

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”  
Instituto de Geociências e Ciências Exatas  
Campus de Rio Claro

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RESERVATÓRIO DE  
ITUPARARANGA, BACIA DO ALTO SOROCABA (SP)**

FELIPE JOSÉ DE MORAES PEDRAZZI

Orientador: Prof. Dr. Fabiano Tomazini da Conceição  
Co-orientador: Prof. Dr. Washington Barbosa Leite Júnior

Dissertação de Mestrado elaborada junto  
ao Programa de Pós-Graduação de  
Geologia Regional para obtenção do título  
de Mestre em Geologia Regional

Rio Claro (SP)

2009

551.9 Pedrazzi, Felipe José de Moraes  
P371a Avaliação da qualidade da água do reservatório de  
Itupararanga, bacia do Alto Sorocaba (SP) / Felipe José de  
Moraes Pedrazzi. - Rio Claro : [s.n.], 2009  
87 f. : il., gráfs., tabs., quadr.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,  
Instituto de Geociências e Ciências Exatas de Rio Claro  
Orientador: Fabiano Tomazini da Conceição  
Co-orientador: Washington Barbosa Leite Júnior

1. Geoquímica. 2. Qualidade da água. 3. Estratificação. 4.  
Gradiente espacial. 5. Gradiente temporal. I. Título

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI - Biblioteca da UNESP  
Campus de Rio Claro/SP

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a meus pais, Afonso e Marta, que servem de exemplo de pessoas honestas, íntegras e sempre apoiadoras de idéias novas. À Laura, minha companheira de anos, que vêm acompanhando todas as mudanças em minha vida, incentivando-me e dando apoio nas horas difíceis.

Dedico também àqueles da família que não se fazem mais presentes e que me ajudaram a formar a pessoa que sou.

Dedico este trabalho a todos os ambientalistas e gestores que poderão fazer uso desta obra para melhorar a qualidade de vida na bacia de Itupararanga.

Dedico este trabalho, sobretudo à Deus, que nos deu a oportunidade da vida.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço aos professores Dr. Fabiano Tomazini da Conceição e Dr. Washington Barbosa Leite Júnior, pela orientação e confiança na capacidade de realizar o trabalho no nível desejado pela instituição, pela presteza no atendimento, esclarecimento de dúvidas e apoio pessoal nos momentos difíceis.

Aos professores dos Cursos de Pós-Graduação em Geologia Regional e Geociências e Meio Ambiente, que contribuíram para minha formação e amadurecimento necessário para a elaboração de uma obra como esta.

Ao Condomínio Veleiros de Ibiúna, ONG SOS Itupararanga e Guarda Civil de Ibiúna pela presteza e disposição a acompanhar-nos nas coletas, gentilmente cedendo a viatura aquática para a realização dos trabalhos científicos.

Ao pessoal do laboratório de química ambiental da UNESP de Sorocaba, pela ajuda na elaboração deste trabalho e aos demais colegas do grupo de trabalho que estuda a bacia do Alto Sorocaba.

Ao pessoal do LABOGEO da UNESP Rio Claro, pela disposição, ajuda e companheirismo.

À CAPES, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pelo incentivo ao conhecimento científico e aos demais patrocinadores financeiros e intelectuais desta obra.

## AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RESERVATÓRIO DE ITUPARARANGA, BACIA DO ALTO SOROCABA (SP)

### RESUMO

Considerando a grande importância da bacia do Alto do Rio Sorocaba para a região de Sorocaba, seja para o abastecimento da população, geração de energia elétrica, irrigação e usos industriais, este trabalho teve como objetivo principal avaliar a qualidade da água do reservatório de Itupararanga. O estudo foi desenvolvido pela da geração de um banco de dados georreferenciado, avaliação da qualidade de água no seu gradiente espacial (horizontal e vertical) e temporal (épocas de seca e chuvosa), visando conhecer o comportamento de alguns elementos e compostos na coluna d'água e sua distribuição neste reservatório, correlacionando-os ao uso e ocupação do solo adjacente. Assim, de acordo com os resultados obtidos no gradiente horizontal (montante-jusante) na época de seca 90% dos pontos estavam eutrofizados (IET > 54) e na época de chuva 60%. No gradiente vertical (lâmina d'água-fundo) observou-se que a distribuição de elementos metálicos e nutrientes variaram de acordo com o pH e presença de clorofila-a, indicando que a eutrofização do reservatório altera as condições de crescimento de algas que por sua vez afeta a estratificação de elementos na coluna d'água. Portanto, entende-se que são necessárias ações voltadas ao planejamento do uso e ocupação do solo e gerenciamento integrado desta importante bacia hidrográfica localizada no interior paulista.

**Palavras-chave:** Qualidade da água; estratificação; geoquímica; gradiente espacial; gradiente temporal.

## **WATER QUALITY ASSESMENT OF ITUPARARANGA RESERVOIR, ALTO SOROCABA BASIN (SP).**

### **ABSTRACT**

Considering the great importance of upper Sorocaba basin to the Sorocaba region to water supply, electric generation, irrigation and industrial uses, this work has the main objective to evaluate the water quality of Itupararanga reservoir. The study was conducted with the generation of a georeferenced data base, the water quality evaluation in the spacial gradient (horizontal and vertical distribution) and temporal (dry and wet climate), trying to know the comportament of some elements and solutions in water column in the reservoir, trying to make the correlation between the data and land use. The results show that in horizontal gradient (upstream – downstream) in the dry period, 90% of collecting points are eutrophic (IET > 54), in the wet period, 60%. In vertical gradient (up – bottom) was observed that the distribution of some metallic elements and some compounds varied in accordance with pH and chlorophyll-a, indicating that the reservoir eutrophization shifts the algal growing, that causes, with the temperature, stratifies elements in water column. Actions to plan the land use in this watershed are needed to reduce the environment and water quality degradation, making a integrated managing of this important watershed in countryside of São Paulo State.

**Key Words:** Water Quality; stratification; geochemistry; spacial gradient; temporal gradient.

## SUMÁRIO

### Índice

RESUMO .....	iv
INTRODUÇÃO.....	10
OBJETIVO.....	13
CARACTERÍSTICAS GERAIS DA ÁREA DE ESTUDO .....	14
MATERIAIS E MÉTODOS .....	31
AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS DO RESERVATÓRIO DE ITUPARARANGA NO SEU GRADIENTE HORIZONTAL.....	37
AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS DO RESERVATÓRIO DE ITUPARARANGA NO SEU GRADIENTE VERTICAL .....	54
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	73
BIBLIOGRAFIA .....	78

## Índice de Figuras

Figura 2.1 – Detalhe da bacia do Alto Sorocaba e inserção na UGRHI 10 - bacia do Sorocaba e Médio Tietê.....	14
Figura 2.2 - Mapa de uso e ocupação do solo na bacia do Alto Sorocaba.....	17
Figura 2.3 – Captação de água na bacia para o município de São Roque/SP.....	18
Figura 2.4 – Boa qualidade dos mananciais de cabeceira na bacia. ....	18
Figura 2.5 – Captação de água para uso agrícola. ....	18
Figura 2.6 – Cultura de olerícolas, bastante comum na bacia. ....	18
Figura 2.7 – Uso industrial de água na bacia.....	18
Figura 2.8 – Disposição inadequada de resíduos devido a distância dos bairros rurais aos centros urbanos. ....	18
Figura 2.9 - Precipitação média mensal na bacia do Alto Sorocaba durante o período entre 1960 a 2004 .....	22
Figura 2.10 - Variação e tendência da pluviosidade na bacia do Alto Sorocaba durante o período entre 1960 a 2004.....	22
Figura 2.11 - Curva de Permanência das vazões afluentes durante o período de 1960 e 2004. ....	25
Figura 2.12 - Vazões médias anuais afluentes à Represa de Itupararanga durante o período entre 1960 e 2004.....	25
Figura 2.13 - Vazões médias mensais afluentes à Represa de Itupararanga durante o período entre 1960 e 2004.....	26
2.3 – Geomorfologia, Pedologia e Geologia .....	26
Figura 2.14 - Mapa Geomorfológico da bacia do Alto Sorocaba. Modificado de IPT (2005).27	
Figura 2.15 - Mapa Pedológico da bacia do Alto Sorocaba. Modificado de IPT (2005). ....	28
Figura 2.16 – Mapa geológico da bacia do Alto Sorocaba. ....	29
Figura 3.1 - Viatura aquática da Guarda Civil Metropolitana de Ibiúna cedida para a realização das coletas deste trabalho.....	31
Figura 3.1 – Garrafa de Van Dorn utilizada para amostrar a água nas diferentes profundidades do reservatório. ....	33
Figura 4.1 – Valores de condutividade elétrica ( $\mu\text{S/cm}$ ) das águas do reservatório de Itupararanga.....	41
Figura 4.2 – Valores de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) das águas do reservatório de Itupararanga durante as diferentes épocas de coleta.....	42

Figura 4.3 – Valores de pH das águas do reservatório de Itupararanga durante as diferentes épocas de coleta. ....	43
Figura 4.5 – Valores de sólidos totais dissolvidos (mg/L) das águas do reservatório de Itupararanga durante as diferentes épocas de coleta.....	46
Figura 4.6 – Valores de sólidos totais em suspensão (mg/L) das águas do reservatório de Itupararanga durante as diferentes épocas de coleta.....	46
Figura 4.7 – Valores de fósforo total (mg/L) das águas do reservatório de Itupararanga durante as diferentes épocas de coleta.....	48
Figura 4.8 – Valores de clorofila-a (mg/L) das águas do reservatório de Itupararanga durante as diferentes épocas de coleta.....	48
Figura 4.9 – Porcentagem dos pontos em diferentes estados tróficos durante a estação chuvosa.....	50
Figura 4.10 – Porcentagem dos pontos em diferentes estados tróficos durante a estação seca. ....	51
Figura 4.11 – Variação do IET para o reservatório de Itupararanga no período chuvoso. ....	51
Figura 4.12 – Variação do IET para o reservatório de Itupararanga no período seco. ....	52
Figura 4.13 - Cotas médias mensais do reservatório de Itupararanga entre os anos de 1960 – 2004 .....	53
Figura 5.1 – Valores de condutividade .....	57
Figura 5.2 – Valores de temperatura.....	58
Figura 5.3 – Valores de pH .....	59
Figura 5.4 – Valores de oxigênio dissolvido.....	60
Figura 5.5 – Valores de magnésio .....	62
Figura 5.6 – Valores de cálcio, sódio e potássio na estação seca. ....	62
Figura 5.7 – Valores de cálcio, sódio e potássio na estação chuvosa.....	63
Figura 5.8 – Valores de alumínio e ferro na estação seca. ....	64
Figura 5.9 – Valores de alumínio e ferro na estação chuvosa.....	64
Figura 5.10 – Valores de manganês, níquel, chumbo e zinco. ....	65
Figura 5.10 – Valores de alcalinidade.....	68
Figura 5.11 – Valores de sulfato. ....	68
Figura 5.12 – Valores de nitrato. ....	69
Figura 5.13 – Valores de fósforo total dissolvido.....	69
Figura 5.14 – Valores de fósforo total. ....	71
Figura 5.15 – Valores de clorofila-a. ....	71

Figura 5.16 – Análise de componentes principais dos pontos de amostragem nas diferentes estações do ano analisadas. ....	72
--	----

## Índice de Tabelas

Tabela 2.1 - Divisão política da bacia do Alto Sorocaba .....	15
Tabela 2.2 - Uso e ocupação do solo .....	16
Tabela 2.3 - Precipitação (mm) mensal e anual na bacia durante o período entre 1960 a 2004. .....	20
Tabela 2.4 – Vazões afluentes (m <sup>3</sup> /s) mensais e anuais ao Reservatório de Itupararanga durante o período de 1960 a 2004.....	23
Tabela 2.5 - Classes geomorfológicas da bacia do Alto Sorocaba (IPT, 2005). .....	27
Tabela 2.6 - Classes de solos, área de ocorrência e área relativa na bacia do Alto Sorocaba .	28
Tabela 2.7 - Classes geológicas e suas respectivas áreas dentro da bacia do Alto Sorocaba ..	30
Tabela 3.1 – Tabela 3.1 – Variáveis analisadas e metodologia empregada neste trabalho.....	34
Tabela 3.2 - Classificação do valor do Índice de Estado Trófico e diferentes trofias.....	35
Tabela 4.1 - Padrões de qualidade da água exigidos pela Resolução CONAMA nº. 357 de 2005 para os elementos analisados neste estudo. ....	38
Tabela 4.2 – Resultados da análise de qualidade do reservatório de Itupararanga na época de chuva ..	39
Tabela 4.3 – Resultados da análise de qualidade do reservatório de Itupararanga na época de seca .....	40
Tabela 5.1 – Resultados da análise de qualidade do reservatório de Itupararanga na época de chuva.....	55
Tabela 5.2 – Resultados da análise de qualidade do reservatório de Itupararanga na época de seca.....	56
Tabela 6.1- Sugestão de estratégias de manejo elaboradas em função dos impactos detectados e suas causas prováveis (sem ordem de importância).....	77

## 1 - INTRODUÇÃO

A água encontra-se disponível sob diversas formas, sendo uma das substâncias mais comuns e importantes existentes na natureza, cobrindo cerca de 70% da superfície terrestre (BRAGA et al., 2002). A água doce representa apenas 2,5% do total de água na natureza, sendo que os 97,5% restantes encontram-se nos oceanos e mares salgados (PORTO, 1991). Desse total, somente 0,3% representa a água doce explorável sob o ponto de vista tecnológico e econômico, podendo ser extraída dos lagos, rios e aquíferos, pois a percentagem restante está confinada em lençóis freáticos, aquíferos profundos, nas calotas polares, geleiras, neve permanente e outros reservatórios (BRAGA et al., 2002).

Historicamente, a civilização humana desenvolveu-se no entorno dos cursos d'água doce, pois serviam de fonte de suprimento para necessidades básicas da vida (água e alimento), além de serem utilizadas como meio de transporte, fonte de vapor e produção de energia, agente em processos tecnológicos e produtivos e, nos dias atuais, como meio para afastar resíduos (SALDANHA, 2004). Aglomerados urbanos e extensas áreas agrícolas ocupam desordenadamente as margens de muitos rios, onde a maior parte da vegetação ripária está sendo retirada, exercendo fortes pressões antrópicas e causando a perda progressiva da qualidade das águas superficiais (MARQUES et al., 1998; WARD, 1998; WALSH, 2000; LOWE, 2002; OURSO & FRENZEL, 2003).

