0.21	37.83	3.36	48.44	5.16	116.42	13.11	618.53	716.82	3928.40	576.18	29.10	13.77	24.49	11.52	5.51	2.93	4.50	1.13	26.37	0.66	0.25	0.07
16/02/91	94.07	113.79	863.44	195.17	4.27	0.32	36.85	7.60	70.87	16.05	110.67	9.15	75.13	25.85	2874.65	720.64	49.60	9.45	41.42	8.06	8.24	1.68	3.79	3.02	26.63	0.84	0.17	0.02
30/03/91	23.51	9.32	1049.02	175.20	4.23	0.28	19.33	1.63	29.58	2.11	85.52	6.17	23.66	8.02	2179.03	243.72	12.72	1.30	9.68	1.30	3.04	0.29	7.74	3.47	26.20	0.47	0.41	0.04

Através da análise temporal das médias de variáveis limnológicas do reservatório de Barra Bonita foi verificado que o reservatório como um todo não apresenta tendências que representem o comportamento daquelas três grandes massas de água que o compõem. Foi observado também que o reservatório de Barra Bonita como um todo (em termos médios) é fortemente influenciado pelo comportamento do Braço do Tietê.

Os valores médios de cada compartimento apresentados nas figuras da seção anterior foram extraídos das Tabelas 10, 11 e 12. Mas a análise das médias apenas, não permite avaliar até que ponto tais compartimentos do reservatório são, realmente, massas d'água espacialmente homogêneas, passíveis de serem representadas por uma única estação amostral como normalmente se procede em estudos limnológicos.

A avaliação da heterogeneidade espacial dessas massas de água pode ser feita através da análise dos desvios padrão das médias em diferentes datas.

A análise da Tabela 10, referente ao Corpo Central do reservatório, permite verificar:

- a) Quanto aos nutrientes, a dispersão dos dados em torno da média varia ao longo do ano, podendo o corpo do reservatório se comportar como massa homogênea em algumas datas quanto a uma dada variável limnológica, e em outras datas se comportar como massa extremamente heterogênea, com gradientes horizontais elevados. Se for considerado todo o conjunto de nutrientes, então, o grau de heterogeneidade espacial se torna muito maior.
- b) Quanto aos componentes opticamente ativos (TSS, MI, MO, CLTOT, SEC), a variabilidade espacial é menor, com os coeficientes de variação menores do que 30%.
- c) Quanto à temperatura, também o corpo central do reservatório tem um comportamento bastante homogêneo.

A Tabela 11 apresenta as médias e desvios padrão do Braço do rio Piracicaba ao longo do tempo estudado. Neste braço observam-se as seguintes tendências:

- a) Quanto aos nutrientes, a dispersão é muito alta, com coeficientes de variação superiores a 100% para algumas formas de nitrogênio (NO_2 ,

NH₄), embora a dispersão média dos dados esteja em torno de 30% em muitas das datas estudadas.

- b) Quanto às variáveis opticamente ativas, também o braço do reservatório se apresenta espacialmente heterogêneo, com coeficientes de variação superiores a 30% em muitas das datas.
- c) Quanto à temperatura, o sistema compreendido pelo Braço do rio Piracicaba mostra-se espacialmente bastante homogêneo.

A Tabela 12 apresenta os dados referentes ao Braço do rio Tietê. A tendência geral é de extrema variabilidade espacial no comportamento das variáveis estudadas, em, praticamente, todas as datas amostradas, o que demonstra não se tratar de um compartimento homogêneo.

De modo a se apreciar melhor a variabilidade espacial das diferentes variáveis limnológicas foram produzidos mapas com sua distribuição espacial, a partir dos dados organizados no Sistema de Informações limnológicas do reservatório de Barra Bonita. Os critérios adotados de classificação e de seleção das variáveis a serem mapeadas encontram-se discutidos em Novo e Braga (1991a).

Os mapas foram organizados em um Atlas composto por 04 volumes: Inverno de 1989, Verão de 1989-1990, Inverno de 1990 e Verão de 1990-1991. Estes Atlas encontram-se à disposição para consulta no CHREA/USP e no INPE. As análises bastante preliminares do Atlas indicam que o sistema aquático em estudo apresenta grande variabilidade espacial e temporal, quanto ao comportamento das variáveis limnológicas, e que tal variabilidade só pode ser adequadamente explicada a partir da análise de outros dados, ainda não organizados no âmbito desta pesquisa, mas já disponíveis para análises futuras, tais como: uso da terra, precipitação pluviométrica, variabilidade hidrodinâmica do sistema etc. Além destas informações, são necessários dados de entrada de nutrientes no sistema a partir de fontes não pontuais, ainda não disponíveis, mas que deverão ser coletados no decorrer de pesquisas em andamento, objeto de dissertações de mestrado.

A análise dos dados, até o momento, também indica que os procedimentos de amostragem para controle da poluição nas bacias hidrográficas do Estado de São Paulo, baseados em dados coletados em 99 pontos de amostragem e distribuídos em 29 bacias hidrográficas (São Paulo, 1990), são bastante precários, visto que

não permitem avaliar toda a variabilidade espacial e temporal dos sistemas aquáticos. A análise dos dados da razão N/P indica que grande parte dos efluentes que atingem o Reservatório de Barra Bonita são de origem agrícola e urbana e, em geral, derivados de fontes não pontuais ou de esgotos não tratados, o que permite questionar sua classificação como de possuidor de boa qualidade de água (São Paulo, 1990).

Os resultados também indicam que o Reservatório deve ser tratado, para fins de modelagem e manejo, como três subsistemas distintos interagentes. Quer sob o ponto de vista óptico, quer sob o ponto de vista químico e biológico, o reservatório não se comporta de modo homogêneo. Esta heterogeneidade também se refletirá na modelagem dos dados de Sensoriamento como será demonstrado a seguir.

3.3 - CORRELAÇÕES ENTRE VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS NO RESERVATÓRIO DA UHE BARRA BONITA

As variáveis limnológicas medidas em 14 datas (BB3 a BB16, conforme tabela 1 deste relatório) foram submetidas a análises de correlação simples. Os resultados significativos destas análises encontram-se resumidos nas Tabelas que constam do Apêndice A deste relatório. Aceitaram-se como significativas, as correlações cujos coeficientes (r) fossem superiores a + 0,68 ou inferiores a - 0,68.

O volume de dados gerados nesta pesquisa não permite que, no presente relatório, tais resultados sejam submetidos a uma análise profunda. Assim sendo, as considerações aqui apresentadas representam uma primeira avaliação das inter-relações entre variáveis limnológicas no reservatório.

Tendo em vista que as missões de coleta de dados limnológicos foram realizadas para acompanhar as variações sazonais do reservatório, para a análise dos resultados das correlações aceitas como significativas, eles foram divididos em dados de verão e dados de inverno. Além desta divisão, o conjunto de dados também foi separado em termos dos diferentes compartimentos do reservatório. Assim sendo, existem 04 (quatro) conjuntos de resultados de correlação entre as variáveis limnológicas para cada período estudado do ano: CORBB1L, CORBB1E, CORBB1T e CORBB1P os quais incluem as correlações entre variáveis limnológicas quando se utilizaram amostras referentes a todo o reservatório (lago), ao corpo central do reservatório (região do lago após o encontro dos braços dos rios Tietê e Piracicaba), ao braço do Tietê e ao braço do Piracicaba, respectivamente.

3.3.1 - Correlações entre variáveis limnológicas em todo o reservatório da UHE Barra Bonita (CORBB1L)

Das 14 datas disponíveis para as análises de correlação, 06 datas se referem a dados coletados durante o inverno. Existiram, portanto, 546 possibilidades de ocorrência de correlação entre os 91 pares de variáveis limnológicas. De todas as possibilidades, entretanto, apenas 108 ocorrências (20%) do total atenderam aos critérios definidos para se considerar um par de variáveis correlacionados. Dos 91 pares existentes, 52 apresentaram-se correlacionados em pelo menos uma das datas, ao passo que 39 pares não apresentaram correlação alguma durante o inverno. Por exemplo, em nenhuma data foi verificada correlação entre NO_2 e NO_3 , NO_2 e CLTOT, conforme pode ser observado nas tabelas do Apêndice A.

Houve 05 pares de variáveis que se apresentaram correlacionados em mais do que 50% das datas referentes ao inverno, mantendo o mesmo sinal (e portanto, o mesmo significado). São elas: NO_3 e NTOT (05 datas), PO_4 e PDIS (06 datas), TSS e MI (5 datas), TSS e MO (04 datas) e MI e SEC (05 datas).

O restante das 08 datas se refere a dados coletados durante o verão. Isto significa que houve 728 possibilidades de existência de correlação entre variáveis limnológicas (91 pares x 08 datas). Deste conjunto de possibilidades, apenas em 21% dos casos, o coeficiente de correlação entre as variáveis limnológicas enquadrou-se nos critérios de aceitação. Ocorreram, portanto, apenas 150 correlações entre pares de variáveis limnológicas num total de 08 datas estudadas.

Dos 91 pares de variáveis limnológicas estudados durante o verão, 65 pares apresentaram correlações em pelo menos uma data, enquanto que 26 pares não apresentaram correlação em qualquer das datas. Do conjunto de pares que se apresentaram correlacionados foram identificados 04 pares de variáveis correlacionados em mais que 50% das datas com o mesmo sinal. Estes pares de variáveis são PO_4 e PDIS (06 datas), TSS e MI (08 datas), TSS e MO (06 datas) e MI e MO (06 datas).

Ao se analisar globalmente as correlações entre variáveis limnológicas para todo o reservatório da UHE Barra Bonita, pode-se constatar as seguintes tendências:

- 1) a proporção de pares de variáveis correlacionados não varia do inverno para o verão (20% e 21%, respectivamente),
- 2) a proporção de pares correlacionados é pequena,
- 3) no verão, a proporção de pares correlacionados em pelo menos uma data é maior que no inverno,
- 4) alguns pares mais frequentemente correlacionados, se repetem no inverno e no verão (PO_4 e PDIS, TSS e MI e TSS e MO).

Estes resultados preliminares indicam que no reservatório como um todo, as variáveis limnológicas não se correlacionam em 80% das situações encontradas (e que cobrem um período de dois anos). Verifica-se que a presença de certos nutrientes nitrogenados nesta região não está associada à presença de outros. O conjunto de nutrientes disponíveis não é espacialmente correlacionado.

Entretanto, em algumas datas de inverno e de verão, verificam-se correlações altas entre NO_2 e NH_4 (correlações variando entre 0,78 e 0,92). Estas correlações podem estar associadas a condições de ocorrência do processo de nitrificação, com a oxidação de amônia para nitrito. A ausência de correlação entre NO_2 e NO_3 pode estar relacionada à sua assimilação por diferentes populações fitoplanctônicas e à variabilidade do nível de oxigenação da coluna d'água (Esteves, 1988).

É interessante observar que nas datas de inverno em que há correlações altas entre NO_2 e PO_4 e entre NO_2 e PDIS, também ocorrem correlações altas entre NO_2 e MI (BB6, BB11 e BB12), indicando que, nestas datas, a presença de tais nutrientes pode estar associada ao aporte de material originário do escoamento superficial nas encostas, do qual o MI muitas vezes é indicador.

Pela análise dos dados contidos na tabela do Apêndice A (CORBB1L) pode se verificar que as diferentes formas de nitrogênio e fósforo não estão, em geral, correlacionadas com CLTOT (clorofila total). Entretanto, CLTOT encontra-se correlacionada positivamente com MO, tanto no inverno quanto no verão, em 06 das 14 datas, indicando que a fração orgânica do TSS é particularmente formada por material fitoplanctônico. A ausência de correlação entre TSS e CLTOT, principalmente no inverno, pode sugerir que MI é basicamente de origem alóctone e, portanto, espacialmente independente da presença de MO (este, de

origem fitoplanctônica). O material inorgânico, inclusive, pode ser até um fator inibidor do desenvolvimento do fitoplâncton, visto que em grandes concentrações provoca redução da radiação subaquática (Calijuri, 1988). Isto pode ser constatado pelas altas correlações negativas entre MI e SEC (-0,70 a -0,87) tanto no inverno quanto no verão.

3.3.2 - Correlações entre variáveis limnológicas no corpo Central do Reservatório (CORBB1E)

Quando se analisa o conjunto de variáveis limnológicas correlacionadas na região do corpo central do reservatório, Tabela do Apêndice A, observa-se que, novamente, tanto no inverno quanto no verão, apenas 20% das possibilidades correspondem a coeficientes que atendem aos critérios estabelecidos.

Dos 91 pares de variáveis, 81 pares apresentam correlações em pelo menos uma data no verão e 57 pares no inverno, o que demonstra um aumento do número de pares correlacionados em relação ao reservatório como um todo.

Quando se considera o número de pares de variáveis correlacionadas em mais de 50% das datas e com o mesmo sinal, observa-se que no período de inverno foram identificados quatro pares: TSS e MI (05 datas), TSS e MO (03 datas), TSS e SEC (03 datas) e MI e SEC (04 datas); estes pares representam componentes opticamente ativos do sistema, ou seja, passíveis de serem detectados via sensoriamento remoto. No verão, apenas dois pares foram identificados: TSS e MI (06 datas) e TSS e MO (05 datas). A correlação entre TSS e MO no verão pode significar que o material orgânico presente no TSS pode ser parcialmente de origem alóctone, visto que no inverno esta correlação não ocorre, e que no verão as elevadas concentrações de MI inibem a proliferação do fitoplâncton. A correlação entre estes pares também foi consistente quando se analisaram amostras de todo o reservatório. Isto significa que TSS, MI e SEC são variáveis espacialmente correlacionadas.