Neste contexto, torna-se fundamental considerar a disponibilidade de água e os problemas relacionados à sua quantidade (escassez, estiagens e cheias) e qualidade (contaminação dos recursos hídricos) (BRAGA et al., 2002). A alteração provocada no sistema aquático por ações antrópicas (entrada de efluentes domésticos, industriais e agrícolas), interfere diretamente na trofia deste sistema, promovendo vários efeitos em níveis

diferentes, ou seja, biológicos, econômicos, sociais e de saúde (CONCEIÇÃO & BONOTTO, 2002).

Uma forma encontrada para garantir o abastecimento público de água foi o barramento de cursos d'água para criação dos reservatórios artificiais, que representam as fontes de água mais abundantes, seja pelo abastecimento público, beleza cênica, recursos econômicos e científicos que dela são provenientes (ZILIOLI et al., 1997). Originalmente utilizados apenas para o suprimento de água, os pequenos reservatórios de água deram lugar a complexos e sofisticados empreendimentos, com objetivos e finalidades diversas, tais como geração de energia, suprimento para a irrigação, lazer, piscicultura, abastecimento de água, navegação e outras, de forma a atender as necessidades humanas (NOGUEIRA, 1991; KENNEDY, 1999).

No Brasil, o primeiro barramento artificial ocorreu no Rio Tietê, dando origem à barragem Edgard de Souza que tinha a finalidade de geração de energia elétrica. Nos dias atuais, o Estado de São Paulo possui 55 reservatórios de médio e grande porte, incorrendo numa área inundada estimada em 5.500 km<sup>2</sup> (ESTEVES, 1998). Ao contrário dos lagos, os reservatórios são formados pela ação direta do homem com o barramento de um vale natural ou a formação artificial de lagos. Outra característica peculiar dos reservatórios é a presença de vazões defluentes sujeitas ao controle, sendo esta controlabilidade relacionada à exploração humana (WETZEL, 1990; NOGUEIRA, 1991; POMPÊO, 2001). Porém, as variações das vazões defluentes geram flutuações no nível da água e podem acarretar alterações nas condições físicas, químicas e biológicas da água (PIECZYNSKA, 1990; WETZEL, 1990, JULIO et al., 1997; ESTEVES, 1998). Como consequência, uma série de impactos para as comunidades remanescentes a montante do reservatório será originada, tais como: redução da abundância de algumas espécies e redução da riqueza presente no ambiente (SMITH et al., 2003).

A qualidade da água em reservatórios é reflexo do efeito combinado de muitos processos que ocorrem ao longo do curso d'água que o alimentam (PETERS & MEYBECK, 2000; MARGALEF, 1994) e não se traduz apenas pelas suas características físicas e químicas, mas pela qualidade de todo o funcionamento do ecossistema (LIMA, 2001). Um dos problemas mais sérios de poluição hídrica praticamente de todo o país é a falta do tratamento de efluentes urbanos (SALDANHA, 2004) e, eventualmente, industriais, sendo que estes têm um controle mais rígido pelos organismos controladores do meio ambiente (SALATI & SANTOS, 2005). Além desta forma de contaminação, em regiões com intensa atividade agrícola a contaminação aquática ou do solo poderia ser resultado da disposição inadequada de resíduos, do não tratamento de efluentes e da lixiviação dos solos, onde houve

a aplicação de fertilizantes fosfatados e defensivos agrícolas (CONCEIÇÃO & BONOTTO, 2003, 2004).

O reservatório de Itupararanga foi construído em 1912, pela empresa *São Paulo Eletric Company*, conhecida como “*Light*”, para a geração de energia elétrica e, em 1976, a Companhia Brasileira de Alumínio (CBA) ficou com a operação da UHE para geração de energia para a indústria de alumínio. Este reservatório localiza-se na bacia do Alto Sorocaba, que possui sua economia fundamentada essencialmente na produção agrícola, sendo nesta bacia que nascem os afluentes que dão origem ao Rio Sorocaba (rios de Una, Sorocabuçu e Sorocamirim). Posteriormente, esses rios deságuam no Reservatório de Itupararanga, sendo este manancial de fundamental importância na regularização do regime hidráulico do Rio Sorocaba e no abastecimento público da região, atendendo cerca de 750.000 pessoas nos municípios de Ibiúna, Sorocaba, Mairinque e Votorantim (CBH-SMT, 2000).

Por representar um manancial com boa qualidade de água em sua maior parte (CETESB, 2003; CETESB, 2004), este reservatório ainda tem carência quanto às informações referentes à sua qualidade, tornando-se indispensável à realização de estudos limnológicos mais detalhados sobre esse reservatório.

## 1.1 – Objetivo

Os objetivos deste trabalho foram:

- Avaliar a qualidade da água do Reservatório de Itupararanga, localizado na bacia hidrográfica do Alto Sorocaba (SP), nos seus gradientes espacial (horizontal e vertical) e temporal (época seca e chuvosa).

- Realizar a caracterização dos aspectos fisiográficos na bacia do Alto Sorocaba com a geração de banco de dados georreferenciado;

- Integrar os aspectos fisiográficos e a avaliação da qualidade das águas superficiais do Reservatório de Itupararanga na bacia do Alto Sorocaba para a geração de um diagnóstico ambiental, proporcionando subsídios ao manejo e gerenciamento deste importante reservatório localizado no interior paulista.

## 2 - CARACTERÍSTICAS GERAIS DA ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do Alto Sorocaba situa-se entre os paralelos  $23^{\circ}35'02''$  e  $23^{\circ}45'37''$  de latitude S e meridianos  $46^{\circ}57'29''$  e  $47^{\circ}21'00''$  de longitude W, sendo o Rio Sorocaba o principal curso de água. Ele nasce no município de Ibiúna e é formado pelos rios de Una, Sorocabuçu e Sorocamirim, cujas cabeceiras se encontram nos municípios de Ibiúna, Cotia, Vargem Grande Paulista e São Roque (Figura 2.1). A principal via de acesso, a Rodovia Raposo Tavares (SP-270), corta a porção sul da bacia de leste para oeste, desde Vargem Grande Paulista, passando por São Roque e Sorocaba, dentre outros municípios. Uma barragem no município de Votorantim represa as águas da bacia, formando o reservatório de Itupararanga, que é um importante manancial da região.

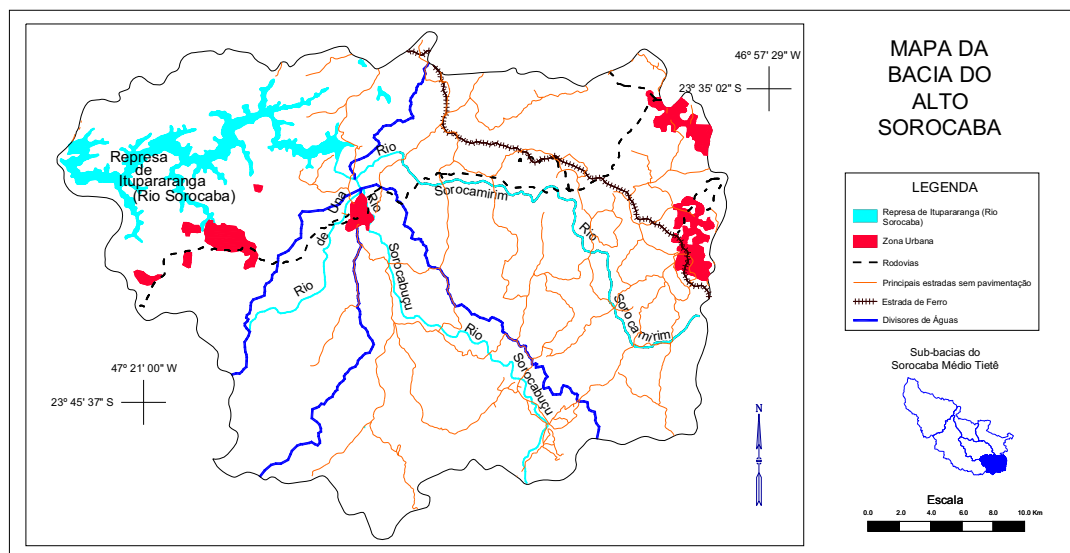


Figura 2.1 – Detalhe da bacia do Alto Sorocaba e inserção na UGRHI 10 - bacia do Sorocaba e Médio Tietê.

A população total da bacia do Alto Sorocaba é de 110.577 habitantes, sendo Alumínio, Cotia, Ibiúna, Mairinque, Piedade, São Roque, Vargem Grande Paulista e Votorantim os municípios que compõem a bacia (Tabela 2.1 e Figura 2.1). Porém, nem todos possuem suas áreas territoriais totalmente incluídas nesta bacia (IPT, 2000).

Dentre esses municípios citados na Tabela 2.1, os municípios de Ibiúna, Vargem Grande Paulista e Cotia não possuem tratamento total de esgotos, contribuindo para a eutrofização do reservatório de Itupararanga, sendo que os dois primeiros possuem área urbana totalmente inserida na bacia.

Destaque especial dá-se ao município de Vargem Grande Paulista, que não possui tratamento de esgotos e despeja diariamente todo seu esgoto *in natura* no córrego Vargem Grande Paulista, que deságua no rio Sorocamirim, um dos formadores do reservatório em estudo.

Já a área urbana do município de Ibiúna possui parte de seu esgoto tratado, porém destaca-se que o município possui cerca de 50 bairros rurais, que não possuem tratamento de esgotos SARDINHA (2007), documentou a má qualidade das águas dos rios Sorocamirim, Sorocabuçu e Uma, principais formadores do reservatório, influenciando sua qualidade da água.

Tabela 2.1 - Divisão política da bacia do Alto Sorocaba (modificado de GARCIA,2002).

<b>Município</b>	<b>Área parcial (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Porcentagem do município na bacia (%)</b>	<b>Porcentagem ocupada da bacia (%)</b>
<b>Alumínio</b>	17,3	18,31	1,9%
<b>Cotia</b>	73,4	24,40	7,9%
<b>Ibiúna</b>	584,3	58,86	62,9%
<b>Mairinque</b>	51,3	23,64	5,5%
<b>Piedade</b>	15,3	2,44	1,7%
<b>São Roque</b>	115,3	28,22	12,4%
<b>Vargem Grande Pta</b>	26,1	82,28	2,8%
<b>Votorantim</b>	46,0	26,23	5,0%
<b>Total</b>	<b>929,0</b>	<b>-</b>	<b>100%</b>

## 2.1 – Uso e ocupação do solo

Estudos realizados por Brannstrom (2001) e Garcia (2002) sobre os principais tipos de uso e ocupação do solo na bacia do Alto Sorocaba, demonstram que a bacia se caracteriza principalmente pela intensa atividade agrícola baseada na irrigação e na utilização de

agrotóxicos, com 393 km<sup>2</sup> ocupados por culturas e 35 km<sup>2</sup> por chácaras que também são utilizadas para a agricultura e lazer (Tabela 2.2 e Figura 2.3).

Destaca-se também a área cultivada por olerícolas, responsável por 15 dos 26 tipos de agrotóxicos utilizados em plantações, seguidos da batata e do tomate (IPT, 2005).

Tabela 2.2 - Uso e ocupação do solo (modificado de GARCIA, 2002).

<i>Tipo de Uso</i>	<i>Área (Km<sup>2</sup>)</i>	<i>Área relativa (%)</i>
Vegetação rasteira	26	2,8
Campo Sujo / Capoeira	121	13,0
Chácara	35	3,8
Agropecuária	393	42,3
Vegetação Nativa remanescente	236	25,4
Várzea	20	2,2
Área Fracamente Urbanizada (Bairros Rurais)	55	5,9
Área Fortemente Urbanizada (centros urbanos)	16	1,7
Represa	27	2,9
<b>Total</b>	<b>929</b>	<b>100,00</b>

A área urbanizada ocupa aproximadamente 71 km<sup>2</sup>, correspondendo a 7,6%, sendo caracterizada por cidades e pequenos aglomerados populacionais como vilas e vilarejos.

O município de Ibiúna possui a maior densidade populacional, embora não seja a mais urbanizada devido a sua extensa área rural. Vargem Grande Paulista e o distrito de Caucaia do Alto, município de Cotia, se diferenciam dos demais municípios, por não possuírem uma elevada população rural. Por tratar-se do tecnopólo mais próximo, a cidade de Sorocaba exerce forte polarização sobre as cidades da bacia do Alto Sorocaba.

A bacia do Alto Sorocaba abriga a Reserva da Biosfera do Cinturão Verde de São Paulo, Unidade de Conservação Ambiental, além de uma Área Natural Tombada em Caucaia do Alto e a área de Proteção Ambiental de Itupararanga, que abrange toda a bacia de contribuição do reservatório.

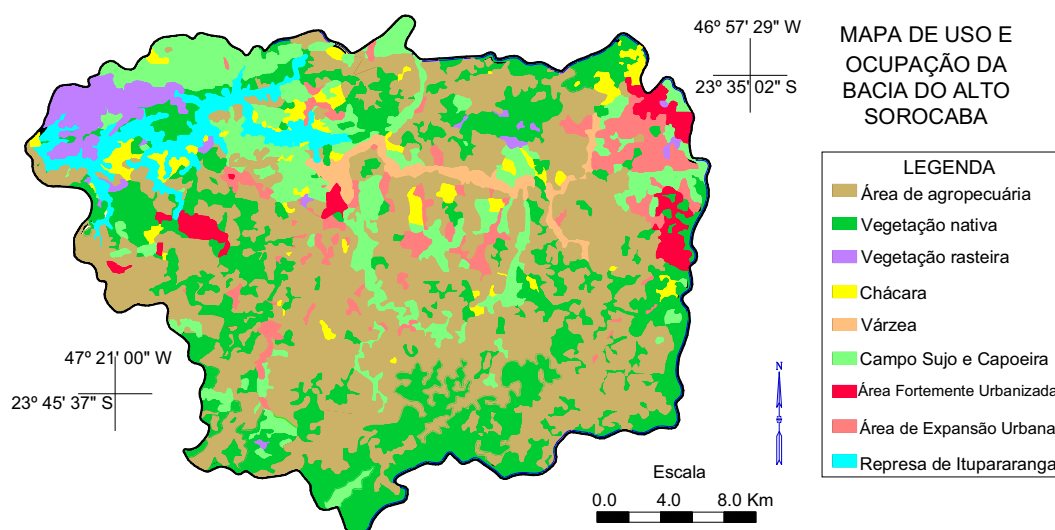


Figura 2.2 - Mapa de uso e ocupação do solo na bacia do Alto Sorocaba. Modificado de GARCIA (2002).