No corpo central do reservatório a correlação entre NO_2 e NH_4 verificou-se em apenas uma data. Isto pode significar que nesta região do reservatório não ocorre o processo de nitrificação, visto que se encontra distante das entradas de esgotos domésticos e industriais.

É interessante notar que no corpo central do reservatório, os nutrientes se encontram correlacionados com a concentração de clorofila total (CLTOT) em algumas datas de inverno e verão, o que não

ocorre no reservatório como um todo. Nestas datas, a presença de clorofila (um componente opticamente ativo) pode ser um indicador da disponibilidade de nutrientes no corpo do reservatório.

3.3.3 - Correlações entre variáveis limnológicas no braço do rio Tietê (CORBB1T)

No braço do Tietê, a proporção de ocorrências de correlações significativas entre variáveis limnológicas aumenta tanto no inverno (30%) quanto no verão (32%). Isto significa que, em pelo menos 1/3 das situações estudadas, nesta região, as variáveis limnológicas se encontram relacionadas.

Dos 91 pares de variáveis existentes, 86 e 75 pares apresentaram correlações em pelo menos uma data, no verão e no inverno, respectivamente. Houve, portanto, um aumento, não só no número de ocorrências de correlações como também no número de pares correlacionados.

O número de pares correlacionados em mais do que 50% das datas e com o mesmo sinal também aumentou, tanto no inverno quanto no verão. No inverno foram identificados 10 pares: NO_2 e NH_4 (05 datas), NO_2 e SEC (4 datas), NO_2 e TEMP (04 datas), NH_4 e MI (05 datas), PO_4 e PDIS (06 datas), TSS e MI (05) datas, TSS e MO (04 datas), TSS e SEC (05 datas) e MI e SEC (05) datas.

A presença de um maior número de variáveis correlacionadas no Braço do Tietê vem reforçar a hipótese de que, neste Braço, a principal função de força do sistema é a vazão do Tietê com sua carga poluidora. No verão, o número de pares correlacionados diminui para 06: NH_4 e MI (04 datas), PO_4 e PDIS (06 datas), PO_4 e SEC (05 datas) e MI e SEC (05 datas), devido ao maior impacto que as contribuições de fontes não-pontuais (escoamento difuso a partir de áreas agrícolas) têm, devido ao aumento das precipitações.

É interessante observar que no verão existe uma estrutura de correlação consistente entre PO_4 e SEC durante os dois períodos analisados (89/90 e 90/91). O PO_4 faz parte do fosfato inorgânico dissolvido (PDIS), e tem sua origem a partir da liberação de minerais de rocha no processo do intemperismo. Este fosfato atinge o sistema aquático através do escoamento superficial, geralmente adsorvido às argilas. Em áreas agrícolas, o uso de fertilizantes aumenta a quantidade de fosfato disponível. Segundo Esteves (1988), a adsorção do fosfato às argilas leva a

uma redução sensível da transparência da água. Isto explicaria a alta correlação negativa entre PO_4 e SEC no verão (correlações entre -0,72 e -0,91). Mesmo no inverno, em pelo menos duas datas, estas correlações negativas também foram observadas.

Embora o PO_4 não se encontre correlacionado com MI na maioria das datas, em 04 delas (principalmente no verão), estas duas variáveis apresentam correlações positivas que variam de 0,88 a 0,97.

É interessante observar que no braço do rio Tietê também a Clorofila total não se apresenta consistentemente correlacionada com os nutrientes ou outros componentes opticamente ativos. Em algumas datas, entretanto ocorrem correlações altas. No verão de 89-90 (BB7) há uma correlação inversa entre nitrito e clorofila total (- 0,87) e positiva entre NO_3 e Clorofila total (0,98), NH_4 e Clorofila total (0,99), PO_4 (0,97), PDIS e Clorofila total (0,95). Este conjunto de correlações indica que nos locais com alta disponibilidade de nutrientes houve condições para o crescimento excessivo do fitoplâncton. Nesta data, 27 de dezembro de 1989, a concentração média de clorofila total no Braço do Tietê era muito elevada (25 ug/l). A alta correlação positiva com a maior parte dos nutrientes, em contraposição com a correlação negativa com o NO_2 poderia sugerir a ocorrência de floração e degeneração da comunidade que ao entrar em decomposição libera nitrogênio orgânico, o qual passa a nitrito. Assim sendo, nos locais de alta concentração de clorofila ocorrem baixas concentrações de NO_2 . Nos locais onde o fitoplâncton já entrou em decomposição se encontram altos valores de NO_2 . Esta hipótese pode ser confirmada pela correlação inversa entre NO_2 e NH_4 (- 0,95), a qual indica que na medida em que o NH_4 vai sendo oxidado, o nível de nitrito vai aumentando.

Obviamente, os dados constantes do Apêndice A permitem uma série de teorizações e hipóteses sobre o sistema. Entretanto, devido a riqueza e complexidade das informações que podem deles ser derivadas, este relatório não entrará em análises mais profundas. Todos estes dados serão oportunamente objeto de trabalhos mais específicos e teoricamente melhor fundamentados.

Um aspecto interessante nos resultados das correlações no braço do rio Tietê, é que pôde-se constatar que algumas correlações consistentes no tempo são entre nutrientes e componentes opticamente ativos do sistema, como a de NH_4 e MI (correlação positiva), PO_4 e SEC no verão; e NO_2 e SEC (correlação negativa), NH_4 e MI (correlação positiva), NH_4 e SEC (correlação

negativa). Esta constatação teoricamente aumenta a possibilidade de uso de dados de sensoriamento remoto na avaliação de certas propriedades químicas dos sistemas aquáticos, ainda que indiretamente.

3.3.4 - Correlações entre variáveis limnológicas no braço do rio Piracicaba (CORBB1P)

O braço do rio Piracicaba, à semelhança do que foi constatado nas análises temporais das variáveis limnológicas nos outros compartimentos do reservatório, apresenta um grande contraste de comportamento entre as situações de verão e inverno.

No inverno, o braço do rio Piracicaba apresentou 45% de ocorrência de correlações entre variáveis limnológicas, contra 29% no verão. No inverno, 86 pares de variáveis limnológicas apresentaram correlação em pelo menos uma data, contra 79 pares no verão.

As maiores diferenças entre inverno e verão no braço do rio Piracicaba, entretanto, se referem ao número de pares correlacionados em mais que 50% das datas e com o mesmo sinal. No inverno observaram-se 21 pares correlacionados em mais que 50% das datas, enquanto que no verão, apenas foram observados 09 pares.

Os 21 pares correlacionados no inverno são: NO_2 e NH_4 , NO_2 e NTOT, NO_2 e PO_4 , NO_2 e PDIS, NO_2 e PTOT, NO_2 e TSS, NO_3 e MI, NO_3 e SEC, NH_4 e TSS, PO_4 e PDIS, PO_4 e PTOT, PO_4 e SEC, PDIS e SiO_2 , PDIS e MI, PDIS e SEC, PTOT e TSS, PTOT e SEC, TSS e MI, TSS e SEC e MI e SEC.

É interessante observar que no Braço do Piracicaba, diferentes formas de nutrientes nitrogenados e fosfatados apresentaram-se consistentemente correlacionadas, o que não ocorre em geral no reservatório como um todo, nem no Tietê em particular, onde não se observaram correlações entre fósforo e nitrogênio. Isto significa que no Braço do Piracicaba, durante o inverno, as variáveis limnológicas se encontraram espacialmente correlacionadas. A principal entrada de nutrientes é o rio Piracicaba, e sua carga de nutrientes é relativamente constante ao longo do tempo. A taxa de assimilação destes nutrientes mantém-se relativamente constante no espaço, não havendo maior consumo de um em detrimento de outro. Assim, onde se verifica maior concentração de fósforo, também se verifica maior concentração de nitrogênio.

O rio Tietê também é a principal fonte de entrada de nutrientes para esse mesmo braço do reservatório, mas o uso da terra na região próxima ao reservatório é muito mais diversificado. Além disso, os afluentes do rio Tietê encontram-se sujeitos a maiores variabilidades de precipitação no inverno, devido ao efeito de sistemas frontais, o que poderia explicar a entrada aleatória no tempo e no espaço de nutrientes no reservatório, reduzindo a correlação espacial entre eles. Estes aspectos deverão ser melhor avaliados no decorrer desta pesquisa.

No verão os pares consistentemente correlacionados no Braço do Piracicaba foram: NH_4 e TSS, NH_4 e MI, PO_4 e PDIS, PTOT e SEC, TSS e MI, TSS e MO, TSS e SEC, MI e MO e MI e SEC.

A diminuição do número de pares correlacionados no verão suporta a hipótese de que a entrada de nutrientes via escoamento superficial é muito maior nesta data, e que a principal função de força durante este período passa a ser a contribuição dos afluentes do Piracicaba, caracterizados pelo seu regime torrencial com perfis longitudinais de alta declividade, e a contribuição do escoamento difuso.

A análise dos dados do braço do rio Piracicaba, de inverno e verão, indica as seguintes tendências: 1) nutrientes positiva e consistentemente correlacionados com componentes opticamente ativos do sistema aquático ou negativamente relacionados com variáveis indicadoras destes componentes (como a profundidade Secchi, por exemplo); 2) as correlações entre variáveis limnológicas neste compartimento são mais sensíveis às variações sazonais das funções forçantes do sistema.

3.4 - CORRELAÇÕES ENTRE VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS E DADOS ESPECTRAIS LANDSAT-TM5 NO RESERVATÓRIO DA UHE BARRA BONITA

Durante o período de aquisição de dados em Barra Bonita (que se estendeu de maio de 1989 a outubro de 1991) foram obtidos 06 conjuntos de dados de satélite. Destes seis conjuntos de dados, 05 já foram submetidos às análises de correlação e encontram-se resumidos na tabela constante do Apêndice B deste relatório.

O método de aquisição de dados digitais em imagens bem como as bases teóricas para o tipo de análise a que foram submetidos encontram-se descritos em Curran e Novo (1988), Braga (1988), Novo e Braga (1991a, b) e Felix (1994).

Todas as variáveis limnológicas (opticamente ativas ou não) foram correlacionadas com os dados digitais (reflectância aparente) TM/Landsat. O conjunto de variáveis espectrais utilizado foi:

- a) B1R, B2R, B3R e B4R, as quais representam a reflectância nos canais TM1 (azul), TM2 (verde), TM3 (vermelho), TM4 (infravermelho próximo) respectivamente,
- b) RB1B2, RB2B3 e MB1B3, as quais representam a razão entre os canais (TM1/TM2, TM2/TM3) e a multiplicação entre os canais (TM1 * TM3), respectivamente.

Tendo em vista os resultados das análises anteriores, as correlações entre as variáveis limnológicas e os dados de satélite também foram realizadas para quatro diferentes conjuntos de dados: todo o reservatório, corpo central do reservatório, Braço do rio Tietê, e Braço do rio Piracicaba.

Na tabela do Apêndice B, o reservatório como um todo está representado pela variável BB (Barra Bonita) acompanhado de um algarismo que representa a data de aquisição dos dados (BB3, por exemplo); o corpo central do reservatório esta representado pela variável anterior acrescida da letra E (para simbolizar que foram utilizadas as amostras à jusante do encontro dos dois braços do reservatório; os Braços do Tietê e Piracicaba são representados pela variável acrescida das letras T e P, respectivamente (por exemplo, BB3T (amostra do reservatório de Barra Bonita na data 3 do Braço Tietê) e BB3P (amostra do reservatório de Barra Bonita na data 3 do Braço Piracicaba)).

Aceitaram-se como significativas, as correlações entre variáveis limnológicas e espectrais, aquelas cujos valores de r fossem superiores a +0,58 ou inferiores a -0,58.

Os dados de correlação foram subdivididos também de acordo com a data de aquisição em dados de inverno e verão. Foram analisadas 03 datas de inverno e 02 datas de verão, em 04 diferentes compartimentos (BB-, BB-E, BB-T, BB-P).

Investigou-se a existência de correlação entre 98 pares de variáveis (14 variáveis limnológicas e 07 variáveis espectrais).

Considerando-se que as correlações foram testadas em 03 diferentes datas de inverno, para cada compartimento houve 294 possibilidades de ocorrência de correlação entre aqueles pares de variáveis. Para o

conjunto total de correlações testadas foram analisadas 1176 correlações possíveis, entre dados limnológicos e dados de satélite. Destas 1176, 30% foram consideradas significativas com base no critério anteriormente mencionado.

Dos 98 pares de variáveis existentes, 93 pares apresentaram-se correlacionados pelo menos uma vez e 06 pares em mais do que 50% das com o mesmo sinal. Estes pares encontram-se resumidos na Tabela 13.