Segundo IPT (2005), a vegetação da bacia é composta por floresta ombrófila densa e cerrado, sendo caracterizada como uma área de tensão ecológica. Sua área está inserida no domínio da Mata Atlântica (IPT, 2000). As maiores porcentagens de vegetação estão concentradas no entorno da Represa de Itupararanga e em áreas de maior declividade, na porção sul da bacia.

A atividade pecuária é do tipo extensiva e de baixa produtividade e caracteriza-se por pastagens em mau estado de conservação, que estão infectadas, na sua maioria, por plantas invasoras (IPT, 2000).

Ressalta-se que o município de Ibiúna deve possuir especial atenção, visto estar na divisa entre as bacias do Sorocaba e Médio-Tietê, Alto Paranapanema e Ribeira, possuindo diversas características ambientais especiais, como a vegetação, relevo, hidrografia, bem como a influência do meio sócio-econômico no ambiente.



Figura 2.3 – Captação de água na bacia para o município de São Roque/SP



Figura 2.4 – Boa qualidade dos mananciais de cabeceira na bacia.



Figura 2.5 – Captação de água para uso agrícola.



Figura 2.6 – Cultura de olerícolas, bastante comum na bacia.



Figura 2.7 – Apesar da pequena proporção, há uso industrial de água na bacia.



Figura 2.8 – Disposição inadequada de resíduos devido a distância dos bairros rurais aos centros urbanos.

## 2.2 – Aspectos climatológicos e hidrológicos

De acordo com IPT (2005), com base na classificação climática proposta por Köeppen, a bacia do Alto Sorocaba apresenta um clima úmido quente com inverno seco, temperatura média anual de 18 a 22°C e estiagem no inverno. No semestre seco a evaporação é maior que a precipitação. Uma série histórica de precipitações mensais e anuais entre os anos de 1960 a 2004 foi obtida junto à Companhia Brasileira de Alumínio (CBA), que possui uma estação meteorológica no vertedouro da barragem da Represa de Itupararanga (Tabela 2.3).

A média da precipitação anual na bacia foi de 1.492,7 mm, sendo janeiro o mês mais chuvoso (média de 248,1 mm) e agosto o mais seco (média de 42,8 mm) (Figura 2.4). O ano mais chuvoso durante o período analisado foi 1983 (2.540,3 mm) e o menos chuvoso 1963 (969,4 mm). A distribuição anual durante o período de 1960 a 2004 pode ser visualizada na Figura 2.5.

Tabela 2.3 - Precipitação (mm) mensal e anual na bacia durante o período entre 1960 a 2004.

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Totais
1960	435,60	331,30	64,80	106,80	82,00	43,70	0,40	23,60	25,00	76,70	102,10	368,00	1660,00
1961	156,60	228,70	93,30	86,20	44,60	28,40	4,20	11,20	8,80	122,60	132,20	285,60	1202,40
1962	72,40	147,00	382,80	45,00	21,60	57,20	40,80	55,80	48,50	197,20	96,70	308,30	1473,30
1963	360,20	98,20	125,00	30,60	0,00	27,20	1,40	1,80	25,50	107,30	159,70	32,50	969,40
1964	22,80	288,70	114,60	58,80	25,20	47,80	79,30	55,40	171,10	91,30	105,80	366,00	1426,80
1965	208,00	278,60	184,60	101,00	132,00	21,20	67,60	11,40	148,60	152,90	124,60	255,20	1685,70
1966	132,90	171,50	110,60	37,40	58,80	3,60	38,20	45,00	73,80	168,20	57,10	215,30	1112,40
1967	212,00	96,40	107,80	23,60	3,80	204,80	38,80	3,00	98,80	101,70	179,40	105,10	1175,20
1968	315,80	51,20	141,70	63,60	61,20	27,20	10,00	59,30	12,70	118,20	116,20	148,10	1125,20
1969	151,70	97,40	138,80	69,40	15,90	44,40	6,40	21,40	97,30	196,30	230,80	128,60	1198,40
1970	233,00	373,40	153,60	20,40	64,40	50,80	21,20	78,00	95,90	71,90	126,80	235,90	1525,30
1971	97,10	142,40	248,80	100,60	77,20	113,60	77,20	7,60	66,30	204,20	56,70	133,80	1325,50
1972	312,80	217,60	144,80	38,20	61,90	13,80	127,00	98,90	143,40	221,70	142,70	148,20	1671,00
1973	291,40	194,60	235,70	42,90	55,00	71,90	78,00	48,90	85,10	154,90	164,40	401,80	1824,60
1974	229,60	75,80	303,10	37,50	7,30	148,90	0,00	9,50	21,20	116,00	99,40	309,30	1357,60
1975	181,20	298,10	117,90	32,50	35,40	5,10	42,80	6,00	73,50	142,70	238,20	176,40	1349,80
1976	193,00	341,80	116,00	116,40	201,50	99,80	121,40	157,80	195,00	110,90	88,60	296,20	2038,40
1977	277,50	12,40	149,00	159,60	19,10	44,60	12,60	7,00	77,00	53,80	166,80	298,60	1278,00
1978	55,00	49,40	85,80	14,20	144,70	82,50	89,10	5,60	70,00	98,60	288,00	304,70	1287,60
1979	137,40	137,30	54,40	94,40	144,50	3,20	61,20	105,70	172,10	141,40	66,40	237,40	1355,40
1980	158,60	171,40	77,00	139,60	11,80	63,30	30,10	42,30	49,40	59,50	105,50	310,90	1219,40
1981	362,60	183,10	98,00	40,40	11,60	58,60	53,20	7,20	22,60	154,60	522,70	140,40	1655,00
1982	347,90	322,60	224,10	58,80	78,40	258,40	28,50	32,40	18,60	201,50	347,20	279,80	2198,20
1983	433,10	280,20	237,80	152,30	269,80	300,80	44,20	3,20	235,50	221,30	144,30	217,80	2540,30
1984	226,80	16,80	61,70	107,50	114,00	0,00	7,20	120,00	139,00	35,00	127,00	139,00	1094,00
1985	113,50	138,50	243,00	84,00	47,50	15,50	10,00	18,00	106,50	57,00	138,00	51,00	1022,50
1986	71,50	255,50	235,00	34,50	139,50	0,00	19,50	139,00	39,50	49,00	157,00	293,50	1433,50
1987	442,00	253,00	117,50	87,50	182,50	254,00	23,50	32,50	79,50	116,50	117,50	200,50	1906,50
1988	219,00	205,90	197,80	129,80	229,50	63,00	3,00	0,00	42,10	192,50	79,20	310,70	1672,50
1989	383,90	238,20	79,40	136,40	69,00	54,30	268,20	53,50	98,90	81,90	134,90	188,00	1786,60

Tabela 2.3 - Precipitação (mm) mensal e anual na bacia durante o período entre 1960 a 2004 (cont.).

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Totais
1990	297,40	100,40	180,80	61,30	53,20	34,60	142,20	80,10	52,10	131,50	129,20	132,70	1395,50
1991	313,40	365,50	294,70	99,00	49,10	92,10	21,20	46,70	127,40	154,10	58,30	211,30	1832,80
1992	39,00	131,00	348,30	42,70	81,40	2,60	21,20	35,00	91,80	100,30	100,90	199,10	1193,30
1993	357,20	210,90	86,10	70,20	131,80	68,20	21,00	83,00	207,40	137,20	70,40	165,80	1609,20
1994	258,40	126,20	134,40	94,10	55,80	48,20	47,50	0,60	6,40	103,00	97,40	274,70	1246,70
1995	361,80	329,20	165,00	94,70	103,20	53,20	62,00	10,00	61,30	208,80	66,70	154,80	1670,70
1996	261,30	262,10	247,50	8,70	7,00	37,20	18,10	28,00	128,20	139,90	63,40	307,50	1508,90
1997	408,50	129,00	77,30	93,70	86,80	122,60	9,70	47,90	94,70	90,30	298,70	222,90	1682,10
1998	182,90	290,00	216,70	67,20	95,60	31,80	15,70	80,10	106,70	266,80	65,00	221,30	1639,80
1999	292,70	228,00	99,40	41,50	36,90	81,70	60,20	0,00	87,90	48,50	74,00	127,40	1178,20
2000	263,30	370,30	239,60	8,00	11,40	14,60	70,60	88,60	122,80	109,20	118,20	212,50	1629,10
2001	251,50	265,60	95,10	13,10	90,60	65,90	74,50	49,70	64,90	157,30	186,60	250,80	1565,60
2002	296,40	226,90	142,30	33,80	119,20	0,00	38,20	55,40	60,85	48,70	147,65	223,90	1393,30
2003	386,30	176,90	202,60	72,40	43,10	16,00	24,50	43,00	35,25	62,50	131,50	142,75	1336,80
2004	358,75	321,50	132,00	122,25	134,50	38,25	104,25	15,25	3,00	133,20	171,50	182,75	1717,20
Médias	248,08	205,12	162,36	70,50	77,98	64,77	47,46	42,76	84,26	126,86	142,12	220,37	1492,66

A CBA também forneceu os dados de vazão média mensal e anual afluente ao reservatório de Itupararanga durante o período de 1960 a 2004 (Tabela 2.4). Em relação às vazões afluentes no Reservatório de Itupararanga, os resultados demonstram que em 50% do tempo a vazão afluente à represa é de maior ou igual a  $12 \text{ m}^3/\text{s}$  (Figura 2.6), valor muito próximo à vazão média afluente deste reservatório, ou seja,  $12,7 \text{ m}^3/\text{s}$ .

O ano com maior média de vazão afluente foi 1983 com  $35,47 \text{ m}^3/\text{s}$ , que é justamente o ano com maior índice de precipitação, sendo 1969 o ano com a menor média afluente ( $5,30 \text{ m}^3/\text{s}$ ) (Figura 2.7). Já o mês com maior vazão média afluente foi fevereiro ( $21,75 \text{ m}^3/\text{s}$ ) (Figura 2.8), enquanto que a menor média afluente foi agosto ( $6,96 \text{ m}^3/\text{s}$ ), que é o mês menos chuvoso, conforme os dados de precipitação.

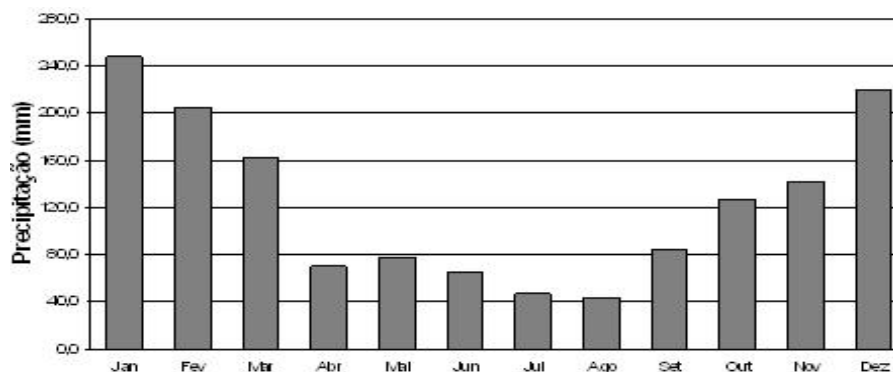


Figura 2.9 - Precipitação média mensal na bacia do Alto Sorocaba durante o período entre 1960 a 2004.

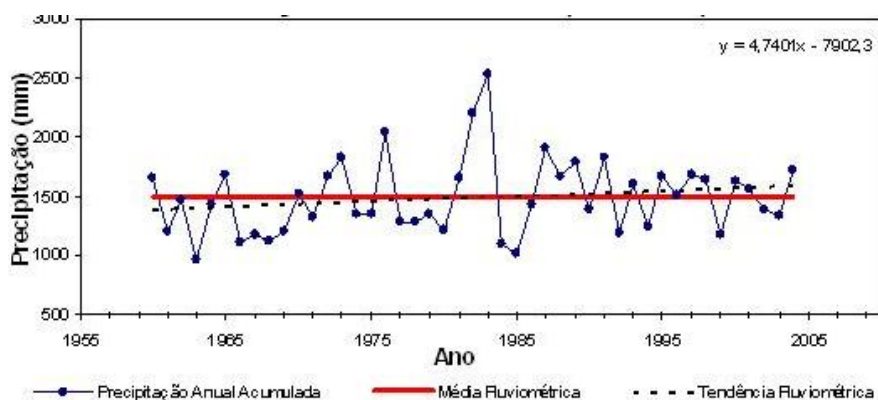


Figura 2.10 - Variação e tendência da pluviosidade na bacia do Alto Sorocaba durante o período entre 1960 a 2004.

Tabela 2.4 – Vazões afluentes ( $m^3/s$ ) mensais e anuais ao Reservatório de Itupararanga durante o período de 1960 a 2004.