TABELA 13 - VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS E VARIÁVEIS ESPECTRAIS SIGNIFICATIVAMENTE CORRELACIONADAS EM MAIS QUE 50% DAS POSSIBILIDADES ANALISADAS COM O MESMO SINAL DURANTE O INVERNO

PARES DE VARIÁVEIS	NÚMERO DE CORRELAÇÕES SIGNIFICATIVAS	TIPO DE CORRELAÇÃO	CORRELAÇÕES SIGNIFICATIVAS (%)
MI e B3R	07	+	58
MI E RB2B3	07	-	58
MI e RB1B3	07	+	58
SEC e B2R	07	-	58
SEC e B3R	09	-	75
SEC e RB2B3	09	+	75

A análise da Tabela 13 permite verificar que no inverno apenas as variáveis limnológicas opticamente ativas apresentam-se consistentemente correlacionadas com os dados espectrais ao longo do tempo, principalmente a concentração de matéria inorgânica (MI) e a profundidade Secchi (SEC). Estes resultados permitem dizer que, em cerca de 75% dos dados de inverno adquiridos em Barra Bonita, os dados digitais estiveram respondendo a variações na profundidade Secchi ou transparência da água; em cerca de 60% dos casos, estes dados estiveram respondendo a variações na concentração de MI.

Uma análise mais minuciosa destas correlações (Apêndice B) indica que os valores de correlação entre MI e as variáveis espectrais apresentaram as seguintes tendências:

- a) em 04 de julho de 1989 (BB3), apenas no compartimento do Braço do Piracicaba ocorreu correlação significativa entre MI e B3R (0,80). Nesta data, o braço do Piracicaba apresentava os maiores valores de MI do reservatório (4,72 mg/l). Os demais compartimentos apresentavam valores mais baixos variando entre 2,90mg/l no corpo central a 3,82 mg/l no braço do Tietê.

Estas baixas concentrações de MI, associadas com altas concentrações de clorofila, podem explicar a ausência de correlação significativa nos demais compartimentos. A variável B3R representa a reflectância da água na faixa do vermelho. Nesta faixa é elevada a absorção da radiação pela água. A presença de altas concentrações de clorofila pode aumentar mais ainda a absorção na região do vermelho. As partículas inorgânicas, por sua vez, tendem a aumentar a reflectância na faixa do vermelho com o aumento da sua concentração e com isto, apenas no compartimento do Piracicaba, em que as concentrações foram maiores (e provocaram maior retroespalhamento no interior do corpo d'água), a banda B3R se tornou sensível ao MI.

- b) nesta mesma data a variável espectral RB2B3 apresentou correlações significativas com MI nos compartimentos do Piracicaba e Tietê mostrando-se, portanto, mais sensível a concentrações mais baixas de MI. No Braço do Piracicaba, a correlação entre MI e RB2B3 diminuiu em relação à correlação entre MI e B3R, e tornou-se inversa (-0,72). No braço do Tietê, a correlação entre MI e RB2B3 foi mais baixa que no Piracicaba, porém significativa (-0,67). Ao se dividir a reflectância do verde (B2) pela reflectância do vermelho (B3), as regiões de mais alta concentração de MI (portanto maior reflectância no vermelho), produzirão menores valores para a variável RB2B3, o que explica a inversão do sinal da correlação.
- c) ainda, ao se analisar esta data (04 de Julho de 1989) observa-se que o compartimento do Piracicaba, de todos, é o que apresenta o maior número de ocorrências de correlações significativas.
- d) em 20 de Julho de 1989 (BB4), as correlações significativas entre MI e B3R só não ocorrem no braço do Tietê. O maior valor de correlação observado é no corpo central do reservatório (BB4E) igual a 0,90. Nesta data, o reservatório como um todo apresenta baixas concentrações de MI, mas também apresenta baixas concentrações de clorofila total. O impacto da concentração de clorofila sobre a detectabilidade do MI parece ser importante, visto que na região do corpo central, embora as concentrações de MI sejam inferiores aos dos outros compartimentos, ocorre também a mais baixa concentração média de clorofila

total. No braço do Tietê, onde não foi identificada qualquer correlação significativa nesta data de MI com as variáveis espectrais, ocorrem as mais elevadas concentrações de clorofila. Ao contrário do que se verificou em 04 de julho, em 20 de julho, a variável RB2B3 não apresentou melhor desempenho no tocante à detecção de MI em um maior número de compartimentos. A correlação para BB4E, inclusive, não ocorreu. Apesar disto, os coeficientes de correlação entre MI e RB2B3 aumentaram, tanto no compartimento do Piracicaba quanto no reservatório como um todo.

- e) em 08 de agosto de 1990, a correlação entre MI e a variável B3R foi maior quando se considerou todo o reservatório ($r=0,84$). A razão entre bandas RB2B3, entretanto, apresentou correlação significativamente maior com MI no compartimento do Tietê. A multiplicação de bandas (MB1B3) não apresentou desempenho consideravelmente melhor em relação à utilização da variável B3R.
- f) em todas as datas de inverno, a variável B3R se mostrou sensível às variações de MI.

Como se observa, a análise de todos estes dados gerados é demasiadamente complexa e não pode se esgotar neste relatório. Estes dados serão objeto de análises mais específicas, data a data, como já tem ocorrido, por exemplo, com os dados referentes a BB3 discutidos em Novo e Braga (1991b).

Quanto aos dados de verão, foram testadas 784 correlações possíveis entre as variáveis de campo e variáveis limnológicas tendo em vista serem disponíveis dados de 04 compartimentos em apenas duas datas. Destas correlações possíveis, 45% apresentaram-se significativas. Em termos relativos, no verão as variáveis espectrais tendem a estar mais correlacionadas com as variáveis limnológicas que no inverno.

Dos 98 pares de variáveis limnológicas e espectrais investigados, 94 pares apresentaram-se correlacionados pelo menos uma vez. Destes, 22 pares apresentaram correlação com o mesmo sinal em mais do que 50% das situações testadas, conforme pode ser observado no Apêndice B. A Tabela 14 resume os resultados da análise dos dados de verão que constam do Apêndice B.

TABELA 14 - VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS E VARIÁVEIS ESPECTRAIS SIGNIFICATIVAS EM MAIS QUE 50% DAS POSSIBILIDADES ANALISADAS COM O MESMO SINAL DURANTE O VERÃO

Pares de Variáveis	Número de Correlações Significativas	Tipo de Correlação	Correlações Significativas (%)
PDIS e B2R	05	+	63
PTOT e B4R	06	+	75
PTOT e RB1B2	05	-	63
TSS e B1R	05	+	63
TSS e B2R	06	+	75
TSS e B3R	05	+	63
TSS e B4R	06	+	75
TSS e RB1B2	06	-	75
TSS e RB2B3	05	-	63
TSS e MB1B3	05	+	63
MI e B2R	06	+	75
MI e B3R	07	+	88
MI e B4R	06	+	75
MI e RB1B2	06	-	75
MI e RB2B3	06	-	75
MI e MB1B3	06	+	75
SEC e B1R	05	-	63
SEC e B2R	06	-	75
SEC e B3R	07	-	88
SEC e RB1B2	06	+	75
SEC e RB2B3	07	+	88
SEC e MB1B3	07	-	88

Pela análise da Tabela 14, pôde-se observar que todas as variáveis espectrais correlacionavam-se com o TSS em mais que 60% das situações testadas. A concentração de MI se correlacionava com todas as variáveis espectrais exceto com B1R, e a variável SEC se correlacionava também com todas exceto B4R. O fósforo na forma PDIS também apresentou-se correlacionado com as variáveis espectrais B2R e B4R, e na forma de PTOT com a variável RB1B2.

TABELA 15 - CORRELAÇÕES ENTRE VARIÁVEIS ESPECTRAIS E TSS E RESPECTIVAS CONCENTRAÇÕES DE TSS (MG/L) NOS DIFERENTES COMPARTIMENTOS E DATAS

C O N C E N T R A Ç Ã O					
Data/ Compartimento	Concentração de TSS (mg/l)	B1R	B2R	B3R	B4R
BB10T	10,96	0,80	0,92	0,97	0,84
BB13	8,67	0,89	0,91	0,94	0,94
BB13E	3,47	0,59	0,73		
BB13P	13,38	0,94	0,94	0,95	0,93
BB13T	10,30	0,84	0,88	0,99	0,89

A análise da Tabela 15 permite verificar que existe uma nítida relação entre a concentração de TSS e as correlações desta variável com as variáveis espectrais. Quando a concentração é mais alta (BB13P) os coeficientes de correlação são altos e não variam espectralmente, indicando a ocorrência de espalhamento não seletivo. Quando a concentração de TSS é mais baixa (3,47 mg/l), o coeficiente de correlação é mais baixo, e varia espectralmente visto que apenas ocorre nas faixas do azul e do verde.

Quando se utilizam as razões entre bandas RB1B2 e RB1B3, o comportamento das correlações é semelhante ao das bandas individuais, mas os valores de correlação são menores e inversos. A multiplicação de bandas (MB1B3) também não apresentou melhor desempenho nas correlações com TSS.

O comportamento do MI é semelhante ao do TSS, conforme esperado, uma vez que o MI é um componente do TSS. A ausência de correlações com a MO, outro componente do TSS, indica que seu efeito ótico é menor que o do MI devido aos seu baixo índice de refração (Kirk, 1986).

A variável espectral mais sensível à profundidade Secchi é B3R. Foram encontradas correlações significativas em 88% dos casos examinados, com valores de "r" iguais a -0,64 para todo o reservatório, em novembro de 1990, e -0,89 no corpo central do reservatório na mesma data. Em março de 1990 (BB10) a variável B4R foi a mais sensível à variação da profundidade SEC no braço do Piracicaba. Este bom desempenho no braço do rio Piracicaba pode estar relacionado à existência de um forte gradiente de profundidades Secchi ao longo deste compartimento, o que não ocorre, por exemplo, no braço do rio Tietê, onde as profundidades Secchi medidas tenderam a ser pequenas e constantes.

As razões entre bandas RB1B2 e RB2B3 apresentaram uma melhoria nos coeficientes de correlação com a variável SEC em alguns dos compartimentos, mas em outros mantiveram basicamente resultados da mesma ordem de grandeza. De fato, duas das operações entre bandas espectrais realizadas (RB1B2 e MB1B2) estão direcionadas a melhorar a detecção de clorofila em águas oceânicas, principalmente (Maul, 1985).

A clorofila total, embora sendo um parâmetro opticamente ativo, não esteve consistentemente correlacionada com variáveis espectrais. Como pode ser observado na tabela do Apêndice B, apenas ocasionalmente no inverno, a clorofila total (CLTOT) esteve correlacionada com as variáveis espectrais. As razões e multiplicação de bandas efetuadas melhoraram sensivelmente os coeficientes de correlação nas datas em que já existia correlação, ou mesmo, determinaram o aparecimento de coeficientes significativos em datas e ou compartimentos em que tais correlações não ocorreram quando se utilizaram as bandas individuais.

A ausência de correlação significativa entre CLTOT e as variáveis espectrais na maioria das datas não significa, entretanto, que esta variável não possa ser estimada através de dados de sensoriamento remoto a partir da combinação de bandas e modelagem estatística em datas individuais (vide Novo e Braga, 1990).

4 ATIVIDADES EM ANDAMENTO

As seguintes atividades do projeto estão em andamento, cujos resultados têm sido publicados através de relatórios, teses e publicações científicas.

- 1) análise dos dados radiométricos coletados com o sistema SADA em outubro de 1991. (Steffen et al., 1993)
- 2) classificação do uso do solo na área de influência do reservatório em diferentes datas e entrada dos mapas resultantes no sistema geográfico de informações. (Refosco, 1994)
- 3) análise data a data das correlações entre variáveis limnológicas e espectrais e dos modelos estatísticos gerados pelo método de regressão linear múltipla passo a passo (stepwise regression). (Braga et al., 1993; Novo et al., 1994)

(stepwise regression). (Braga et al., 1993; Novo et al., 1994)

- 4) implementação dos modelos desenvolvidos para mapeamento da distribuição espacial de variáveis limnológicas através de técnicas de processamento de imagem. (Felix, 1993; Felix e Novo, 1994)
- 5) análise dos dados de luz subaquática e suas relações com as variáveis espectrais.
- 6) integração de dados complementares (hidrológicos e climáticos) no banco de dados georreferenciados da UHE Barra Bonita buscando explicações para o comportamento das variáveis limnológicas. (Refosco, 1994)
- 7) análise das séries temporais usando métodos de modelagem estatística. (Cestaro, 1994)
- 8) análise do comportamento trófico do reservatório a partir da manipulação de dados em ambiente SIG. (Novo et al., 1994)
- 9) realização de experimentos radiométricos de laboratório e campo e explanação das relações entre as variáveis espectrais e as variáveis limnológicas. (Mantovani, 1993)

5 CONCLUSÕES PRELIMINARES

Os resultados obtidos até o momento, embora submetidos a análises preliminares, permitem as seguintes conclusões:

- 1) a principal limitação dos estudos limnológicos realizados em sistemas aquáticos de grandes dimensões como a UHE Barra Bonita é o da representatividade espacial das situações determinadas em cada estação amostral,
- 2) a organização de dados limnológicos de superfície em banco de dados georreferenciados pode auxiliar na avaliação da representatividade de tais medidas,
- 3) a aquisição de séries históricas, organizadas em bancos de dados georreferenciados, permite uma abordagem integrada do reservatório e a revisão de premissas sobre o seu comportamento. A premissa de estacionalidade no comportamento do reservatório da UHE Barra