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Media
1960	27,65	31,36	20,18	13,26	12,19	8,68	7,38	6,37	5,55	7,89	10,34	21,67	14,38
1961	21,57	13,19	15,99	10,07	9,98	6,89	4,76	3,83	3,06	5,13	9,47	11,14	9,59
1962	8,30	15,20	34,21	11,44	7,54	7,07	6,34	6,28	5,53	14,22	11,21	14,66	11,83
1963	34,37	23,13	16,41	8,81	5,67	6,84	5,43	4,33	3,46	5,65	7,81	3,43	10,44
1964	1,82	14,04	4,49	4,01	5,79	3,97	5,12	4,19	4,88	7,31	5,77	21,35	6,90
1965	24,97	27,16	21,67	11,73	17,21	9,77	11,21	6,97	6,18	15,37	14,32	32,25	16,57
1966	18,43	17,22	15,89	10,97	9,50	5,86	5,29	5,42	7,38	10,41	10,62	11,62	10,72
1967	12,56	20,97	14,33	4,91	4,70	14,09	7,20	4,29	7,26	5,84	14,39	10,91	10,12
1968	23,69	11,48	9,03	7,84	7,35	5,32	3,82	4,47	3,27	5,47	2,65	6,40	7,57
1969	4,26	5,66	6,29	3,21	1,69	2,69	1,42	1,01	0,81	10,66	18,16	7,71	5,30
1970	15,81	39,16	26,47	11,72	8,94	6,94	5,34	4,77	7,54	5,99	4,61	8,32	12,13
1971	7,55	5,53	8,09	5,67	5,44	9,39	6,98	4,18	3,72	12,21	4,30	6,54	6,63
1972	19,30	18,70	10,67	7,38	6,83	4,41	8,38	7,23	8,75	25,49	13,81	8,98	11,66
1973	17,37	19,44	12,00	17,31	9,33	8,21	9,52	7,03	9,56	10,18	13,44	31,26	13,72
1974	39,89	20,13	38,87	19,41	10,61	15,61	8,49	5,93	5,55	7,90	5,10	21,68	16,60
1975	14,51	19,21	16,99	7,40	6,52	5,23	6,65	4,90	4,38	8,58	10,43	15,83	10,05
1976	13,90	32,84	20,65	21,59	23,34	27,07	28,48	24,39	30,81	26,75	16,17	24,74	24,23
1977	34,36	24,29	15,66	19,42	10,82	10,27	7,70	6,55	8,95	7,89	9,57	25,77	15,10
1978	14,93	9,86	10,19	4,74	11,59	11,53	11,26	5,39	7,22	4,98	26,70	23,79	11,85
1979	19,47	18,30	11,37	9,61	12,23	8,68	9,00	10,91	17,48	15,51	11,52	15,97	13,34
1980	20,40	17,46	10,83	12,73	6,26	7,00	6,53	6,32	6,19	4,61	4,21	12,72	9,60
1981	26,49	8,18	7,08	6,16	4,35	5,40	4,60	3,22	2,20	5,40	14,56	16,32	8,66
1982	21,10	32,94	18,27	11,04	8,38	20,52	15,76	10,64	6,87	14,78	18,84	32,56	17,64
1983	39,14	48,94	38,49	32,56	31,55	63,43	26,52	18,45	31,36	38,06	26,95	30,22	35,47
1984	30,96	19,13	11,67	13,53	14,56	7,63	6,26	10,43	12,87	7,38	7,60	9,48	12,63
1985	8,60	9,02	19,08	6,87	7,19	5,24	4,01	2,97	5,51	2,76	3,60	2,90	6,48
1986	6,03	12,65	18,41	8,22	10,27	4,55	3,49	9,04	4,45	3,79	5,12	19,41	8,79
1987	25,16	30,47	12,82	8,59	21,02	35,36	14,04	9,40	9,58	10,82	7,42	13,38	16,51

Tabela 2.4 – Vazões afluentes ( $m^3/s$ ) mensais e anuais ao Reservatório de Itaparanga durante o período de 1960 a 2004 (cont.).

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1988	11,78	18,73	21,47	15,16	23,05	24,15	11,61	7,91	7,08	11,08	10,19	16,30	14,87
1989	36,07	24,48	17,22	11,86	11,41	9,23	17,85	19,48	12,99	9,98	9,72	9,33	15,80
1990	31,19	14,20	16,06	10,56	8,66	7,66	12,88	9,53	9,71	9,96	10,76	8,62	12,48
1991	14,55	39,76	38,69	28,39	19,51	15,64	12,13	10,16	8,32	27,27	10,53	21,99	20,58
1992	11,36	11,91	22,99	16,38	13,63	7,96	7,88	5,43	10,59	11,49	15,29	19,32	12,85
1993	23,42	26,85	13,00	10,65	8,66	13,28	6,10	7,42	16,37	16,60	7,93	7,23	13,12
1994	15,02	20,71	12,31	10,38	8,55	7,23	6,59	3,84	2,95	3,91	6,53	18,65	9,72
1995	22,37	44,89	22,70	24,41	15,99	10,45	11,12	6,10	5,54	16,18	10,93	10,24	16,74
1996	25,28	16,87	24,31	8,38	6,64	6,57	5,59	4,82	10,81	10,78	6,52	14,07	11,72
1997	27,12	22,45	11,03	6,67	5,73	11,89	8,48	5,04	10,65	12,76	16,78	23,42	13,50
1998	16,92	23,38	31,03	15,77	15,50	10,62	8,14	10,08	9,19	21,48	8,96	17,43	15,71
1999	34,03	38,69	26,02	12,03	9,09	10,56	10,75	4,35	7,10	5,47	4,42	3,86	13,86
2000	14,06	28,03	12,99	5,92	3,85	3,54	4,77	5,49	12,93	5,40	5,63	10,26	9,41
2001	12,01	19,86	9,35	5,09	7,07	5,94	5,93	4,54	4,54	15,31	8,86	19,02	9,79
2002	22,32	20,72	17,37	7,43	8,81	3,98	4,83	3,70	3,36	2,77	8,28	5,63	9,10
2003	17,13	18,73	11,94	8,95	4,63	4,28	2,47	2,55	2,63	3,08	3,66	6,84	7,24
2004	17,12	22,79	16,86	8,91	7,41	9,04	8,75	3,74	1,91	4,87	9,59	17,51	10,71
Média	20,10	21,75	17,59	11,49	10,42	10,88	8,60	6,96	8,16	10,88	10,29	15,35	12,70



Figura 2.11 - Curva de Permanência das vazões afluentes durante o período de 1960 e 2004.

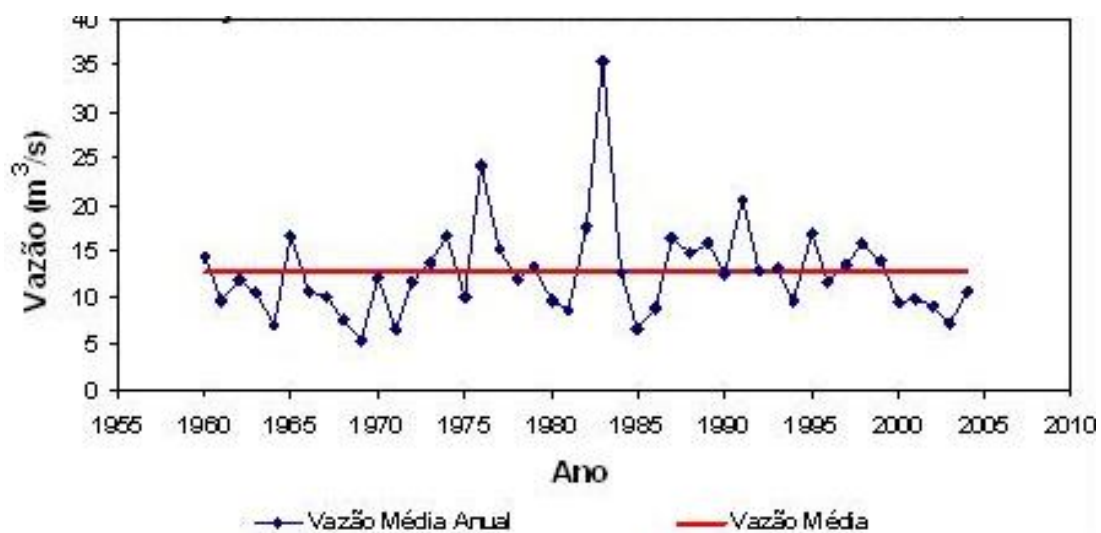


Figura 2.12 - Vazões médias anuais afluentes à Represa de Itupararanga durante o período entre 1960 e 2004.

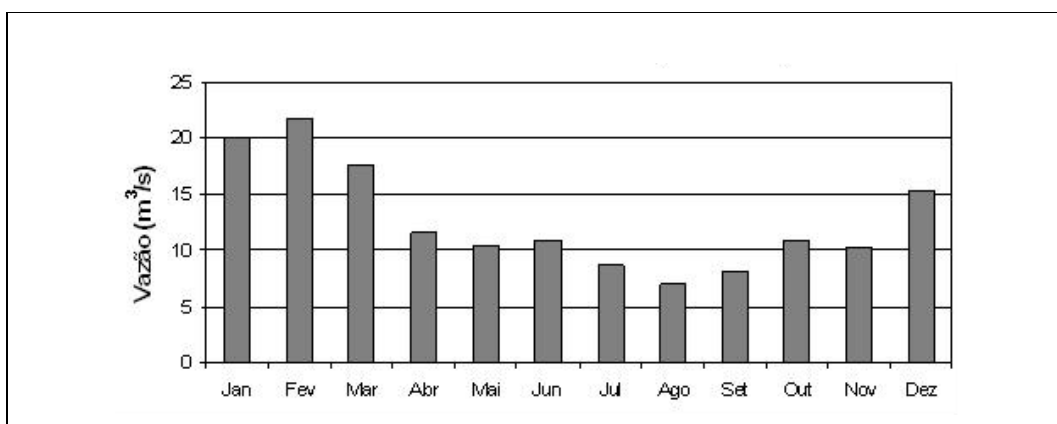


Figura 2.13 - Vazões médias mensais afluentes à Represa de Itupararanga durante o período entre 1960 e 2004.

### 2.3 – Geomorfologia, Pedologia e Geologia

A bacia do Alto Sorocaba situa-se no trecho superior do Planalto Atlântico. O mapa da Figura 2.9 caracteriza a bacia em sete diferentes classes geomorfológicas (IPT, 2005). As seguintes classes (Tabela 2.5) foram descritas por Valladares (2006):

- a) Mar de Morros: domina a forma de meia laranja, com encostas suaves e topos convexos, circundados por morrotes com vertentes mais íngremes;
- b) Morros com Serras Restritas: de topos arredondados, contém vertentes com perfis retilíneos, por vezes abruptos, além de conter serras restritas;
- c) Morros Paralelos: possuem topos arredondados e vertentes com perfis retilíneos a convexos;
- d) Planícies Aluviais: terrenos baixos, planos, junto às margens dos rios e córregos, com declividade geralmente inferior a 5%;
- e) Morros de Topos Achatados: apresentam topos achatados e extensos, vertentes com perfis retilíneos a convexos;
- f) Mesas Basálticas: morros testemunhos isolados, topos aplainados a arredondados, vertentes com perfis retilíneos, trechos escarpados com exposições de rochas;
- g) Escarpas Festonadas: apresentam topos angulosos e vertentes com perfis retilíneos.

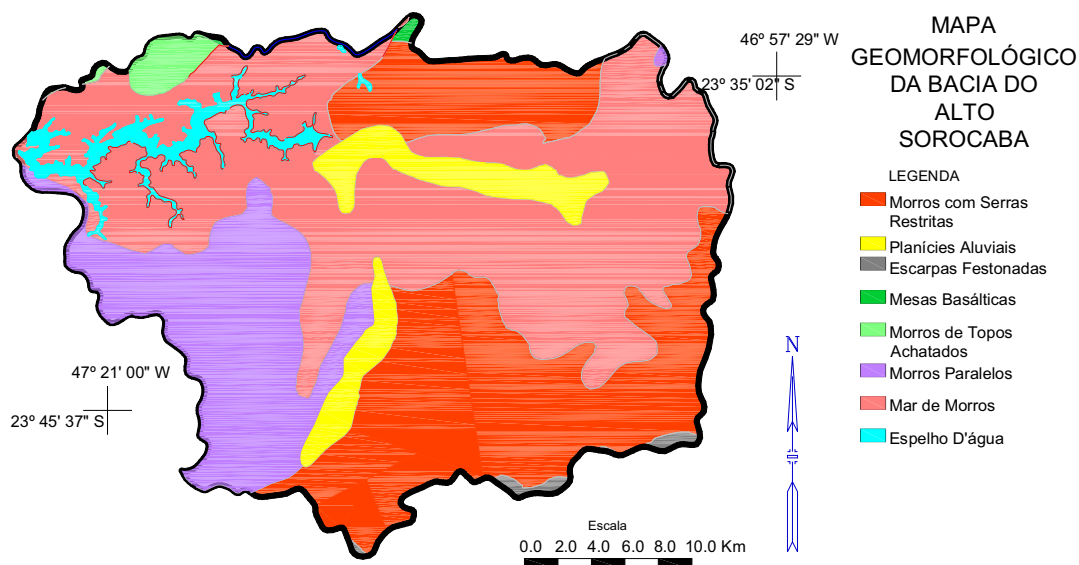


Figura 2.14 - Mapa Geomorfológico da bacia do Alto Sorocaba. Modificado de IPT (2005).

Tabela 2.5 - Classes geomorfológicas da bacia do Alto Sorocaba (IPT, 2005).

Classe Geomorfológica	Área (km <sup>2</sup> )	Área Relativa (%)
Morros com Serras Restritas	289	31,1
Planícies Aluviais	57	6,1
Escarpas Festonadas	6	0,6
Mesas Basálticas	2	0,2
Morros de Topos Achatados	13	1,4
Morros Paralelos	151	16,3
Mar de Morros	384	41,3
<b>TOTAL</b>	<b>929</b>	<b>100</b>

Com relação à Pedologia, segundo o IPT (2005), na área da bacia do Alto Sorocaba há três principais classes de solos (Figura 2.10 e Tabela 2.5).

Os Argilossolos vermelho-amarelos distróficos de textura média argilosa compreendem solos minerais não hidromórficos, com teores de  $Fe_2O_3 < 11\%$ , apresentando distinta individualização de horizontes.

Os Latossolos vermelho-amarelos distróficos possuem textura argilosa e estrutura em blocos, fraca ou moderada e/ou cerosidade pouca e moderada. Já os Latossolos vermelho-amarelos distróficos pouco profundos também contêm textura argilosa e A moderado.

Os Cambissolos ápicos Tb distrófico apresentam-se com argila de atividade baixa e baixa saturação por bases ( $V < 50\%$ ) na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B.

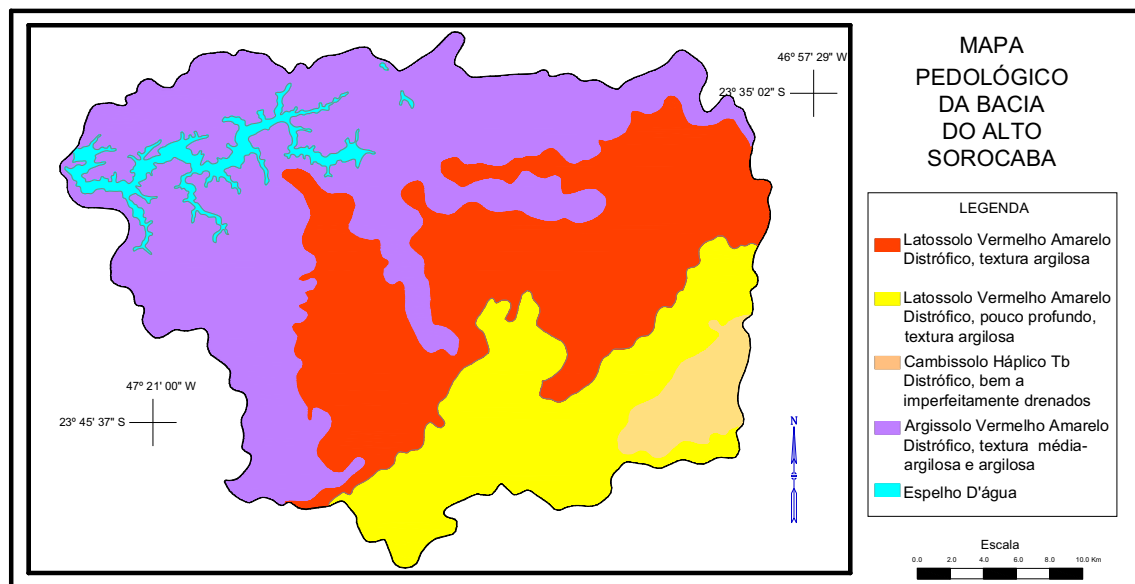


Figura 2.15 - Mapa Pedológico da bacia do Alto Sorocaba. Modificado de IPT (2005).

Tabela 2.6 - Classes de solos, área de ocorrência e área relativa na bacia do Alto Sorocaba (IPT, 2005).

Classe de Solo	Área (km <sup>2</sup> )	Área Relativa (%)
Argissolo vermelho-amarelo distrófico	387	41,7
Latossolo vermelho-Amarelo distrófico	308	33,1
Latossolo vermelho-amarelo distrófico pouco profundo	171	18,4
Cambissolo háptico Tb distrófico	36	3,8
<b>TOTAL</b>	<b>929</b>	<b>100</b>

Geologicamente, a bacia do Alto Sorocaba é composta por diversas estruturas geológicas (Figura 3.11 e Tabela 2.7), com período de formação desde o Proterozóico Médio-Superior até o Quaternário, destacando-se os domínios São Roque e o Embu (IPT, 2005).

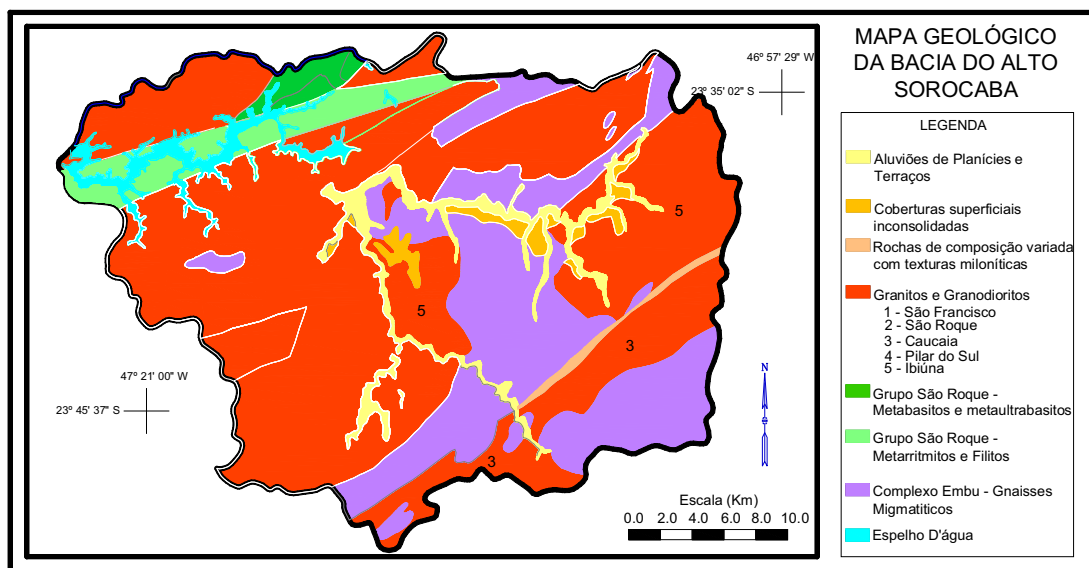


Figura 2.16 – Mapa geológico da bacia do Alto Sorocaba.

O Domínio São Roque apresenta rochas de baixo grau metamórfico do Grupo São Roque (filitos e meta-básicas - HASUI, 1975; JULIANI et al., 1986; GODOY et al., 1996a, 1996c; GODOY, 2003) e complexos granitóides associados, tais como os granitos São Francisco (sienogranitos e monzogranitos - GODOY, 1989; GODOY & FIGUEIREDO, 1991; HACKSPACHER et al., 1991) e São Roque (diorítos e granodiorítos – ANDRADE, 1993; ARRAES, 2006).

No Domínio Embu predominam paragnaisse e migmatitos do Complexo Embu (HASUI, 1973, 1975; HASUI et al., 1976; GODOY et al., 1996b; TASSINARI, 1988; OLIVEIRA et al., 1992, 1998), ocorrendo também a presença dos granitos Ibiúna (monzogranitos e sienogranitos – GODOY, 2003; ARRAES, 2006) e Caucaia (monzogranitos e sienogranitos – GODOY et al., 1996a; ARRAES, 2006).

Sedimentos recentes constituem os depósitos de fundo de vale, ocorrendo junto à rede de drenagem dos principais corpos d'água. São constituídos principalmente por areias e argilas, subordinadamente cascalhos e turfas (GODOY, 1989). Esta característica litológica representa os aluviões de planícies e terraços.

Tabela 2.7 - Classes geológicas e suas respectivas áreas dentro da bacia do Alto Sorocaba (IPT, 2005).

Classe Geológica	Área (km <sup>2</sup> )	Área relativa (%)
Aluviões de Planícies e Terraços	36	3,9
Coberturas superficiais inconsolidadas	15	1,6
Rochas com texturas miloníticas	5	0,5
Granitos	612	65,8
Grupo São Roque	50	5,5
Complexo Embu	211	22,7
TOTAL	929	100

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1. Definição dos pontos de amostragem no reservatório de Itupararanga

Para a definição dos pontos de amostragem no reservatório de Itupararanga, cartas topográficas com o uso e ocupação do solo da bacia foram consultadas para elucidação da área de trabalho.

Após esta etapa, foram realizadas saídas a campo para definição dos pontos de amostragem, tanto no gradiente horizontal do reservatório (no sentido de montante para jusante) e no gradiente vertical (da lâmina d'água para o fundo). Essa análise exploratória do reservatório contou com a colaboração da Guarda Civil Metropolitana da Ibiúna, que gentilmente cedeu sua embarcação com o piloto (Figura 3.1).



Figura 3.1 – Viatura aquática da Guarda Civil Metropolitana de Ibiúna cedida para a realização das coletas deste trabalho.

Ao todo foram realizadas duas campanhas de coleta para o reservatório em estações do ano distintas, uma no período chuvoso (mês de janeiro) e outra no período de seca (mês de agosto), buscando as diferenças na qualidade da água nessas estações. Para o gradiente horizontal, os 20 pontos de amostragem foram uniformemente distribuídos entre o corpo principal do reservatório, entendendo-se este como a faixa que tiver maior continuidade no sentido montante-jusante, além dos braços afluentes de maior extensão, compondo um rol de pontos de amostragem com diferentes usos do solo no entorno do corpo hídrico (Figura 3.1).

Já em relação ao gradiente vertical, a amostragem ocorreu em dois pontos distintos com cinco profundidades diferentes, sendo eles escolhidos devido de acordo com o uso e ocupação do entorno do reservatório, ou seja, o primeiro ponto ocorreu na parte mais a montante do reservatório (Ponto 6) mais próximo aos maiores centros urbanos da bacia, ou seja, Ibiúna/SP e Vargem Grande Paulista/SP, sendo o segundo ponto escolhido próximo a jusante do reservatório, local onde há pouca presença antrópica (Ponto 20) (Figura 3.1).

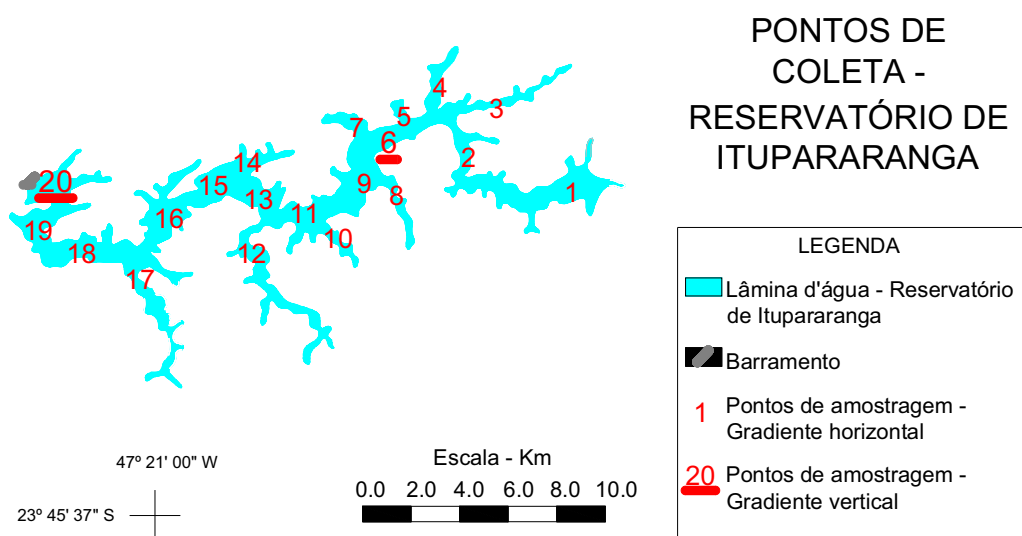


Figura 3.1 – Distribuição dos pontos de amostragem de qualidade da água no reservatório de Itupararanga. Os pontos que estão sublinhados, 6 e 20, também correspondem aos pontos de amostragem no gradiente vertical.

Para a coleta das amostras foram utilizados recipientes de polietileno de alta densidade, previamente preparados com os preservantes necessários para o recebimento das amostras e posterior quantificação dos parâmetros escolhidos neste trabalho. Quando da coleta, o frasco foi identificado na própria embalagem, com o auxílio de uma caneta especial, colocando os dados: nome do ponto de coleta, data e hora.

### 3.2 Técnicas analíticas aplicadas para avaliação da qualidade das águas no Reservatório de Itupararanga

No próprio local de coleta, todas as amostras de água (superficiais ou verticais) foram caracterizadas físico-quimicamente através de equipamento com eletrodos de leitura direta, sendo analisadas as seguintes variáveis: temperatura da água ( $^{\circ}\text{C}$ ), pH, condutividade ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) e oxigênio dissolvido ( $\text{mg}/\text{L}$ ). Os equipamentos utilizados para estes parâmetros foram: Oxímetro Digital YSI 85, pHgâmetro e condutímetro YSI pH100, devidamente calibrados e preparados para o uso de acordo com as instruções do fabricante.

Para a realização das coletas de água no gradiente vertical (em profundidade) do reservatório foi utilizada uma garrafa de Van Dorn feita com tubos de PVC (Foto 3.1). Para a manutenção das características amostradas de qualidade da água, os métodos de coleta e de preservação das amostras seguiram a metodologia proposta por Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, APHA (2001).



Foto 3.1 – Garrafa de Van Dorn utilizada para amostrar a água nas diferentes profundidades do reservatório.

Todas as amostras devidamente preservadas e armazenadas foram levadas ao LABOGEA (Laboratório de Geoquímica Ambiental) da UNESP de Sorocaba. As amostras de águas superficiais coletadas para se verificar a qualidade do reservatório de Itupararanga no seu gradiente horizontal foram quantificadas em relação aos teores de sólidos totais dissolvidos, sólidos totais em suspensão, fósforo total e clorofila-a.

Já as amostras de águas coletadas nos perfis verticais, as seguintes variáveis foram quantificadas: Ca, Mg, Na, K, Al, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn,  $\text{HCO}_3^-$ , fósforo total, fósforo dissolvido, clorofila-a,  $\text{SO}_4^{2-}$  e  $\text{NO}_3^-$ , além da transparência, pelo Disco de Secchi. A Tabela

3.1 apresenta resumidamente todas as metodologias utilizadas para a quantificação de todos os parâmetros envolvidos neste trabalho.

Tabela 3.1 – Variáveis analisadas e metodologia empregada neste trabalho

<b>Parâmetro</b>	<b>Metodologia</b>
Sólidos totais em suspensão e sólidos totais dissolvidos	Gravimetria
Fósforo total, fósforo dissolvido, clorofila-a, $\text{SO}_4^{2-}$ e $\text{NO}_3^-$	Espectrofotometria
Ca, Mg, Na, K, Al, Fe, Mn, Ni, Pb e Zn	Espectrometria de absorção atômica (AAS) Espectrometria de Emissão Atômica com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-AES)
$\text{HCO}_3^-$	Titulação

As análises de sólidos totais dissolvidos e sólidos totais suspensos foram realizadas no LABOGEO de acordo com o APHA (2001), utilizando-se a metodologia gravimétrica. Sulfato (método turbidimétrico de sulfato de bário, de 0 a  $70 \pm 0,9$  mg/L), fósforo total e dissolvido (método do ácido ascórbico, de 0 a  $3 \pm 0,01$  mg/L) e nitrato (método de redução de cádmio, de 0 a  $20 \pm 0,4$  mg/L) foram quantificados, no mesmo laboratório, por espectrofotometria no Espectrofotômetro DR-2800 da *Hach Company* (Hach, 1992).

A alcalinidade foi obtida por titulação com ácido sulfúrico 0,02 N (Hach, 1992). Sódio, potássio, cálcio, magnésio, alumínio, ferro, manganês, níquel, chumbo e zinco foram analisados na primeira coleta por espectrometria de absorção atômica - AAS, na UNESP Sorocaba.