Bonita, sobre a qual tem-se organizado o método de aquisição de dados de diversos trabalhos já desenvolvidos pela comunidade científica, talvez possa ser revista à luz dos resultados desta pesquisa. Em sistemas naturais (ou seja, basicamente controlados pelos fatores hidráulicos, climáticos, geomórficos e biogeográficos) o conceito de variação sazonal dos processos limnológicos talvez se aplique. Em sistemas alterados (onde a intervenção antrópica é predominante) os pulsos dos fatores naturais (que controlam o sistema) são anulados, e sua estacionalidade não é percebida,

- 4) os dados de sensoriamento remoto são extremamente úteis para a revisão destes conceitos apresentados no item anterior, visto que permitem uma visão integrada de todo o reservatório e sua região de influência, propiciando a identificação de fatores culturais intervenientes no equilíbrio do sistema,
- 5) apesar da utilidade potencial dos dados de sensoriamento remoto para estudos limnológicos, há ainda um espaço a ser explorado através de estudos radiométricos básicos de modo a identificar em que circunstâncias-padrão as variáveis limnológicas podem ser inequivocamente estimadas através de medidas de reflectância derivadas de dados de satélites de recursos terrestres,
- 6) os resultados até o momento indicam que a profundidade Secchi é a variável limnológica que mais conspicuamente se relaciona à reflectância espectral.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Braga, C.Z.F. **Utilização de imagens dos satélites Landsat-5 e NOAA-9 na identificação de parâmetros físico-químicos da água na Baía de Guanabara.** (Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto e Aplicações) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, dez., 1988. 115 p. (INPE-4761-TDL/349).
- Braga, C.Z.F.; Novo, E.M.L.M.; Krug, T. Considerações sobre a modelagem empírica de variáveis limnológicas no reservatório de Barra Bonita utilizando dados Landsat-5 TM. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 7., Curitiba, 10-14 maio 1993. Anais**, São José dos Campos, INPE, 1993, v.4, p.85-93.
- Branco, S.M. **Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária.** São Paulo, CETESB/ASCETESB, 1986. 640 p.
- Calijuri, M.C. **Respostas fisioecológicas da comunidade fitoplantônica e fatores ecológicos em ecossistemas com diferentes estágios de entrofização.** (Tese de Doutorado em Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, dez. de 1988.
- Cestaro, A.C. **Proposta de um modelo empírico para a estimativa da concentração média da clorofila da zona eufótica em função de medidas de concentração de clorofila em superfície obtidas a partir de dados de sensoriamento remoto orbital.** (Dissertação de mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1994.
- Curran, P.J.; Novo, E.M.M. The relationship between suspended sediment concentration and remotely sensed spectral radiance: a review. **Journal of Coastal Research**, 4(3):351-368, 1988.
- Engespaço. **Sistema de Informações Geográficas: Manual do Usuário.** São José dos Campos, 1988.
- Esteves, F.A. **Fundamentos de limnologia.** Rio de Janeiro, Interciência/FINEP, 1988.
- Félix, I. M. **Modelos Empíricos para a Estimativa de Parâmetros limnológicos a partir de dados de Sensoriamento Remoto - Reservatório de Barra Bonita -SP.** (Dissertação Preliminar de Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de

- Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, nov.1991. 76 p.
- Félix, I. M. Modelos empíricos para a estimativa de variáveis limnológicas a partir de dados de Sensoriamento Remoto - Reservatório de Barra Bonita -SP. (Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto e Aplicações) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos, INPE, dez. 1993.
- Félix, I.M.; Novo, E.M.L.M. Water quality monitoring using empirical models. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, volume 30, tome 7a, p:12-17, 1994.
- Kirk, J.T.O. Light and photosynthesis in aquatic ecosystems. New York, 2.ed., Cambridge University Press. 1986.
- Mantovani, J.E. Comportamento espectral da água: faixas espectrais de maior sensibilidade ao fitoplâncton na presença de matéria orgânica dissolvida e matéria inorgânica particulada. (Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto e Aplicações) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos, 1993.
- Mather, P.M. Computer processing of remotely-sensed images: an introduction. New York, John Wiley & Sons, 1987. 352p.
- Maul, G.A. Introduction to satellite Oceanography. Dordrecht, Martinus Nighoff, 1985. 606 p.
- Novo, E.M.L.M.; Braga, C.Z.F. Relatório do Projeto "Sensoriamento Remoto de Sistemas Aquáticos". São José dos Campos, INPE, 1991a. (INPE-5271-PRP/159).
- Novo, E.M.L.M.; Braga, C.Z.F. Use of TM/Landsat data to estimate chlorophyll concentration and turbidity in the Barra Bonita reservoir. International Symposium on Remote Sensing of Environment, 24., Rio de Janeiro, Brasil, 27-31, maio, 1991b.
- Novo, E.M.L.M.; Tundisi, J.G. Sensoriamento Remoto de águas interiores: Perspectivas. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 5., Natal, 11-15, out.1988. Anais. São José dos Campos, INPE, 1988, v.1, p.13-21. (INPE-4875-PRE/1486).
- Novo, E.M.L.M.; Lobo, F.A.L.R.; Calijuri, M.A.; Tundisi, J.G. Predictive modeling of trophic

reservoir using geographical information systems. IGARSS'94 Digest, Pasadena, CA, 8-12, Aug., 1994.

Organization for Economic Cooperation and Development (OECD) **Eutrophication of waters. Monitoring, assessment and control: Final Report.** Paris, OECD Cooperative Programme on Monitoring of Inland Waters (Eutrophication Control). Environment Directorate, OECD, 1982.

Rast, W.; Holand, M.; Ryding, S. **Eutrophication management framework for the policy-maker.** Paris. UNESCO, 1989, 83p. (MAB Digest 1)

Refosco, J.C. **Estudo comparativo da paisagem das bacias hidrográficas dos rios Araquá e da Prata. Modificações da Paisagem e impactos na quantidade de material em suspensão no ambiente aquático.** (Dissertação de Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1994.

São Paulo. Conselho Estadual de Recursos Hídricos. **Plano Estadual de Recursos Hídricos: primeiro plano do Estado de São Paulo - Síntese.** São Paulo, DAEE, 1990. 120 p.

Schumm, S.A. **River morphology.** Stroudsburg. Dowden, Hutchinson & Ross Inc., 1972.

Slater, P.N. **Remote sensing: optics and optical systems.** Reading. Addison Wesley, 1980. 575p.

Steffen, C.A.; Almeida, F.F.; Novo, E.M.L.M. **Teste operacional do Sistema de Aquisição de Dados Aerotransportado - SADA: o experimento de Barra Bonita.** In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 7., Curitiba, 10-14 maio 1993. **Anais.** São José dos Campos, INPE, 1993, V.3, p:129-138.

Thomann, R. V.; Mueller, J.A. **Principles of surface water quality modeling and control.** London, Harper & Row, 1987. p.644.

Wetzel, R.G. **Limnology.** London, W.B. Saunders Company, 1975. p.742.

APÊNDICE ACORRELAÇÕES SIGNIFICATIVAS ENTRE PARES DE VARIÁVEIS
LIMNOLÓGICAS

- Tabela CORBB1L - Correlações significativas entre pares de Variáveis Limnológicas em todo o reservatório de Barra Bonita.
- Tabela CORBB1E - Correlações significativas entre pares de Variáveis Limnológicas no Corpo Central do reservatório de Barra Bonita.
- Tabela CORBB1P - Correlações significativas entre pares de Variáveis Limnológicas no Braço do rio Piracicaba, do reservatório de Barra Bonita.
- Tabela CORBB1T - Correlações significativas entre pares de Variáveis Limnológicas no Braço de rio Tietê, do reservatório de Barra Bonita.

[illegible]

VERÃO 90-91

[illegible]

CORBBIL

INVERNO 89

INVERNO 90 VERÃO 89-90

VERÃO 90-91

	BB3	BB4	BB5	BB6	BB11	BB12	BB7	BB8	BB9	BB10	BB13	BB14	BB15	BB16
NTOT e PO4					0.70 (20)									
NTOT e PDIS								-0.76 (07)		0.76 (30)		0.78 (18)		
NTOT e PTOT												0.70 (18)		
NTOT e SiO2														
NTOT e TSS			0.70 (30)											
NTOT e MI			0.70 (30)											
NTOT e MO														
NTOT e CLTOT										0.89 (13)				
NTOT e SEC														
NTOT e TEMP					-0.80 (18)									
PO4 e PDIS	0.75 (30)	0.77 (30)	0.88 (30)	0.89 (30)	0.99 (20)	0.98 (30)	1.00 (18)		0.87 (30)	0.75 (30)	0.98 (30)	0.96 (23)	0.86 (30)	
PO4 e PTOT	0.83 (30)				0.97 (20)		0.94 (18)		0.92 (30)		0.88 (30)	0.85 (18)		
PO4 e SiO2		0.73 (30)		0.74 (30)			0.95 (18)							
PO4 e TSS				0.88 (30)	0.84 (18)			-0.84 (07)			0.82 (30)		0.70 (30)	
PO4 e MI				0.84 (30)	0.85 (18)	0.70 (30)	0.72 (18)	-0.69 (07)			0.83 (30)		0.71 (30)	
PO4 e MO								-0.81 (07)						
PO4 e CLTOT								-0.86 (07)				-0.74 (23)		
PO4 e SEC	-0.72 (30)			-0.81 (30)	-0.79 (18)	0.84 (27)	-0.90 (17)		-0.86 (30)		-0.71 (29)	-0.77 (23)		0.79 (28)

CORBBIL

INVERNO 89

INVERNO 90 VERÃO 89-90

VERÃO 90-91

	BB3	BB4	BB5	BB6	BB11	BB12	BB7	BB8	BB9	BB10	BB13	BB14	BB15	BB16
PO4 e TEMP														
PDIS e PTOT	0.88 (30)				0.97 (20)		0.95 (18)		0.80 (30)		0.90 (30)	0.86 (18)		
PDIS e SiO2							0.96 (18)			0.73 (30)				
PDIS e TSS				0.77 (30)	0.83 (18)		0.71 (18)				0.84 (30)		0.83 (30)	
PDIS e MI				0.73 (30)	0.84 (18)	0.75 (30)	0.74 (18)				0.84 (30)		0.84 (30)	
PDIS e MO													0.71 (30)	
PDIS eCLTOT														
PDIS e SEC					-0.80 (18)	-0.89 (27)	-0.92 (17)		-0.82 (30)		-0.77 (29)	-0.73 (23)		
PDIS e TEMP														
PTOT e SiO2							0.95 (18)							
PTOT e TSS		0.73 (30)			0.83 (18)	0.91 (30)	0.87 (18)			0.74 (30)	0.76 (30)			
PTOT e MI					0.85 (18)		0.89 (18)				0.74 (30)			
PTOT e MO						0.82 (30)	0.75 (18)			0.81 (30)	0.73 (30)			
PTOT eCLTOT										0.87 (13)		-0.80 (18)		
PTOT e SEC	-0.76 (30)	-0.81 (30)					-0.94 (17)		-0.87 (30)		-0.86 (29)	-0.88 (18)		
PTOT e TEMP														
SiO2 e TSS				0.72 (30)			0.72 (18)							
SiO2 e MI							0.75 (18)							

CORBBIL

INVERNO 89

INVERNO 90 VERÃO 89-90

VERÃO 90-91

	BB3	BB4	BB5	BB6	BB11	BB12	BB7	BB8	BB9	BB10	BB13	BB14	BB15	BB16
SiO2 e MO														
SiO2 e CLTOT														
SiO2 e SEC							-0.86 (17)							
SiO2 e TEMP														
TSS e MI	0.94 (30)	0.98 (30)	0.97 (30)	0.92 (30)	1.00 (20)		1.00 (18)	0.79 (23)	0.99 (29)	0.95 (30)	0.99 (30)	0.99 (24)	1.00 (30)	1.00 (30)
TSS e MO		0.72 (30)		0.70 (30)	0.90 (20)	0.93 (30)	0.97 (18)		0.79 (29)		0.86 (30)	0.96 (24)	0.94 (30)	0.83 (30)
TSS e CLTOT							0.74 (18)	0.76 (13)						
TSS e SEC			-0.88 (30)	-0.81 (30)	-0.82 (20)		-0.84 (17)	-0.91 (22)					-0.71 (29)	
TSS e TEMP					-0.72 (20)							-0.82 (24)		
MI e MO					0.86 (20)		0.95 (18)		0.71 (29)		0.80 (30)	0.93 (24)	0.91 (30)	0.78 (30)
MI e CLTOT							0.70 (18)							
MI e SEC		-0.87 (30)	-0.89 (30)	-0.79 (30)	-0.80 (20)	-0.84 (27)	-0.87 (17)	-0.77 (22)					-0.70 (29)	
MI e TEMP					-0.73 (20)							-0.78 (24)		
MO e CLTOT		0.82 (30)	0.72 (30)	0.71 (30)			0.86 (18)	0.86 (13)		0.95 (13)				
MO e SEC					-0.88 (20)		-0.73 (17)						-0.71 (29)	
MO e TEMP												-0.89 (24)		
CLTOT e SEC												0.84 (24)		
CLTOT e TEMP													0.73 (30)	
SEC e TEMP										0.75 (30)				

CORBB1E

INVERNO 89

INVERNO 90

VERÃO 89-90

VERÃO 90-91

	BB3E	BB4E	BB5E	BB6E	BB12E	BB7E	BB8E	BB9E	BB10E	BB13E	BB15E	BB16E
NO2 e NO3			-0.71 (08)							0.69 (08)		
NO2 e NH4											0.81 (08)	
NO2 e NTOT	0.75 (08)		-0.77 (08)									
NO2 e PO4							-0.84 (05)			0.86 (08)	0.90 (08)	
NO2 e PDIS								0.80 (08)		0.85 (08)	0.84 (08)	
NO2 e PTOT												
NO2 e S102			-0.70 (08)							0.72 (08)		
NO2 e TSS	0.79 (08)						0.96 (05)					
NO2 e MI	0.74 (08)						0.92 (05)					
NO2 e MO				0.78 (08)	0.81 (08)		0.93 (05)					0.69 (08)
NO2 e CLTOT				0.74 (08)			0.89 (05)					
NO2 e SEC	-0.75 (08)				-0.72 (05)					-0.75 (07)		
NO2 e TEMP							0.87 (05)					
NO3 e NH4						0.80 (08)	-0.88 (05)					
NO3 e NTOT	0.74 (08)		0.99 (08)			0.91 (07)	0.98 (05)		0.79 (08)			
NO3 e PO4			0.90 (08)			0.80 (08)		0.72 (06)				
NO3 e PDIS			0.95 (08)	0.89 (08)		0.80 (08)						
NO3 e PTOT			0.94 (08)	0.86 (08)								

CORBB1E

INVERNO 89

INVERNO 90

VERÃO 89-90

VERÃO 90-91

	BB3E	BB4E	BB5E	BB6E	BB12E	BB7E	BB8E	BB9E	BB10E	BB13E	BB15E	BB16E
NO3 e SiO2			0.73 (08)			-0.77 (08)		0.93 (06)				
NO3 e TSS				0.93 (08)		0.78 (08)						
NO3 e MI				0.83 (08)		0.88 (08)						
NO3 e MO				0.83 (08)		-0.71 (08)						
NO3 e CLTOT	0.78 (08)							-0.8 (06)				-0.83 (08)
NO3 e SEC							0.83 (05)					0.79 (08)
NO3 e TEMP												
NH4 e NTOT						0.74 (07)	-0.93 (05)		-0.86 (08)			
NH4 e PO4						0.98 (08)			0.83 (08)	0.89 (08)		
NH4 e PDIS					0.84 (08)	0.92 (08)	0.80 (05)			0.90 (08)		
NH4 e PTOT						0.93 (08)		0.73 (08)				
NH4 e SiO2												
NH4 e TSS					-0.83 (08)							
NH4 e MI			0.69 (08)		-0.85 (08)	0.73 (08)						
NH4 e MO							0.75 (05)					
NH4 e CLTOT	-0.73 (08)											-0.73 (08)
NH4 e SEC			-0.79 (08)		0.92 (05)		-0.99 (05)		0.93 (08)			
NH4 e TEMP			0.73 (08)				0.80 (05)					

CORBB1E

INVERNO 89

INVERNO 90 VERÃO 89-90

VERÃO 90-91

	BB3E	BB4E	BB5E	BB6E	BB12E	BB7E	BB8E	BB9E	BB10E	BB13E	BB15E	BB16E
NTOT e PO4			0.90 (08)			0.73 (07)		-0.85 (08)	-0.82 (08)			
NTOT e PDIS			0.95 (08)			0.69 (07)	-0.89 (05)					
NTOT e PTOT			0.95 (08)							0.97 (08)		0.71 (08)
NTOT e SiO2			0.71 (08)			-0.79 (07)		-0.94 (08)				
NTOT e TSS	0.83 (08)							0.75 (08)				
NTOT e MI	0.78 (08)					0.79 (07)		0.69 (08)				
NTOT e MO		-0.74 (08)						0.80 (08)				
NTOT e CLTOT	0.83 (08)							0.70 (06)			0.84 (08)	
NTOT e SEC							0.87 (05)		-0.93 (08)	-0.87 (07)		
NTOT e TEMP					-0.76 (05)			-0.75 (08)	-0.69 (08)	-0.69 (08)	0.84 (08)	
PO4 e PDIS			0.99 (05)			0.92 (08)				0.97 (08)	0.96 (08)	
PO4 e PTOT			0.98 (08)			0.97 (08)	-0.71 (05)	0.76 (08)				0.76 (08)
PO4 e SiO2								0.91 (08)			0.76 (08)	
PO4 e TSS							-0.86 (05)					
PO4 e MI						0.71 (08)	-0.98 (05)					
PO4 e MO							-0.72 (05)					
PO4 e CLTOT							-0.80 (05)					
PO4 e SEC		-0.78 (08)							0.85 (08)	-0.74 (07)		

CORBB1E

INVERNO 89

INVERNO 90 VERÃO 89-90

VERÃO 90-91

	BB3E	BB4E	BB5E	BB6E	BB12E	BB7E	BB8E	BB9E	BB10E	BB13E	BB15E	BB16E
PO4 e TEMP		-0.84 (08)						0.76 (08)	0.86 (08)			
PDIS e PTOT			0.99 (08)			0.89 (08)						
PDIS e SiO2											0.69 (08)	
PDIS e TSS		0.97 (08)		-0.75 (08)	-0.87 (08)				0.69 (08)			
PDIS e MI		0.82 (08)		-0.70 (08)	-0.80 (08)	0.69 (08)						
PDIS e MO		0.89 (08)		-0.69 (08)	-0.73 (08)						0.75 (08)	-0.70 (08)
PDIS eCLTOT										0.79 (08)		
PDIS e SEC		-0.79 (08)			0.89 (05)		-0.79 (05)			-0.70 (07)		0.80 (08)
PDIS e TEMP												-0.75 (08)
PTOT e SiO2				0.73 (08)				0.82 (08)	0.75 (08)			
PTOT e TSS				0.88 (08)								
PTOT e MI		0.87 (08)		0.70 (08)								
PTOT e MO				0.82 (08)		-0.69 (08)						
PTOT eCLTOT												
PTOT e SEC		-0.73 (08)								-0.74 (07)		
PTOT e TEMP												
SiO2 e TSS								-0.81 (08)				
SiO2 e MI								-0.74 (08)				

CORBB1E

INVERNO 89

INVERNO 90

VERÃO 89-90

VERÃO 90-91

	BB3E	BB4E	BB5E	BB6E	BB12E	BB7E	BB8E	BB9E	BB10E	BB13E	BB15E	BB16E
SiO2 e MO								-0.86 (08)				
SiO2 e CLTOT								-0.94 (06)				
SiO2 e SEC				-0.88 (08)							-0.81 (08)	
SiO2 e TEMP					-0.94 (05)			0.80 (08)				
TSS e MI	0.82 (08)	0.88 (08)	0.72 (08)	0.93 (08)	0.79 (08)	0.97 (08)	0.76 (08)	0.99 (08)		0.87 (08)	1.00 (08)	0.59 (08)
TSS e MO		0.88 (08)		0.73 (08)	0.93 (08)		0.87 (08)	0.96 (08)	0.87 (08)	0.83 (08)	0.93 (08)	
TSS e CLTOT							0.87 (07)					
TSS e SEC		-0.80 (08)		-0.75 (08)	-0.88 (05)		-0.70 (08)	-0.95 (08)			-0.83 (08)	
TSS e TEMP			0.80 (08)	-0.79 (08)			0.91 (08)	-0.84 (08)				
MI e MO								0.91 (08)			0.92 (08)	
MI e CLTOT							0.75 (07)					
MI e SEC		-0.73 (08)	-0.94 (08)	-0.80 (08)	-0.89 (05)			-0.94 (08)		-0.71 (07)	-0.84 (08)	
MI e TEMP			0.75 (08)	-0.83 (08)	-0.73 (05)			-0.80 (08)		-0.71 (06)		
MO e CLTOT		0.86 (08)	0.89 (08)				0.85 (07)					0.73 (08)
MO e SEC					-0.80 (05)			-0.91 (08)			-0.71 (08)	-0.77 (08)
MO e TEMP							0.82 (08)	-0.87 (08)				
CLTOT e SEC							-0.70 (07)					-0.82 (08)
CLTOT e TEMP							0.74 (07)		-0.87 (4)			
SEC e TEMP		0.84 (08)	-0.76 (08)	0.69 (08)			-0.77 (08)	0.90 (08)	0.81 (08)	0.83 (06)		

CORBB1P

INVERNO 89

INVERNO 90 VERÃO 89-90

VERÃO 90-91

	BB3P	BB4P	BB5P	BB6P	BB11P	BB12P	BB7P	BB8P	BB9P	BB10P	BB13P	BB14P	BB15P	BB16P
NTOT e PO4						0.86 (11)								
NTOT e PDIS	0.72 (11)		0.80 (11)			0.91 (11)								
NTOT e PTOT	0.69 (11)		0.93 (11)			0.81 (11)								
NTOT e SiO2			0.77 (11)			0.90 (11)								
NTOT e TSS			0.77 (11)			0.72 (11)								
NTOT e MI						0.79 (11)								
NTOT e MO			0.78 (11)							0.72 (11)				
NTOT e CLTOT										0.87 (09)				
NTOT e SEC			-0.81 (11)			-0.80 (11)								
NTOT e TEMP	-0.72 (11)		-0.86 (11)	-0.78 (11)										
PO4 e PDIS	0.96 (11)		0.80 (11)	0.97 (11)	1.00 (11)		0.99 (06)		0.92 (11)	0.93 (11)	0.99 (11)	0.94 (11)	0.81 (11)	0.78 (11)
PO4 e PTOT	0.90 (11)		0.78 (11)		0.91 (11)	0.75 (11)			0.87 (11)		0.92 (11)	0.93 (09)		
PO4 e SiO2	0.81 (11)				0.83 (11)	0.79 (11)	0.82 (06)			0.89 (11)	0.94 (11)	0.82 (11)		
PO4 e TSS			0.74 (11)	0.79 (11)	0.94 (11)						0.98 (11)			
PO4 e MI			0.81 (11)	0.84 (11)	0.94 (11)						0.97 (11)			
PO4 e MO					0.74 (11)						0.90 (11)			
PO4 e CLTOT				0.71 (11)								-0.88 (11)		
PO4 e SEC	-0.73 (11)		-0.88 (11)	-0.93 (11)	-0.93 (11)	-0.80 (11)			-0.82 (11)		-0.82 (11)	-0.84 (11)		

CORBB1P

INVERNO 89

INVERNO 90 VERÃO 89-90

VERÃO 90-91

	BB3P	BB4P	BB5P	BB6P	BB11P	BB12P	BB7P	BB8P	BB9P	BB10P	BB13P	BB14P	BB15P	BB16P
PO4 e TEMP				-0.69 (11)			-0.90 (06)							
PDIS e PTOT	0.91 (11)	0.73 (11)	0.88 (11)		0.91 (11)	0.78 (11)			0.82 (11)		0.89 (11)	0.84 (09)		
PDIS e SIO2	0.86 (11)		0.85 (11)		0.85 (11)	0.84 (11)	0.84 (06)			0.85 (11)	0.90 (11)	0.81 (11)		
PDIS e TSS			0.72 (11)	0.87 (11)	0.93 (11)						0.96 (11)			
PDIS e MI			0.72 (11)	0.89 (11)	0.95 (11)	0.69 (11)					0.96 (11)			
PDIS e MO				0.72 (11)	0.72 (11)						0.88 (11)			
PDIS eCLTOT				0.79 (11)								-0.82 (11)		
PDIS e SEC			-0.92 (11)	-0.96 (11)	-0.93 (11)	-0.84 (11)			-0.74 (11)		-0.81 (11)	-0.81 (11)		
PDIS e TEMP	-0.71 (11)		-0.72 (11)	-0.69 (11)			-0.87 (06)							
PTOT e SIO2			0.73 (11)		0.74 (11)	0.83 (11)	0.73 (06)				0.98 (11)			
PTOT e TSS		0.75 (11)	0.92 (11)		0.93 (11)	0.75 (11)	0.74 (06)		0.73 (11)		0.88 (11)			
PTOT e MI			0.83 (11)		0.94 (11)	0.71 (11)	0.75 (06)		0.72 (11)		0.85 (11)			
PTOT e MO		0.85 (11)	0.89 (11)		0.72 (11)				0.81 (11)	0.83 (11)	0.93 (11)			
PTOT eCLTOT		0.92 (11)	0.79 (11)							0.87 (11)		-0.96 (09)		
PTOT e SEC	-0.83 (11)	-0.75 (11)	-0.93 (11)		-0.92 (11)	-0.75 (11)	-0.96 (11)		-0.90 (11)	-0.70 (11)	-0.90 (11)	-0.91 (09)		
PTOT e TEMP	-0.88 (11)	-0.72 (11)	-0.91 (11)						-0.82 (11)					
SIO2 e TSS					0.74 (11)	0.79 (11)					0.88 (11)			
SIO2 e MI					0.75 (11)	0.81 (11)				-0.77 (11)	0.86 (11)			