Na segunda coleta, os mesmos elementos foram quantificados por espectrometria de emissão atômica com plasma indutivamente acoplado (ICP-AES) no LABOGEO (Laboratório de Geoquímica) da UNESP de Rio Claro.

A quantificação de clorofila-a foi realizada no Laboratório de Limnologia da USP de São Paulo, através da metodologia proposta por Valderrama (1981).

Para se avaliar a qualidade de um reservatório foi utilizada a Classificação do Estado Trófico, conforme o Índice de Carlson modificado (CETESB, 2007), para todos os pontos de amostragem de águas superficiais e verticais no reservatório. A metodologia utilizada para isso foi a da Companhia de Tecnologia em Saneamento Ambiental (CETESB, 2007), que é

composto pelo Índice do Estado Trófico para o fósforo – IET(PT) e o Índice do Estado Trófico para a clorofila-a – IET(CL), segundo as equações:

$$IET (CL) = 10.(6-(0,92-0,34.(lnCL)/ln2))) \quad (1)$$

$$IET (PT) = 10.(6-(1,77-0,42.(lnPT)/ln2))) \quad (2)$$

Onde:

*PT* = concentração de fósforo total medida à superfície da água, em µg/L;

*CL* = concentração de clorofila a medida à superfície da água, em µg/L.

Para o cálculo final do IET, foi realizada uma média aritmética entre a concentração de fósforo total e a concentração de clorofila-a, conforme fórmula a seguir.

$$IET = [IET(PT)+IET(CL)]/2 \quad (3)$$

Os resultados obtidos classificaram o estado trófico da água como ultraoligotrófico, oligotrófico, mesotrófico, eutrófico, supereutrófico e hipereutrófico (CETESB, 2005) (Tabela 3.2).

Tabela 3.2 – Classificação do valor do Índice de Estado Trófico e diferentes trofias, de acordo com CETESB (2005).

<b>Índice de Estado Trófico</b>	<b>Classificação</b>
<b>&lt;44</b>	Oligotrófico
<b>44-54</b>	Mesotrófico
<b>55-74</b>	Eutrófico
<b>&gt;74</b>	Hipereutrófico



### 3.3 Organização e tratamento dos dados

Todos os resultados obtidos foram organizados em tabelas e gerenciados pelo software Microsoft Excel 2007, dessa forma a recuperação de dados pôde ser realizada prontamente.

Para se ter idéia da distribuição espacial do estado eutrófico do reservatório de Ituparanga, utilizou-se a técnica da krigagem, que gera mapas com isovalores, através do

uso do programa *Surfer for Windows 8.0*. A organização e tratamento dos dados também foram realizados no LABOGEA.

#### 4 – AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS DO RESERVATÓRIO DE ITUPARARANGA NO SEU GRADIENTE HORIZONTAL

Este capítulo descreve os resultados da avaliação da qualidade das águas do reservatório de Itupararanga no seu gradiente horizontal (lâmina d'água), tendo em vista sua importância para a bacia do Sorocaba e Médio-Tietê. A fim de se convencionar a nomenclatura das estações de coleta, a linha  indica a estação chuvosa e a linha  a estação seca.

A Resolução CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) nº. 357 de 2005 dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, sendo que para corpos de água doce (salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰) ela define:

- Classe Especial: águas destinadas ao abastecimento doméstico, com desinfecção, e à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.
- Classe 1: águas destinadas ao abastecimento doméstico após tratamento simplificado, à proteção das comunidades aquáticas, à recreação de contato primário e à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam juntas ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película
- Classe 2: águas destinadas ao abastecimento doméstico após tratamento convencional, à proteção das comunidades aquáticas, à recreação de contato primário, à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, à aqüicultura e à atividade de pesca.

- Classe 3: águas destinadas ao abastecimento doméstico após tratamento convencional ou avançado, à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras, à pesca amadora, à recreação de contato secundário e à dessedentação de animais.
- Classe 4: águas destinadas à navegação e à harmonia paisagística.

Exceto em nascentes, que deveriam ser enquadrados como classe especial, os corpos d'água do Alto Sorocaba deveriam ser enquadrados (estabelecimento do nível a ser alcançado e/ou mantido em um segmento de corpo d'água ao longo do tempo), pelo menos, como Classe 2, pois trata-se de uma bacia fornecedora de água para uso doméstico para uma população de mais de 1.000.000 pessoas, além de ter seus recursos hídricos amplamente utilizados pela irrigação por toda a bacia.

A Resolução do CONAMA nº. 357 de 2005 estabelece limites e/ou condições de qualidade de água a serem respeitados para cada classe, sendo que para a Classe 2 alguns parâmetros são exigidos, conforme a Tabela 4.1:

Tabela 4.1 - Padrões de qualidade da água exigidos pela Resolução CONAMA nº. 357 de 2005 para os elementos analisados neste estudo.

<b>Parâmetro</b>	<b>Concentração (mg/L)</b>
Oxigênio Dissolvido	> 5
Sólidos Totais Dissolvidos	500
Sulfato Total	250
Nitrato	10
Fósforo Total	0,03
Cloreto Total	250
Manganês Total	0,1
Alumínio Dissolvido	0,1
Chumbo Total	0,01
Níquel Total	0,025
Ferro Dissolvido	0,3
Zinco Total	0,18
Clorofila-a	30 ug/L

As Tabelas 4.2 e 4.3 demonstram os resultados obtidos nas diferentes estações de coleta e as diferentes estações do ano, indicando também a localização geográfica (UTM) dos pontos de coleta.

Tabela 4.2 – Resultados da análise de qualidade do reservatório de Itaparanga na época de chuva (24/01/2007). Legenda: Cond – condutividade; Temp – temperatura; pH – potencial hidrogeniônico; OD – oxigênio dissolvido; STD- sólidos totais dissolvidos; STS – sólidos totais em suspensão; Ptotal – fósforo total; IET – Índice de Estado Trófico.

Ponto de amostragem	Coordenadas		Cond (µS/cm)	Temp (°C)	pH	OD	STD	STS	Ptotal	Clorofila-a IET	
	UTM (23K)										mg/L
1	272000	7386250	50	26,7	7,0	5,2	260	30	0,18	8,49	62
2	268900	7386500	60	27,3	7,2	7,0	250	30	0,20	27,81	69
3	269950	7388900	60	27,9	7,5	8,1	190	20	0,14	9,23	60
4	267600	7389250	60	27,1	7,6	8,6	180	30	0,19	13,90	65
5	266550	7388750	70	27,9	7,5	8,3	150	30	0,15	6,38	59
6	266350	7388000	70	28,9	7,5	7,7	150	20	0,15	6,22	59
7	265300	7388350	60	27,2	7,6	8,4	130	20	0,14	4,95	57
8	266350	7386350	70	27,9	7,5	8,1	140	40	0,11	4,14	55
9	265050	7386100	70	27,2	7,7	7,7	130	20	0,11	2,11	51
10	264500	7384900	70	27,2	7,5	7,1	130	10	0,10	2,11	51
11	263650	7385500	70	28,2	7,5	7,3	130	20	0,09	1,75	49
12	262350	7383750	70	26,6	7,6	7,6	120	20	0,09	1,62	49
13	262200	7386200	70	28,0	7,6	7,4	120	10	0,10	0,67	45
14	262400	7387250	70	27,5	7,6	7,7	110	20	0,11	2,48	52
15	261050	7386450	70	28,5	7,5	7,8	110	10	0,09	1,19	47
16	259150	7384900	70	26,3	7,7	7,9	110	20	0,09	1,27	47
17	258600	7383500	70	28,3	7,7	7,8	120	10	0,11	0,83	47
18	257650	7384450	70	27,5	7,7	7,9	120	10	0,11	0,51	44
19	255500	7385000	70	26,8	7,7	7,9	110	10	0,08	0,84	44
20	256000	7386250	50	26,6	7,6	8,0	90	10	0,07	0,99	44

Tabela 4.3 – Resultados da análise de qualidade do reservatório de Itupararanga na época de seca (01/08/2007). Legenda: Cond – condutividade; Temp – temperatura; pH – potencial hidrogeniônico; OD – oxigênio dissolvido; STD- sólidos totais dissolvidos; STS – sólidos totais em suspensão; Ptotal – fósforo total; IET – Índice de Estado Trófico.

Ponto de amostragem	Coordenadas		Cond (µS/cm)	Temp (°C)	pH	OD	STD	STS	Ptotal	Clorofila-a	IET
	UTM (23K)										
1	272000	7386250	60	12,4	6,6	4,6	160	25	0,20	5,50	60
2	268900	7386500	70	14,8	6,9	6,8	160	25	0,23	18,10	67
3	269950	7388900	60	15,7	7,5	7,9	160	25	0,16	5,66	59
4	267600	7389250	70	15,9	7,2	8,0	160	25	0,19	8,92	62
5	266550	7388750	70	16,0	7,4	8,1	160	25	0,16	8,33	61
6	266350	7388000	70	16,3	7,4	8,1	150	20	0,15	9,59	61
7	265300	7388350	70	16,8	7,5	7,8	120	20	0,14	9,44	61
8	266350	7386350	70	17,0	7,4	8,0	120	30	0,11	8,88	59
9	265050	7386100	70	16,0	7,6	7,6	120	15	0,10	9,39	58
10	264500	7384900	70	17,1	7,7	7,8	100	15	0,10	4,82	55
11	263650	7385500	70	16,8	7,4	8,1	120	15	0,10	4,86	55
12	262350	7383750	70	17,0	7,4	7,5	100	20	0,10	4,95	55
13	262200	7386200	70	17,0	7,5	7,6	100	15	0,11	4,49	55
14	262400	7387250	70	16,9	7,4	7,5	110	15	0,10	5,07	55
15	261050	7386450	70	16,8	7,6	7,5	100	10	0,09	5,10	55
16	259150	7384900	70	17,1	7,4	7,4	100	15	0,11	4,61	55
17	258600	7383500	60	16,9	7,5	7,7	100	10	0,12	4,29	55
18	257650	7384450	70	16,9	7,4	7,6	100	13	0,11	3,93	55
19	255500	7385000	60	16,8	7,4	7,6	100	10	0,08	3,19	51
20	256000	7386250	60	16,3	7,5	7,6	80	10	0,07	3,16	50

#### 4.1 – Condutividade elétrica e temperatura

A condutividade pode ser entendida como a capacidade que a água tem em conduzir corrente elétrica, variando sua concentração dependendo da temperatura e da quantidade de íons dissolvidos presentes. O parâmetro condutividade elétrica não determina, especificamente, quais os íons que estão presentes em determinada amostra de água, mas pode contribuir para possíveis reconhecimentos de impactos ambientais que ocorram na bacia de drenagem ocasionada por lançamentos de resíduos domésticos, industriais, águas de drenagem de sistemas de irrigação e escoamento superficial de áreas agrícolas (HERMES & SILVA 2004).

Quanto aos valores de condutividade elétrica analisados no reservatório de Itupararanga, observa-se que não houve alterações significativas entre as estações de coleta. Na estação de seca, a condutividade média do reservatório foi de 67,5  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , variando entre 50 e 70  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , sendo que a média na estação chuvosa de 66  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , com a mesma variação da estação seca (Tabelas 4.2 e 4.3 e Figura 4.1).

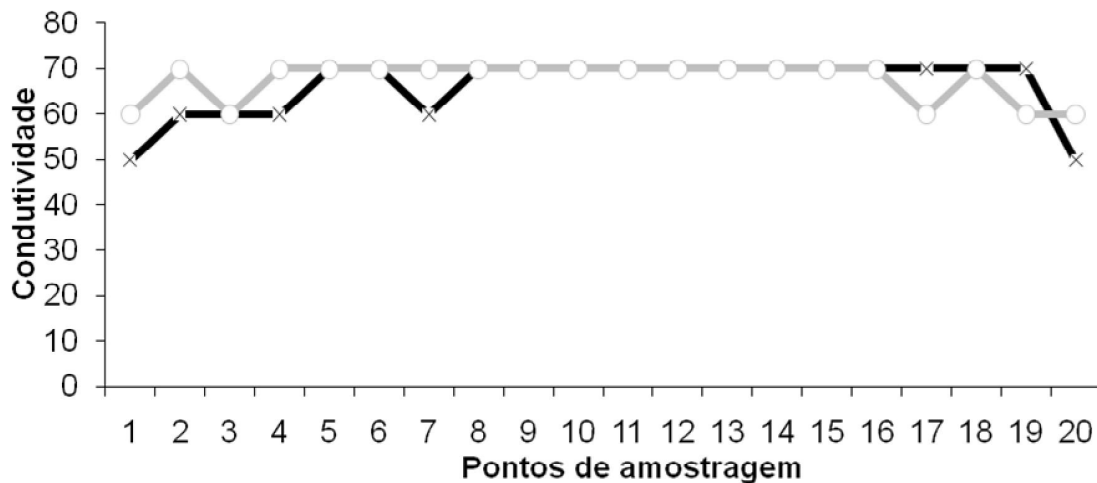


Figura 4.1 – Valores de condutividade elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) das águas do reservatório de Itupararanga durante as diferentes épocas de coleta, a linha **—x—** indica a estação chuvosa e a linha **—o—** a estação seca..

A temperatura é um fator determinante no direcionamento das reações que afetam os processos químicos, físicos e biológicos, exercendo, assim, uma enorme influência na atividade biológica e no crescimento de organismos aquáticos (ESTEVEZ, 1988). Conforme as variações

da temperatura as algas e microorganismos fotossintetizantes podem se distanciar da superfície da água, o número de indivíduos das várias espécies diminui por migração ou até mesmo por morte (HERMES & SILVA 2004). Aumentos na temperatura da água podem estar relacionados principalmente com dois motivos: com a transferência de calor por radiação, condução e convecção (atmosfera e solo) ou por atividades antrópicas, tais como despejos de efluentes industriais e domésticos (ESPÍNDOLA et. al, 2000).

Observar-se que na estação chuvosa, a temperatura da água é consideravelmente maior que na estação seca, tal variação é de aproximadamente 12°C, isso se explica pelo fato da maior radiação solar ocorrida no período de verão, aquecendo as águas do reservatório por fenômenos de convecção de calor (Tabelas 4.2 e 4.3 e Figura 4.2).