CORBB1P

INVERNO 89

INVERNO 90 VERÃO 89-90

VERÃO 90-91

	BB3P	BB4P	BB5P	BB6P	BB11P	BB12P	BB7P	BB8P	BB9P	BB10P	BB13P	BB14P	BB15P	BB16P
NO2 e NO3					0.74 (11)	0.83 (11)							-0.74 (11)	
NO2 e NH4	0.94 (11)		0.96 (11)	0.72 (11)	0.96 (11)	0.94 (11)	0.76 (06)			0.81 (11)	0.79 (11)			
NO2 e NTOT	0.79 (11)	0.71 (11)	0.78 (11)			0.80 (11)								
NO2 e PO4	0.72 (11)			0.88 (11)	0.95 (11)	0.69 (11)	0.99 (06)			-0.77 (11)	0.77 (11)	0.69 (11)		
NO2 e PDIS	0.80 (11)			0.93 (11)	0.93 (11)	0.77 (11)	0.98 (06)			-0.69 (11)	0.74 (11)			
NO2 e PTOT	0.85 (11)		0.80 (11)		0.85 (11)	0.77 (11)					0.88 (11)	0.81 (09)		
NO2 e SiO2					0.75 (11)	0.93 (11)	0.83 (06)			-0.92 (11)	0.92 (11)		0.76 (11)	0.69 (11)
NO2 e TSS			0.81 (11)	0.76 (11)	0.89 (11)	0.90 (11)				0.76 (11)	0.71 (11)		0.80 (11)	0.96 (11)
NO2 e MI				0.78 (11)	0.89 (11)	0.87 (11)				0.90 (11)			0.79 (11)	0.95 (11)
NO2 e MO		0.87 (11)	0.89 (11)		0.76 (11)						0.85 (11)		0.81 (11)	0.89 (11)
NO2 e CLTOT		0.86 (11)	0.74 (11)								0.73 (11)			
NO2 e SEC				-0.86 (11)	-0.86 (11)	-0.82 (11)					-0.95 (11)		-0.82 (11)	-0.72 (09)
NO2 e TEMP	-0.84 (11)		-0.83 (11)				-0.86 (06)			-0.78 (11)				
NO3 e NH4						0.71 (11)			0.78 (10)		-0.69 (11)		-0.86 (11)	-0.74 (11)
NO3 e NTOT						0.93 (11)								
NO3 e PO4					0.87 (11)	0.94 (11)					-0.77 (11)	0.73 (11)		0.76 (11)
NO3 e PDIS			0.87 (11)		0.90 (11)	0.96 (11)					-0.79 (11)			
NO3 e PTOT					0.82 (11)	0.78 (11)			0.75 (10)					

CORBB1P

INVERNO 89

INVERNO 90 VERÃO 89-90

VERÃO 90-91

	BB3P	BB4P	BB5P	BB6P	BB11P	BB12P	BB7P	BB8P	BB9P	BB10P	BB13P	BB14P	BB15P	BB16P
NO3 e SIO2			0.76 (11)		0.80 (11)	0.92 (11)							-0.72 (11)	
NO3 e TSS	0.70 (11)	0.87 (11)			0.78 (11)				0.83 (10)		-0.79 (11)		-0.90 (11)	
NO3 e MI	0.73 (11)	0.84 (11)			0.81 (11)	0.73 (11)			0.82 (10)		-0.80 (11)		-0.89 (11)	
NO3 e MO									0.83 (10)		-0.69 (11)		-0.89 (11)	
NO3 e CLTOT		0.72 (11)												-0.73 (11)
NO3 e SEC	-0.78 (11)	-0.85 (11)	-0.69 (11)		-0.84 (11)	-0.84 (11)			-0.86 (10)		0.70 (11)		0.85 (11)	0.74 (09)
NO3 e TEMP		-0.90 (11)							-0.87 (10)					
NH4 e NTOT	0.75 (11)					0.73 (11)								
NH4 e PO4				0.78 (11)	0.89 (11)		0.72 (06)		0.76 (11)	-0.75 (11)	0.97 (11)			-0.71 (11)
NH4 e PDIS	0.71 (11)			0.84 (11)	0.89 (11)				0.69 (11)	-0.74 (11)	0.95 (11)			
NH4 e PTOT	0.75 (11)				0.77 (11)	0.74 (11)			0.90 (11)		0.93 (11)	0.79 (09)		
NH4 e SIO2					0.69 (11)	0.84 (11)				-0.87 (11)	0.95 (11)			
NH4 e TSS			0.71 (11)	0.98 (11)	0.89 (11)	0.96 (11)			0.84 (11)	0.72 (11)	0.89 (11)	0.76 (11)	0.79 (11)	
NH4 e MI				0.97 (11)	0.88 (11)	0.86 (11)			0.84 (11)	0.84 (11)	0.89 (11)	0.76 (11)	0.78 (11)	
NH4 e MO			0.78 (11)	0.86 (11)	0.79 (11)				0.88 (11)		0.83 (11)	0.76 (11)	0.80 (11)	
NH4 e CLTOT				0.77 (11)								-0.79 (11)		
NH4 e SEC				-0.84 (11)	-0.82 (11)	-0.82 (11)			-0.93 (11)		-0.83 (11)	-0.82 (11)		
NH4 e TEMP	-0.74 (11)		0.69 (11)	-0.89 (11)			-0.72 (06)		-0.94 (11)	-0.80 (11)		-0.76 (11)		

CORBB1P

INVERNO 89

INVERNO 90 VERÃO 89-90

VERÃO 90-91

	BB3P	BB4P	BB5P	BB6P	BB11P	BB12P	BB7P	BB8P	BB9P	BB10P	BB13P	BB14P	BB15P	BB16P
SIO2 e MO											0.91 (11)		0.78 (11)	
SIO2 e CLTOT														
SIO2 e SEC			-0.69 (11)		-0.71 (11)	-0.78 (11)	-0.88 (06)				-0.93 (11)		-0.79 (11)	-0.83 (09)
SIO2 e TEMP							-0.73 (06)			0.73 (11)				
TSS e MI	0.98 (11)	0.96 (11)	0.93 (11)	0.96 (11)	1.00 (11)	0.93 (11)	1.00 (06)	0.88 (10)	1.00 (11)	0.91 (11)	1.00 (11)	1.00 (11)	1.00 (11)	1.00 (11)
TSS e MO			0.94 (11)	0.92 (11)	0.87 (11)		0.98 (06)		0.99 (11)		0.93 (11)	0.99 (11)	0.97 (11)	0.89 (11)
TSS e CLTOT		0.79 (11)	0.86 (11)	0.84 (11)			0.90 (06)							
TSS e SEC	-0.71 (11)	-0.98 (11)	-0.86 (11)	-0.87 (11)	-0.96 (11)	-0.83 (11)		-0.92 (10)	-0.85 (11)		-0.77 (11)		-0.88 (11)	-0.78 (09)
TSS e TEMP		-0.88 (11)	-0.90 (11)	-0.85 (11)					-0.94 (11)	-0.75 (11)		-0.96 (11)		
MI e MO			0.74 (11)	0.77 (11)	0.82 (11)		0.97 (06)		0.98 (11)		0.90 (11)	0.99 (11)	0.95 (11)	0.85 (11)
MI e CLTOT				0.87 (11)			0.88 (06)							
MI e SEC	-0.73 (11)	-0.95 (11)	-0.85 (11)	-0.87 (11)	-0.97 (11)	-0.79 (11)		-0.82 (10)	-0.84 (11)		-0.74 (11)		-0.87 (11)	-0.76 (09)
MI e TEMP		-0.88 (11)	-0.76 (11)	-0.81 (11)					-0.94 (11)	-0.72 (11)		-0.96 (11)		
MO e CLTOT		0.94 (11)	0.94 (11)				0.97 (06)			0.97 (09)				
MO e SEC			-0.76 (11)	-0.73 (11)	-0.80 (11)				-0.88 (11)		-0.87 (11)		-0.87 (11)	-0.79 (09)
MO e TEMP			-0.91 (11)	-0.80 (11)					-0.95 (11)			-0.94 (11)		
CLTOT e SEC		-0.78 (11)		-0.79 (11)	-0.73 (11)							0.87 (11)		
CLTOT e TEMP			-0.76 (11)				0.71 (06)							
SEC e TEMP	0.83 (11)	0.84 (11)	0.83 (11)						0.93 (11)					

CORBB1T

INVERNO 89

INVERNO 90 VERÃO 89-90

VERÃO 90-91

	BB3T	BB4T	BB5T	BB6T	BB11T	BB12T	BB7T	BB8T	BB9T	BB10T	BB13T	BB14T	BB15T	BB16T
NO2 e NO3		0.79 (11)	-0.97 (11)	0.93 (11)			-0.76 (04)		0.89 (04)	0.85 (11)		-0.85 (10)		
NO2 e NH4	0.72 (11)	0.81 (11)		0.89 (11)	0.78 (07)	0.94 (11)	-0.95 (04)					0.95 (10)		
NO2 e NTOT			-0.94 (11)		0.91 (07)				-0.87 (11)			0.83 (08)		-0.80 (11)
NO2 e PO4		-0.70 (11)	0.96 (11)	0.79 (11)	0.90 (07)		-0.79 (04)							
NO2 e PDIS			0.98 (11)		0.79 (07)		-0.75 (04)							
NO2 e PTOT		0.83 (11)			0.75 (07)		-0.90 (04)		0.72 (11)		0.81 (11)	0.75 (08)		
NO2 e SiO2			0.79 (11)						0.82 (11)			0.75 (10)		
NO2 e TSS					0.81 (07)		-0.89 (04)				0.70 (11)	0.83 (10)		
NO2 e MI				0.82 (11)	0.81 (07)	0.96 (11)	-0.88 (04)		0.72 (10)					
NO2 e MO					0.79 (07)		-0.90 (04)					0.86 (10)		
NO2 e CLTOT							-0.87 (04)							
NO2 e SEC		-0.75 (11)		-0.76 (11)	-0.90 (07)	-0.87 (11)	0.88 (04)		-0.76 (11)	-0.76 (11)	-0.85 (11)	-0.76 (10)		
NO2 e TEMP	-0.84 (11)		-0.71 (11)		-0.83 (07)	-0.84 (11)	0.81 (04)		-0.76 (11)			-0.88 (10)		
NO3 e NH4		0.74 (11)		0.88 (11)			0.92 (04)					-0.91 (10)		
NO3 e NTOT		0.94 (11)	0.97 (11)				0.78 (04)		0.88 (04)			-0.73 (08)		
NO3 e PO4			-0.91 (11)	0.70 (11)			0.95 (04)		0.96 (04)	0.85 (11)				
NO3 e PDIS		-0.82 (11)	-0.94 (11)				0.96 (04)		0.99 (04)					
NO3 e PTOT		0.74 (11)				-0.82 (11)	0.96 (04)		0.91 (04)			-0.80 (08)		

CORBB1T

INVERNO 89

INVERNO 90 VERÃO 89-90

VERÃO 90-91

	BB3T	BB4T	BB5T	BB6T	BB11T	BB12T	BB7T	BB8T	BB9T	BB10T	BB13T	BB14T	BB15T	BB16T
NO3 e SiO2			-0.84 (11)						0.91 (04)			-0.77 (10)		
NO3 e TSS		0.73 (11)				-0.89 (11)	0.97 (04)		-0.83 (04)			-0.95 (10)		-0.80 (11)
NO3 e MI		0.81 (11)		0.79 (11)			0.98 (04)		0.92 (04)			-0.88 (10)		-0.82 (11)
NO3 e MO						-0.74 (11)	0.96 (04)		-0.98 (04)			-0.96 (10)		
NO3 e CLTOT							0.98 (04)		-1.00 (04)					
NO3 e SEC		-0.95 (11)					-0.97 (04)		-0.99 (04)	-0.84 (11)		0.81 (10)		
NO3 e TEMP	-0.77 (11)		0.72 (11)							-0.71 (11)		0.93 (10)		
NH4 e NTOT					0.76 (07)				-0.75 (11)			0.91 (08)		
NH4 e PO4				0.84 (11)	0.96 (07)		0.92 (04)				0.89 (11)			
NH4 e PDIS				0.70 (11)	0.97 (07)		0.90 (04)				0.88 (11)			
NH4 e PTOT		0.90 (11)			0.93 (07)		0.99 (04)				0.75 (11)	0.74 (08)		
NH4 e SiO2												0.72 (10)		
NH4 e TSS	0.81 (11)	0.79 (11)	-0.86 (11)		0.98 (07)		0.98 (04)				0.69 (11)	0.83 (10)	0.84 (11)	
NH4 e MI	0.73 (11)	0.77 (11)	-0.78 (11)	0.86 (11)	0.98 (07)	0.96 (11)	0.98 (04)		0.74 (10)		0.77 (11)	0.70 (10)	0.82 (11)	
NH4 e MO			-0.79 (11)		0.90 (07)		0.99 (04)					0.89 (10)	0.76 (11)	
NH4 e CLTOT							0.98 (04)							-0.76 (11)
NH4 e SEC		-0.79 (11)		-0.88 (11)	-0.87 (07)	-0.80 (11)	-0.98 (04)				-0.80 (11)	-0.78 (10)		
NH4 e TEMP	-0.83 (11)				-0.73 (07)	-0.75 (11)	-0.76 (04)					-0.93 (10)		-0.69 (11)

CORBB1T

INVERNO 89

INVERNO 90 VERÃO 89-90

VERÃO 90-91

	BB3T	BB4T	BB5T	BB6T	BB11T	BB12T	BB7T	BB8T	BB9T	BB10T	BB13T	BB14T	BB15T	BB16T
NTOT e PO4			-0.89 (11)		0.88 (07)									
NTOT e PDIS		-0.73 (11)	-0.93 (11)		0.78 (07)									
NTOT e PTOT							0.74 (04)			0.76 (11)	0.71 (11)	0.73 (08)		
NTOT e SiO2			-0.80 (11)							0.74 (11)				
NTOT e TSS					0.79 (07)									
NTOT e MI					0.78 (07)				-0.77 (10)					
NTOT e MO					0.81 (07)									
NTOT e CLTOT							0.70 (04)							
NTOT e SEC		-0.86 (11)			-0.87 (07)		-0.77 (04)				-0.73 (11)			
NTOT e TEMP			0.72 (11)		-0.75 (07)							-0.76 (08)		
PO4 e PDIS	0.89 (11)	0.77 (11)	0.99 (11)	0.79 (11)	0.97 (07)	0.88 (11)	1.00 (04)		0.96 (11)	0.74 (11)	0.99 (11)	0.71 (10)		0.93 (11)
PO4 e PTOT	0.75 (11)				0.91 (07)		0.92 (04)		0.77 (11)		0.84 (11)			
PO4 e SiO2			0.70 (11)						0.87 (11)					0.74 (11)
PO4 e TSS					0.97 (07)		0.96 (04)			0.85 (11)	0.88 (11)			
PO4 e MI					0.97 (07)		0.97 (04)			0.88 (11)	0.93 (11)			
PO4 e MO					0.94 (07)	-0.72 (11)	0.96 (04)		-0.96 (10)	0.69 (11)				
PO4 e CLTOT							0.97 (04)		-0.97 (05)					
PO4 e SEC				-0.87 (11)	-0.93 (07)		-0.91 (04)		-0.89 (11)	-0.95 (11)	-0.83 (11)		-0.72 (11)	

VERÃO 90-91

[illegible]

CORBB1T

INVERNO 89

INVERNO 90 VERÃO 89-90

VERÃO 90-91

	BB3T	BB4T	BB5T	BB6T	BB11T	BB12T	BB7T	BB8T	BB9T	BB10T	BB13T	BB14T	BB15T	BB16T
SiO2 e MO									-0.78 (10)			0.74 (10)		
SiO2 e CLTOT									-0.84 (05)					
SiO2 e SEC									-0.80 (11)			-0.83 (10)		
SiO2 e TEMP	0.69 (11)											-0.81 (10)		
TSS e MI	0.87 (11)	0.98 (11)	0.97 (11)	0.80 (11)	1.00 (09)		1.00 (04)	0.98 (05)	0.84 (10)		0.97 (11)	0.96 (11)	0.99 (11)	0.97 (11)
TSS e MO		0.75 (11)	0.74 (11)		0.97 (09)	0.96 (11)	1.00 (04)					0.96 (11)	0.85 (11)	
TSS e CLTOT		0.75 (11)					1.00 (04)							
TSS e SEC	-0.73 (11)	-0.81 (11)	-0.80 (11)	-0.77 (11)	-0.93 (09)		-0.99 (04)	-0.87 (04)			-0.88 (11)	-0.84 (11)	-0.84 (11)	
TSS e TEMP					-0.76 (09)							-0.86 (11)		-0.81 (11)
MI e MO					0.95 (09)		1.00 (04)					0.86 (11)	0.79 (11)	
MI e CLTOT							1.00 (04)		-0.80 (05)					
MI e SEC		-0.88 (11)	-0.80 (11)	-0.76 (11)	-0.92 (09)	-0.91 (11)	-0.99 (04)	-0.80 (04)			-0.89 (11)	-0.81 (11)	-0.85 (11)	
MI e TEMP					-0.75 (09)	-0.89 (11)						-0.78 (11)		-0.84 (11)
MO e CLTOT							1.00 (04)	0.96 (05)	0.98 (05)		0.88 (11)			
MO e SEC					-0.94 (09)		-0.98 (04)	0.87 (04)	0.93 (10)			-0.84 (11)		
MO e TEMP					-0.75 (09)			0.97 (05)				-0.90 (11)		
CLTOT e SEC							-0.99 (04)	0.85 (04)	1.00 (05)					
CLTOT e TEMP								0.86 (05)					0.98 (11)	0.89 (11)
SEC e TEMP					0.89 (09)	0.91 (11)	0.76 (04)			0.79 (11)	-0.75 (11)	0.78 (11)		

APÊNDICE BCORRELAÇÕES SIGNIFICATIVAS ENTRE VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS
E VARIÁVEIS ESPECTRAIS

Tabela CORBB2 - Correlações significativas entre Variáveis Limnológicas e Variáveis Espectrais em diferentes datas e compartimentos aquáticos do reservatório da UHE Barra Bonita.

CORBB2

INVERNO 1989								INVERNO 1990				
	BB3	BB3E	BB3P	BB3T	BB4	BB4E	BB4P	BB4T	BB12	BB12E	BB12P	BB12T
NO2 e B1R							-0.78 (11)	-0.75 (11)	0.76 (30)		0.67 (11)	0.66 (11)
NO2 e B2R		0.75 (08)					-0.62 (11)		0.79 (30)	0.79 (08)	0.74 (11)	0.67 (11)
NO2 e B3R									0.83 (30)	0.59 (08)	0.80 (11)	0.74 (11)
NO2 e B4R		0.59 (08)							0.73 (30)	0.77 (08)		0.84 (11)
NO2 e RB1B2		-0.85 (08)							-0.72 (30)		-0.63 (11)	-0.61 (11)
NO2 e RB2B3									-0.75 (30)		-0.78 (11)	-0.74 (11)
NO2 e MB1B3									0.83 (30)	0.82 (08)	0.80 (11)	0.73 (11)
NO3 e B1R		-0.76 (08)		-0.60 (11)				-0.81 (11)		-0.65 (08)	0.74 (11)	
NO3 e B2R			0.70 (11)		0.76 (30)				0.65 (30)		0.96 (11)	
NO3 e B3R		-0.73 (08)	0.80 (11)		0.70 (30)			0.61 (11)	0.64 (30)		0.94 (11)	
NO3 e B4R			0.64 (11)								0.60 (11)	
NO3 e RB1B2			-0.67 (11)		-0.72 (30)				-0.68 (30)		-0.93 (11)	
NO3 e RB2B3		0.88 (08)	-0.68 (11)				-0.74 (11)	-0.70 (11)	-0.60 (30)		-0.88 (11)	
NO3 e MB1B3		-0.74 (08)	0.78 (11)		0.75 (30)				0.63 (30)		0.93 (11)	
NH4 e B1R				-0.60 (11)				-0.74 (11)	0.62 (30)			
NH4 e B2R									0.64 (30)		0.59 (11)	
NH4 e B3R									0.68 (30)		0.68 (11)	0.62 (11)
NH4 e B4R								0.61 (11)	0.61 (30)			0.74 (11)
NH4 e RB1B2												
NH4 e RB2B3				-0.65 (11)							-0.69 (11)	-0.64 (11)
NH4 e MB1B3									0.68 (30)		0.67 (11)	0.60 (11)

CORBB2

	INVERNO 1989								INVERNO 1990			
	BB3	BB3E	BB3P	BB3T	BB4	BB4E	BB4P	BB4T	BB12	BB12E	BB12P	BB12T
NTOT e B1R						0.59 (08)		-0.74 (11)		-0.89 (08)	0.67 (11)	
NTOT e B2R											0.85 (11)	
NTOT e B3R					0.60 (30)			0.66 (11)		0.73 (08)	0.87 (11)	
NTOT e B4R												
NTOT e RB1B2								-0.67 (11)			-0.83 (11)	
NTOT e RB2B3		0.73 (08)						-0.69 (11)		-0.85 (08)	-0.82 (11)	
NTOT e MB1B3					0.59 (30)						0.85 (11)	
PO4 e B1R				0.78 (11)					0.81 (30)		0.82 (11)	0.79 (11)
PO4 e B2R				0.87 (11)	0.65 (30)				0.88 (30)	-0.60 (08)	0.96 (11)	0.83 (11)
PO4 e B3R	0.65 (30)			0.64 (11)	0.60 (30)				0.90 (30)		0.94 (11)	0.83 (11)
PO4 e B4R						0.63 (08)			0.64 (30)	-0.61 (08)	0.73 (11)	0.63 (11)
PO4 e RB1B2				-0.71 (11)	-0.60 (30)				-0.86 (30)		-0.86 (11)	-0.82 (11)
PO4 e RB2B3	-0.63 (30)		-0.63 (11)						-0.87 (30)		-0.89 (11)	-0.86 (11)
PO4 e MB1B3	0.65 (30)			0.77 (11)	0.65 (30)				0.89 (30)		0.94 (11)	0.82 (11)
PDIS e B1R				0.70 (11)				0.61 (11)	0.81 (30)		0.79 (11)	0.91 (11)
PDIS e B2R				0.67 (11)		0.75 (08)			0.89 (30)		0.96 (11)	0.96 (11)
PDIS e B3R						0.66 (08)			0.90 (30)		0.94 (11)	0.96 (11)
PDIS e B4R						0.62 (08)			0.68 (30)		0.72 (11)	0.86 (11)
PDIS e RB1B2						-0.75 (08)			-0.87 (30)		-0.90 (11)	-0.96 (11)
PDIS e RB2B3									-0.86 (30)		-0.89 (11)	-0.93 (11)
PDIS e MB1B3				0.60 (11)					0.89 (30)	-0.60 (08)	0.94 (11)	0.95 (11)

[illegible]

CORBB2

INVERNO 1989						INVERNO 1990						
	BB3	BB3E	BB3P	BB3T	BB4	BB4E	BB4P	BB4T	BB12	BB12E	BB12P	BB12T
MI e B1R			0.65 (11)					-0.59 (11)	0.77 (30)		0.67 (11)	0.70 (11)
MI e B2R			0.63 (11)			0.86 (08)			0.81 (30)		0.66 (11)	0.71 (11)
MI e B3R			0.80 (11)		0.70 (30)	0.93 (08)	0.70 (11)		0.84 (30)		0.73 (11)	0.78 (11)
MI e B4R			0.71 (11)			0.87 (08)	0.64 (11)		0.71 (30)			0.84 (11)
MI e RB1B2						-0.61 (08)			-0.76 (30)			-0.68 (11)
MI e RB2B3		0.68 (08)	-0.72 (11)	-0.67 (11)	-0.83 (30)		-0.90 (11)		-0.76 (30)		-0.70 (11)	-0.81 (11)
MI e MB1B3			0.79 (11)		0.60 (30)	0.86 (08)	0.63 (11)		0.84 (30)		0.74 (11)	0.77 (11)
MO e B1R							-0.81 (11)					
MO e B2R								-0.80 (11)		0.88 (08)		
MO e B3R												
MO e B4R										0.84 (08)		
MO e RB1B2						-0.65 (08)				-0.62 (08)		
MO e RB2B3												
MO e MB1B3										0.68 (08)		
CLTOT e B1R	-0.69 (30)	-0.64 (08)		-0.73 (11)			-0.64 (11)					
CLTOT e B2R	-0.68 (30)			-0.64 (11)				-0.81 (11)				
CLTOT e B3R	-0.66 (30)	-0.80 (08)										
CLTOT e B4R												
CLTOT e RB1B2								0.84 (11)				
CLTOT e RB2B3		0.85 (08)										
CLTOT e MB1B3	-0.70 (30)	-0.80 (08)		-0.65 (11)								

CORBB2

INVERNO 1989						INVERNO 1990						
	BB3	BB3E	BB3P	BB3T	BB4	BB4E	BB4P	BB4T	BB12	BB12E	BB12P	BB12T
SEC e B1R			-0.59 (11)					0.72 (11)	-0.77 (27)		-0.61 (11)	-0.85 (11)
SEC e B2R	-0.64 (30)	-0.78 (08)	-0.60 (11)			-0.62 (08)			-0.83 (27)		-0.75 (11)	-0.89 (11)
SEC e B3R	-0.84 (30)		-0.67 (11)	-0.77 (11)	-0.76 (30)	-0.71 (08)		-0.64 (11)	-0.85 (27)		-0.83 (11)	-0.91 (11)
SEC e B4R	-0.62 (30)	-0.74 (08)				-0.84 (08)			-0.76 (27)		-0.64 (11)	-0.91 (11)
SEC e RB1B2		0.83 (08)		0.65 (11)		0.65 (08)			0.82 (27)		0.72 (11)	0.87 (11)
SEC e RB2B3	0.81 (30)		0.95 (11)	0.81 (11)	0.84 (30)		0.79 (11)	0.77 (11)	0.84 (27)		0.83 (11)	0.90 (11)
SEC e MB1B3	-0.80 (30)		-0.82 (11)	-0.66 (11)					-0.84 (27)		-0.80 (11)	-0.90 (11)
TEMP e B1R		0.63 (08)		0.61 (11)						0.71 (05)		-0.88 (11)
TEMP e B2R		0.76 (08)								-0.82 (05)		-0.86 (11)
TEMP e B3R		0.82 (08)								-0.90 (05)		-0.92 (11)
TEMP e B4R			-0.68 (11)			-0.63 (08)						-0.89 (11)
TEMP e RB1B2		-0.59 (08)								0.93 (05)		0.79 (11)
TEMP e RB2B3		-0.64 (08)	0.78 (11)				0.74 (11)			0.72 (05)		0.97 (11)
TEMP e MB1B3		0.81 (08)								-0.92 (05)		0.91 (11)