Nota-se que na estação seca observou-se aumento de aproximadamente 3°C entre o ponto 1 e 20, tal fato pode ser explicado devido a coleta iniciar-se pela manhã, com temperaturas mais frias. No ponto 20, a coleta de amostras de água ocorreu na parte da tarde, portanto, houve aquecimento do reservatório ao longo da coleta devido ao horário do dia.

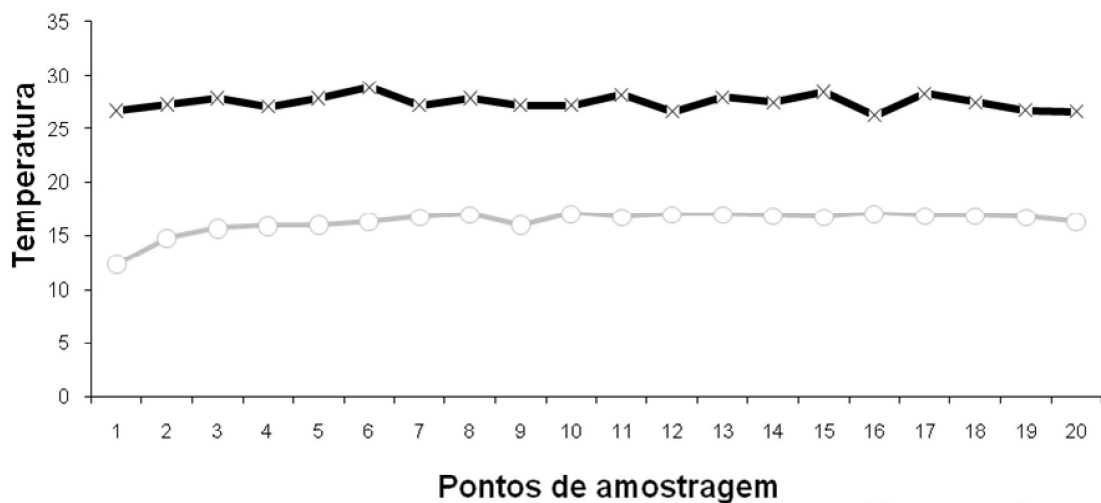


Figura 4.2 – Valores de temperatura (°C) das águas do reservatório de Itupararanga durante as diferentes épocas de coleta, a linha **—x—** indica a estação chuvosa e a linha **—o—** a estação seca.

#### 4.2 – pH e oxigênio dissolvido

O pH é uma medida do equilíbrio entre as cargas de hidroxilas ( $\text{OH}^-$ ) e de íons de hidrogênio ( $\text{H}^+$ ), sendo usado para identificar se determinada solução é ácida, neutra ou básica.

Com relação ao pH, observa-se estreita interdependência entre as comunidades vegetais e animais e o meio aquático. Sobre as comunidades, o pH atua diretamente nos processos de permeabilidade da membrana celular, interferindo, portanto, no transporte iônico intra e extra celular, e entre os organismos e o meio (ESTEVEZ, 1998). O pH também possui um efeito indireto, podendo, em determinadas condições contribuir para a precipitação de elementos químicos tóxicos como metais pesados, e em outras condições podem exercer efeitos sobre a solubilidade de nutrientes.

Desta forma, as restrições de faixas de pH são estabelecidas para as diversas classes de águas naturais, tanto de acordo com a legislação federal (CONAMA, 2005), como pela legislação do Estado de São Paulo, Decreto nº 8.468 de 1976 (São Paulo, 1976). Os critérios de proteção à vida aquática fixam que a faixa de pH deve estar entre 5 e 8, estando todos os valores obtidos de pH das amostras analisadas no reservatório de Itupararanga dentro deste intervalo proposto (Tabelas 4.2 e 4.3 e Figura 4.3).

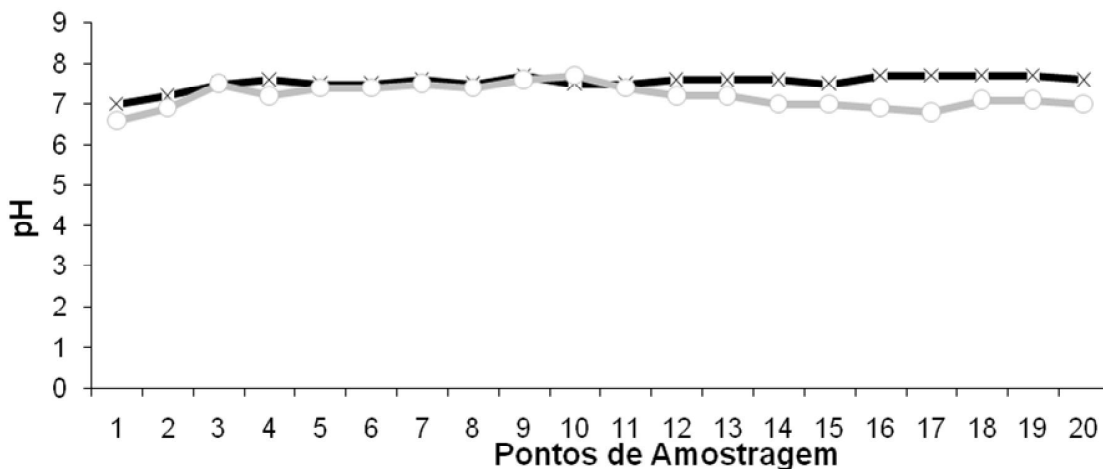


Figura 4.3 – Valores de pH das águas do reservatório de Itupararanga durante as diferentes épocas de coleta, a linha **—x—** indica a estação chuvosa e a linha **—o—** a estação seca.

Dentre os gases dissolvidos na água, o oxigênio ( $O_2$ ), é um dos mais importantes na dinâmica e caracterização de ecossistemas aquáticos. As principais fontes de oxigênio para a água são a atmosfera e a fotossíntese. Por outro lado, as perdas se devem ao consumo pela decomposição da matéria orgânica (oxidação), trocas para a atmosfera, respiração de organismos

aquáticos e oxidação de íons metálicos, como por exemplo, o ferro e o manganês (ESTEVEES, 1988).

A determinação desse parâmetro é de fundamental importância para a avaliação da qualidade da água, uma vez que, está envolvido praticamente em todos os processos químicos e biológicos. Segundo Hermes & Silva (2004), exposições prolongadas a concentrações abaixo de 5 mg/L podem aumentar a susceptibilidade ao estresse, enquanto exposições abaixo de 2 mg/L pode levar à morte da maioria dos organismos presentes na água.

Todas as amostras analisadas apresentaram concentração de oxigênio dissolvido acima de 5 mg/L, com exceção do ponto 1 durante a segunda coleta (Tabelas 4.2 e 4.3 e Figura 4.4).

Os mais baixos valores de oxigênio dissolvido sempre foram obtidos nos pontos próximos a entrada do reservatório de Itupararanga devido à decomposição de matéria orgânica oriunda dos efluentes domésticos de Ibiúna, sendo o mesmo fato observado para os valores de pH.

Ao longo do reservatório, os valores de oxigênio dissolvido e pH aumentam devido à intensa atividade fotossíntese realizada na porção inicial deste reservatório (ESTEVEES, 1998).

Esta tendência observada de montante – jusante para o OD, foi observada para os demais parâmetros avaliados neste trabalho, como os sólidos totais e em suspensão, pH, clorofila-a e fósforo total.

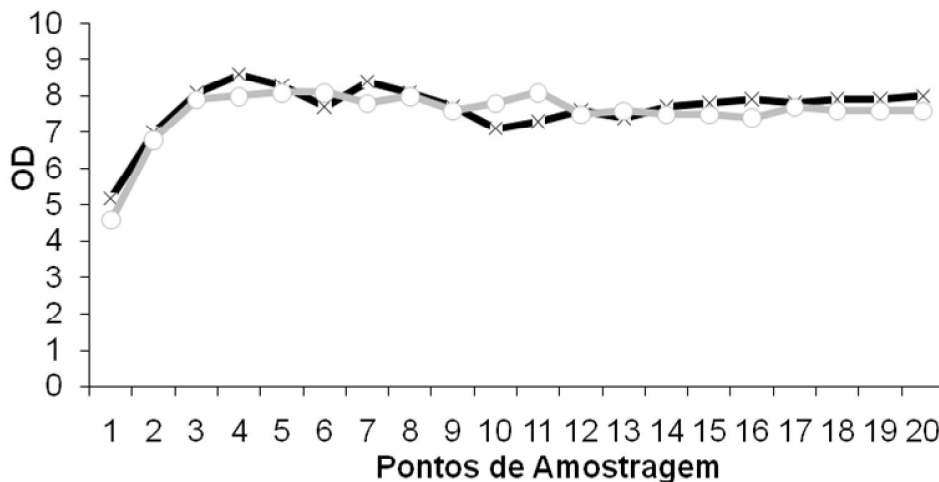


Figura 4.4 –Valores de oxigênio dissolvido (mg/L) das águas do reservatório de Itupararanga durante as diferentes épocas de coleta, a linha **—x—** indica a estação chuvosa e a linha **—o—** a estação seca.

### 4.3 – Sólidos totais dissolvidos e sólidos totais em suspensão

Segundo APHA (2000), sólidos são materiais dissolvidos ou suspensos em águas ou efluentes que podem afetar diretamente e adversamente a qualidade destas. Segundo Barreto (1999, *apud* ESPÍNDOLA et. al. 2000), a concentração de sólidos nos ecossistemas aquáticos lóticos está fortemente relacionada com a precipitação pluviométrica, trechos de corredeiras, tipologia da vegetação, pedologia e às causas antrópicas. Todas as impurezas encontradas no curso da água, exceto os gases dissolvidos, contribuem para a carga de sólidos presentes nos corpos d'água.

Medidas de sólidos totais dissolvidos e em suspensão são importantes e devem ser realizadas onde ocorrem áreas de descarga de esgotos, descargas industriais e áreas de irrigação intensiva, pois devido ao excesso de sólidos, as atividades fotossintéticas podem ser prejudicadas, provocando o desequilíbrio entre espécies e desaparecimento completo de algumas formas de vida (HERMES & SILVA, 2004). Em altas concentrações, os sólidos também podem servir como carreadores de substâncias tóxicas adsorvidas nas partículas de sólidos e aumentar a turbidez das águas, prejudicando seus aspectos estéticos (APHA, 2002). O seu monitoramento regular serve como um importante recurso, podendo detectar tendências de aumento de erosão na bacia hidrográfica.

Os resultados de sólidos totais dissolvidos e em suspensão obtidos neste trabalho para o reservatório de Itupararanga são apresentados na Tabela 4.2 e 4.3 (Figs. 4.5 e 4.6). Os valores quantificados, tanto para STD quanto para STS, possuem comportamento semelhante, sendo que todos os valores de STD não ultrapassam a concentração de 500 mg/L, valor máximo desejável para águas de consumo humano, de acordo com a Resolução CONAMA nº 357 de 2005. As maiores concentrações de STD e STS em todos os pontos de amostragem ocorreram na época de chuva, possivelmente devido aos processos de erosão e de lixiviação, favorecidos pelas práticas agrícolas realizadas em desacordo com o manejo adequado do solo (falta de plantios em curvas de nível, excesso de revolvimento de solo para plantio), induzindo a remoção de partículas do solo e arraste de sedimentos e/ou elementos/compostos dissolvidos. Ao longo do eixo principal do reservatório, há decréscimo nos valores de STS e STD, provavelmente devido a decantação

dos mesmos ou incorporação dos STD pelos organismos aquáticos, visto que o reservatório forma ambiente propício a isso (BAXTER, 1977).

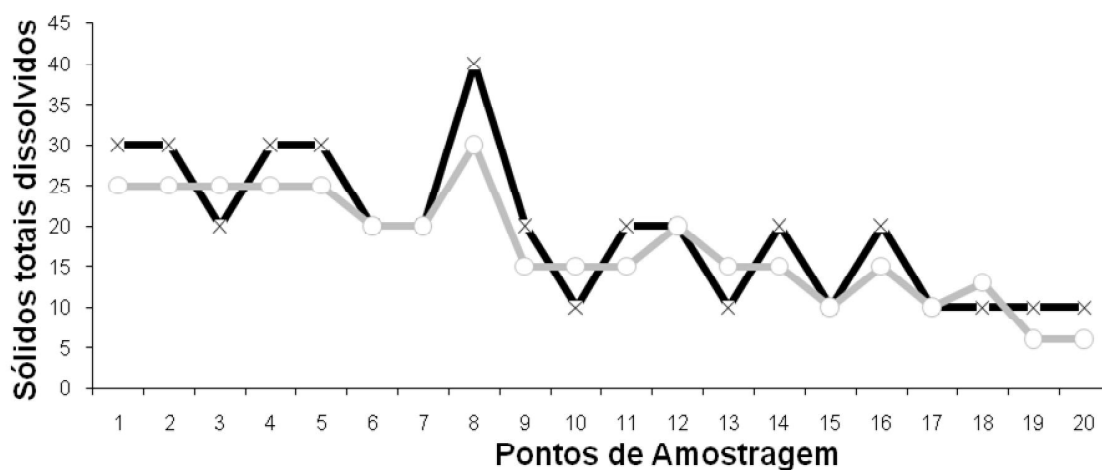


Figura 4.5 – Valores de sólidos totais dissolvidos (mg/L) das águas do reservatório de Itupararanga durante as diferentes épocas de coleta, a linha **—x—** indica a estação chuvosa e a linha **—o—** a estação seca.