CORBB2

	VERÃO 89-90				VERÃO 90-91			
	BB10	BB10 E	BB10 P	BB10 T	BB13	BB13 E	BB13 P	BB13 T
NO2 e B1R					0.65 (29)		0.61 (11)	
NO2 e B2R					0.65 (29)		0.62 (11)	
NO2 e B3R			0.64 (11)		0.69 (29)		0.63 (11)	
NO2 e B4R	0.65 (30)			0.71 (11)				
NO2 e RB1B2					-0.75 (29)		-0.65 (11)	
NO2 e RB2B3	-0.63 (30)		-0.78 (11)		-0.73 (29)		-0.78 (11)	
NO2 e MB1B3			0.59 (11)				0.61 (11)	
NO3 e B1R	0.61 (30)						-0.79 (11)	-0.76 (11)
NO3 e B2R	0.64 (30)						-0.79 (11)	-0.71 (11)
NO3 e B3R				0.63 (11)			-0.81 (11)	-0.69 (11)
NO3 e B4R		-0.73 (08)		0.77 (11)			-0.84 (11)	
NO3 e RB1B2							0.76 (11)	0.66 (11)
NO3 e RB2B3		-0.66 (08)		-0.71 (11)			0.83 (11)	0.64 (11)
NO3 e MB1B3	0.60 (30)			0.62 (11)			-0.81 (11)	-0.70 (11)
NH4 e B1R			0.60 (11)		0.82 (29)		0.92 (11)	0.68 (11)
NH4 e B2R					0.86 (29)		0.93 (11)	0.76 (11)
NH4 e B3R		-0.60 (08)	0.79 (11)		0.87 (29)		0.91 (11)	0.70 (11)
NH4 e B4R			0.70 (11)		0.84 (29)	-0.60 (07)	-0.88 (11)	
NH4 e RB1B2					-0.81 (29)		-0.96 (11)	-0.84 (11)
NH4 e RB2B3		0.69 (08)	-0.86 (11)		-0.85 (29)		-0.93 (11)	-0.71 (11)
NH4 e MB1B3		-0.59 (08)	0.79 (11)		0.86 (29)		0.90 (11)	0.68 (11)

CORBB2

	VERÃO 89-90				VERÃO 90-91			
	BB10	BB10 E	BB10 P	BB10 T	BB13	BB13 E	BB13 P	BB13 T
NTOT e B1R								
NTOT e B2R	0.65 (30)							
NTOT e B3R	0.61 (30)							
NTOT e B4R		-0.63 (08)		0.60 (11)				
NTOT e RB1B2	-0.59 (30)						-0.61 (11)	
NTOT e RB2B3		-0.82 (08)						
NTOT e MB1B3	0.62 (30)	0.69 (08)						
PO4 e B1R		-0.84 (08)		0.76 (11)	0.91 (29)		0.97 (11)	0.89 (11)
PO4 e B2R				0.75 (11)	0.92 (29)		0.97 (11)	0.93 (11)
PO4 e B3R		-0.85 (08)		0.82 (11)	0.89 (29)		0.97 (11)	0.92 (11)
PO4 e B4R				0.87 (11)	0.80 (29)		0.94 (11)	0.81 (11)
PO4 e RB1B2				-0.68 (11)	-0.92 (29)		-0.97 (11)	-0.93 (11)
PO4 e RB2B3		0.86 (08)	0.69 (11)	-0.86 (11)	-0.90 (29)		-0.97 (11)	-0.92 (11)
PO4 e MB1B3		-0.85 (08)		0.82 (11)	0.88 (29)		0.96 (11)	0.91 (11)
PDIS e B1R		-0.63 (08)			0.94 (29)		0.97 (11)	0.87 (11)
PDIS e B2R	0.59 (30)			0.63 (11)	0.94 (29)		0.97 (11)	0.92 (11)
PDIS e B3R			-0.60 (11)	0.63 (11)	0.92 (29)		0.98 (11)	0.92 (11)
PDIS e B4R				0.79 (11)	0.83 (29)		0.97 (11)	0.82 (11)
PDIS e RB1B2				-0.70 (11)	-0.95 (29)		-0.96 (11)	-0.94 (11)
PDIS e RB2B3			0.65 (11)	-0.62 (11)	-0.93 (29)		-0.98 (11)	-0.93 (11)
PDIS e MB1B3				0.60 (11)	0.90 (29)		0.97 (11)	0.90 (11)

CORBB2

	VERÃO 89-90				VERÃO 90-91			
	BB10	BB10 E	BB10 F	BB10 T	BB13	BB13 E	BB13 P	BB13 T
PTOT e B1R					0.79 (29)		0.80 (11)	0.65 (11)
PTOT e B2R					0.80 (29)		0.82 (11)	0.72 (11)
PTOT e B3R	0.64 (30)				0.76 (29)		0.80 (11)	0.73 (11)
PTOT e B4R	0.61 (30)	-0.64 (08)	0.80 (11)	0.59 (11)	0.67 (29)		0.76 (11)	0.69 (11)
PTOT e RB1B2	-0.67 (30)			-0.63 (11)	-0.84 (29)		-0.85 (11)	-0.75 (11)
PTOT e RB2B3	-0.67 (30)				-0.83 (29)		-0.87 (11)	-0.81 (11)
PTOT e MB1B3	0.61 (30)				0.73 (29)		0.79 (11)	0.71 (11)
S102 e B1R					0.59 (29)		0.83 (11)	
S102 e B2R							0.84 (11)	
S102 e B3R			-0.76 (11)				0.83 (11)	
S102 e B4R							0.79 (11)	
S102 e RB1B2					-0.65 (29)		-0.87 (11)	
S102 e RB2B3			0.85 (11)				-0.91 (11)	
S102 e MB1B3			-0.74 (11)				0.81 (11)	
TSS e B1R				0.80 (11)	0.89 (29)	0.59 (07)	0.94 (11)	0.84 (11)
TSS e B2R	0.68 (30)			0.92 (11)	0.91 (29)	0.73 (07)	0.94 (11)	0.88 (11)
TSS e B3R	0.80 (30)			0.97 (11)	0.94 (29)		0.95 (11)	0.90 (11)
TSS e B4R	0.79 (30)		0.75 (11)	0.84 (11)	0.94 (29)		0.93 (11)	0.89 (11)
TSS e RB1B2	-0.68 (30)			-0.88 (11)	-0.84 (29)	-0.70 (07)	-0.93 (11)	-0.85 (11)
TSS e RB2B3	-0.79 (30)			-0.96 (11)	-0.90 (29)		-0.94 (11)	-0.92 (11)
TSS e MB1B3	0.78 (30)			0.96 (11)	0.94 (29)		0.95 (11)	0.89 (11)

CORBB2

	VERÃO 89-90				VERÃO 90-91			
	BB10	BB10 E	BB10 P	BB10 T	BB13	BB13 E	BB13 P	BB13 T
MI e B1R				0.82 (11)	0.90 (29)		0.95 (11)	0.91 (11)
MI e B2R	0.73 (30)			0.92 (11)	0.92 (29)	0.66 (07)	0.96 (11)	0.95 (11)
MI e B3R	0.85 (30)		0.61 (11)	0.96 (11)	0.95 (29)	0.70 (07)	0.96 (11)	0.95 (11)
MI e B4R	0.78 (30)		0.65 (11)	0.84 (11)	0.95 (29)		0.95 (11)	0.86 (11)
MI e RB1B2	-0.69 (30)			-0.87 (11)	-0.84 (29)	-0.70 (07)	-0.93 (11)	-0.93 (11)
MI e RB2B3	-0.83 (30)		-0.76 (11)	-0.95 (11)	-0.90 (29)		-0.94 (11)	-0.97 (11)
MI e MB1B3	0.84 (30)			0.96 (11)	0.95 (29)	0.66 (07)	0.96 (11)	0.94 (11)
MO e B1R				0.65 (11)	0.70 (29)		0.78 (11)	
MO e B2R				0.81 (11)	0.71 (29)		0.79 (11)	
MO e B3R		-0.61 (08)		0.85 (11)	0.72 (29)		0.80 (11)	
MO e B4R				0.76 (11)	0.74 (29)	-0.62 (07)	0.77 (11)	
MO e RB1B2				-0.80 (11)	-0.69 (29)		-0.80 (11)	
MO e RB2B3		0.61 (08)		-0.84 (11)	-0.76 (29)	0.62 (07)	-0.87 (11)	
MO e MB1B3				0.84 (11)	0.71 (29)		0.79 (11)	
CLTOT e B1R								
CLTOT e B2R								
CLTOT e B3R			-0.66 (09)					
CLTOT e B4R								
CLTOT e RB1B2		0.82 (04)						
CLTOT e RB2B3			0.64 (09)					
CLTOT e MB1B3			-0.65 (09)					

CORBB2

	VERÃO 89-90				VERÃO 90-91			
	BB10	BB10 E	BB10 P	BB10 T	BB13	BB13 E	BB13 P	BB13 T
SEC e B1R			-0.63 (11)	-0.60 (11)	-0.68 (28)		-0.69 (11)	-0.65 (11)
SEC e B2R			-0.79 (11)	-0.64 (11)	-0.69 (28)	-0.83 (06)	-0.70 (11)	-0.72 (11)
SEC e B3R		-0.65 (08)	-0.82 (11)	-0.72 (11)	-0.64 (28)	-0.89 (06)	-0.71 (11)	-0.73 (11)
SEC e B4R			-0.95 (11)	-0.87 (11)			-0.67 (11)	-0.61 (11)
SEC e RB1B2			0.82 (11)	0.61 (11)	0.79 (28)	0.85 (06)	0.73 (11)	0.75 (11)
SEC e RB2B3		0.77 (08)	0.82 (11)	0.78 (11)	0.80 (28)	0.59 (06)	0.86 (11)	0.80 (11)
SEC e MB1B3		-0.63 (08)	-0.81 (11)	-0.71 (11)	-0.61 (28)	-0.86 (06)	-0.69 (11)	-0.71 (11)
TEMP e B1R		-0.67 (08)		-0.69 (11)		-0.83 (05)		
TEMP e B2R				-0.87 (11)		-0.97 (05)		
TEMP e B3R		-0.75 (08)	-0.67 (11)	-0.88 (11)		-0.82 (05)		
TEMP e B4R			-0.72 (11)	-0.82 (11)				
TEMP e RB1B2				0.88 (11)		0.95 (05)		
TEMP e RB2B3		0.75 (08)	0.72 (11)	0.88 (11)				
TEMP e MB1B3		-0.78 (08)	-0.64 (11)	-0.86 (11)		-0.84 (05)		



AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO

TÍTULO					
Segundo Relatório do Projeto Sensoriamento Remoto de Sistemas Aquáticos					
AUTOR					
Glynn Marcia Leão de Moraes Nova, Claudio Fernandes Zuccari Braga					
TRADUTOR					
Fernanda Lobo					
EDITOR					
ORIGEM	PROJETO	SÉRIE	Nº DE PÁGINAS	Nº DE FOTOS	Nº DE MAPAS
DSM	SISA	76			
TIPO					
☐ RPQ	☐ PRE	☐ NTC	☒ PRP	☐ MAN	☐ PUD
☐ TAE					
DIVULGAÇÃO					
☒ EXTERNA	☐ INTERNA	☐ RESERVADA	☐ LISTA DE DISTRIBUIÇÃO ANEXA		
PERIÓDICO/EVENTO					
CONVÊNIO					
CRHEA/USP - INPE/MCT					
AUTORIZAÇÃO PRELIMINAR					
11/11/96					
ASSINATURA					
[Signature]					
REVISÃO TÉCNICA					
☐ SOLICITADA	☒ DISPENSADA	[Signature]			
THELMA ASSINATURA					
Chefe da Divisão de Sensoriamento Remoto e Meteorologia Espacial					
RECEBIDA ___/___/___ DEVOLVIDA ___/___/___					
ASSINATURA DO REVISOR					
REVISÃO DE LINGUAGEM					
☐ SOLICITADA	☒ DISPENSADA	[Signature]			
THELMA ASSINATURA					
Chefe da Divisão de Sensoriamento Remoto e Meteorologia Espacial					
RECEBIDA ___/___/___ DEVOLVIDA ___/___/___					
ASSINATURA DO REVISOR					
PROCESSAMENTO/DATILOGRAFIA					
RECEBIDA ___/___/___ DEVOLVIDA ___/___/___					
ASSINATURA					
REVISÃO TIPOGRÁFICA					
RECEBIDA ___/___/___ DEVOLVIDA ___/___/___					
ASSINATURA					
AUTORIZAÇÃO FINAL					
11/11/96					
Loiz Alberto Vieira Dias					
Coordenador Geral de Observação da Terra					
ASSINATURA					
PALAVRAS-CHAVE					
SISTEMAS AQUÁTICOS, SENSORIAMENTO REMOTO, SISTEMAS DE DIAGNÓSTICO GEOGRÁFICO					