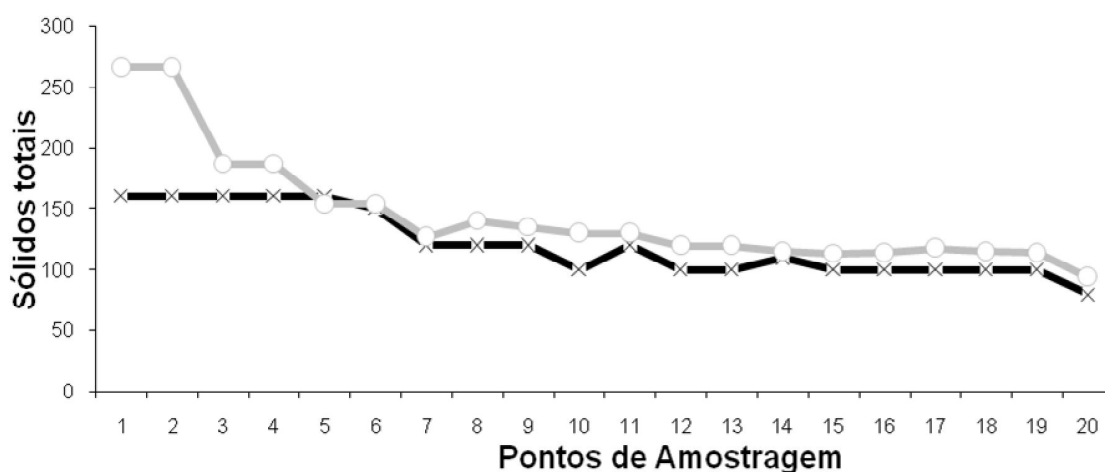


Figura 4.6 – Valores de sólidos totais em suspensão (mg/L) das águas do reservatório de Itupararanga durante as diferentes épocas de coleta, a linha **—x—** indica a estação chuvosa e a linha **—o—** a estação seca.

#### 4.4 – Fósforo total e clorofila-a

Todo o fósforo presente em águas naturais encontra-se na forma de fosfato, que pode ser originado de fontes naturais como as rochas da bacia de drenagem, material particulado da atmosfera e decomposição de organismos alóctones, além de fontes artificiais, como os esgotos e o deflúvio superficial agrícola, que carrega compostos químicos a partir dos fertilizantes (ESPÍNDOLA et. al., 2003).

O fósforo é um elemento fundamental para o metabolismo dos seres vivos, tais como: armazenamento de energia (ATP) e a estruturação da membrana plasmática (fosfolipídeos) (ESTEVES, 1988). Em águas naturais, que não foram submetidas a processos de poluição, a quantidade de fósforo varia de 0,005 mg/L a 0,020 mg/L. Geralmente, concentrações na faixa de 0,01 mg/L de fosfato são suficientes para a manutenção do fitoplâncton, e concentrações na faixa de 0,03 a 0,1 mg/L (ou maiores) são suficientes para disparar o seu crescimento de maneira desenfreada (USEPA, 1986; apud HERMES & SILVA, 2004).

Conforme se observou na figura 4.7, os valores de fósforo total a montante do reservatório são mais altos e tendem a diminuir em direção a jusante. Em alguns pontos na estação chuvosa, observaram-se picos de valores, podendo ser relacionado com o uso do solo no entorno, visto à aplicação de fertilizantes para as culturas. Todos os valores de fósforo total estão acima do permitido para águas de Classe II, conforme a Resolução CONAMA nº 357, ou seja, 0,03 mg/L. Corroborando com este fato, observa-se que os valores de clorofila-a possuem o mesmo comportamento do fósforo total. Porém, em relação à Resolução CONAMA nº 357, os valores de clorofila-a encontram-se em conformidade com o valor de 30 µg/L preconizado para águas Classe II.

#### 4.5 - Índice de Estado Trófico

Segundo a CETESB (2007), o Índice do Estado Trófico (IET) tem por finalidade classificar corpos d'água em diferentes graus de trofia, ou seja, avalia a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo das algas ou

ao aumento da infestação de macrófitas aquáticas. Neste índice, os resultados correspondentes ao fósforo, denominado IET(P), devem ser entendidos como uma medida do potencial de eutrofização, já que este nutriente atua como o agente causador do processo. Por outro lado, a avaliação correspondente à clorofila-a, denominado IET(CL), deve ser considerada como uma medida da resposta do corpo hídrico ao agente causador, indicando de forma adequada o nível de crescimento de algas em resposta a introdução de nutrientes.

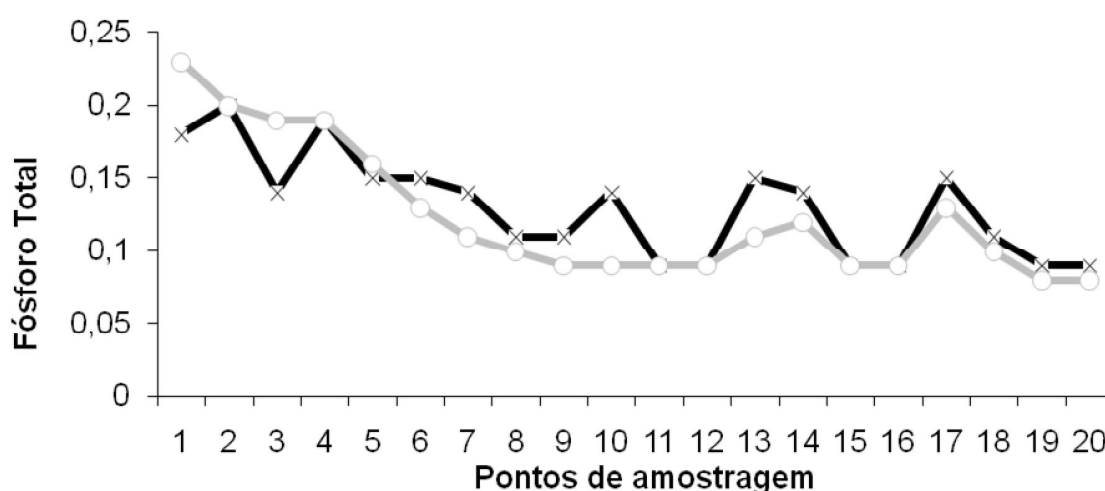


Figura 4.7 – Valores de fósforo total (mg/L) das águas do reservatório de Itupararanga durante as diferentes épocas de coleta, a linha **—x—** indica a estação chuvosa e a linha **—o—** a estação seca.

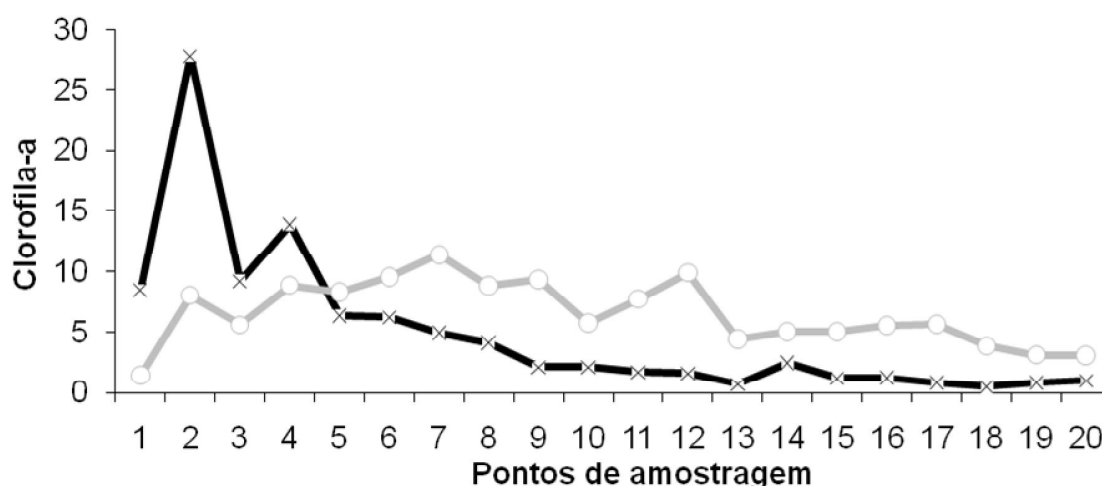


Figura 4.8 – Valores de clorofila-a (mg/L) das águas do reservatório de Itupararanga durante as diferentes épocas de coleta, a linha **—x—** indica a estação chuvosa e a linha **—o—** a estação seca.

Com relação ao IET dos pontos de analisados, na estação chuvosa, 40% dos pontos foram classificados como eutróficos e 60% mesotróficos (Figura 4.9), já na estação seca, 90% dos pontos foram classificados como eutróficos e os demais classificados como mesotróficos (Figura 4.10). Conforme observado nas Figuras 4.11 e 4.12, os pontos com maiores valores de eutrofização do reservatório de Itupararanga ocorrem a montante, principalmente entre os pontos 1 a 4, provocando o crescimento exagerado dos organismos aquáticos autotróficos, dificultando a navegação neste trecho do reservatório.

Outro fator importante a observar é a melhoria da qualidade da água no sentido de montante para jusante nas águas do reservatório de Itupararanga, possivelmente pela sedimentação, absorção e/ou complexação dos elementos/compostos analisados neste estudo.

Além disso, fica evidente através da espacialização dos resultados do IET, uma melhor qualidade de água do reservatório de Itupararanga durante a primeira coleta, ou seja, em janeiro de 2007.

Em ambas as estações do ano observou-se tendência de depuração do corpo d'água (figuras 4.7 e 4.8), visto que houve decréscimo da concentração de fósforo total, relacionado com o aumento da concentração de clorofila-a, indicando consumo de fósforo pelas algas e produção da fotossíntese.

Cabe salientar que alguns tipos de algas são tóxicas, podendo provocar sabor e mau cheiro na água de abastecimento (ESTEVEZ, 1988). Ribeiro Filho (2006), também relacionou positivamente o incremento de clorofila-a com o a abundância de cianobactérias, fato que podem ocasionar problemas de mortandade dos demais seres vivos (peixes, algas, macrófitas, etc), além de problemas com o abastecimento público de água.

No reservatório de Itupararanga, principalmente a montante, já se encontra uma grande quantidade de cianobactérias, foram observados em ambas as estações “*blooms*” de algas, que formavam uma cobertura superficial verde na lâmina d'água, tal fato pode vir a ocasionar aos municípios problemas para o abastecimento de água.

Estes “*blooms*” de microorganismos aquáticos fotossintetizantes ao longo do reservatório, foram encontrados especialmente nos pontos à montante, situados mais próximos à fontes antrópicas de enriquecimento de nutrientes, como o município de Ibiúna/SP.

O Rio Sorocaba, antes de entrar no reservatório de Itupararanga, sofre severos impactos ambientais que alteram sua qualidade. O crescimento urbano de Ibiúna, sem planejamento, com o

descarte de efluentes domésticos e industriais “in natura” no Rio de Una faz com que óleos, lixo, cor, odor, larvas de insetos diptera (*Chironomidae*) sejam componentes da paisagem.

O Rio Sorocabuçu e o Rio Sorocamirim não passam por nenhum centro urbano, porém, podem receber possíveis cargas difusas, devido ao cultivo de olerícolas (repolho, alface, batata, tomate, etc.) ou pela presença de pequenos aglomerados populacionais ao longo de sua extensão.

Assim, a porção montante do reservatório de Itupararanga já se encontra com alto nível de impacto ambiental devido às atividades relacionadas ao uso e ocupação da bacia do Alto Sorocaba, fato evidenciado pelos valores de IET quantificados neste estudo.

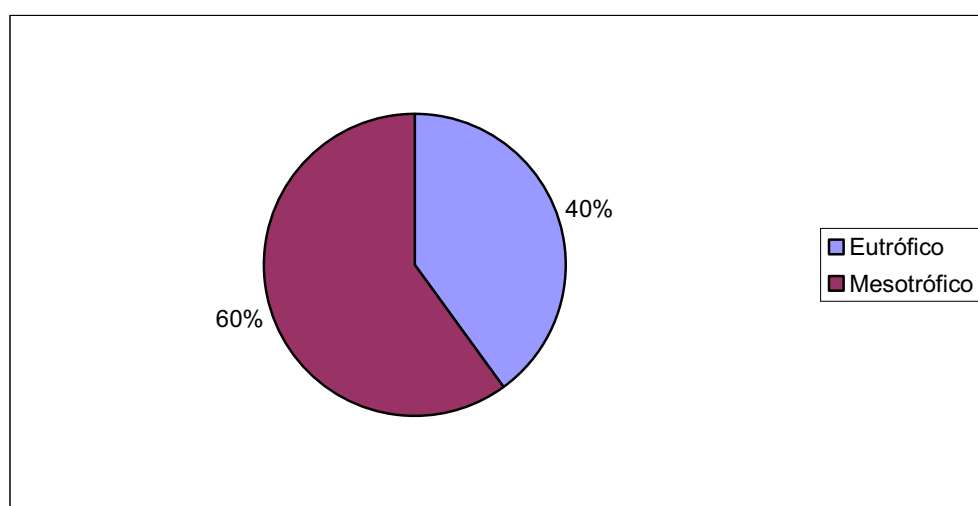


Figura 4.9 – Porcentagem dos pontos em diferentes estados tróficos durante a estação chuvosa.

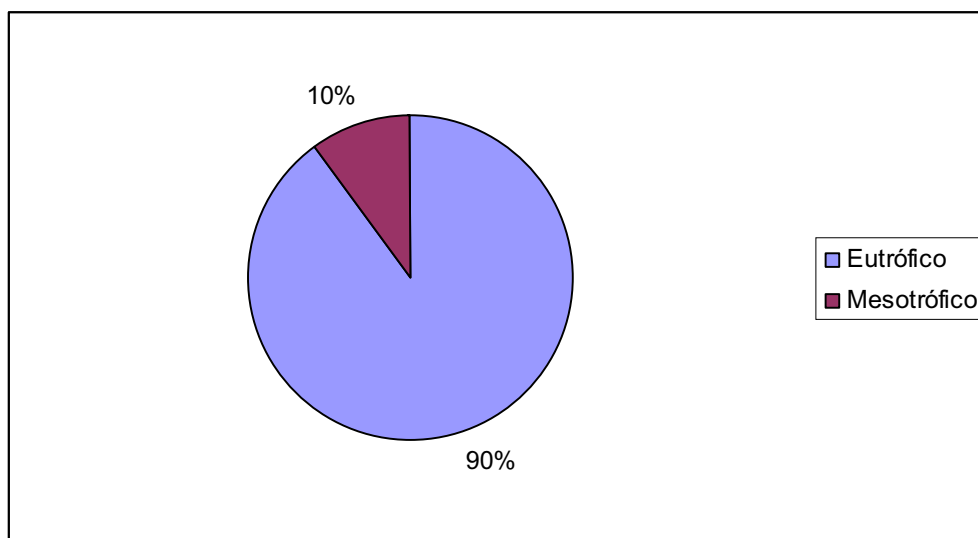


Figura 4.10 – Porcentagem dos pontos em diferentes estados tróficos durante a estação seca.

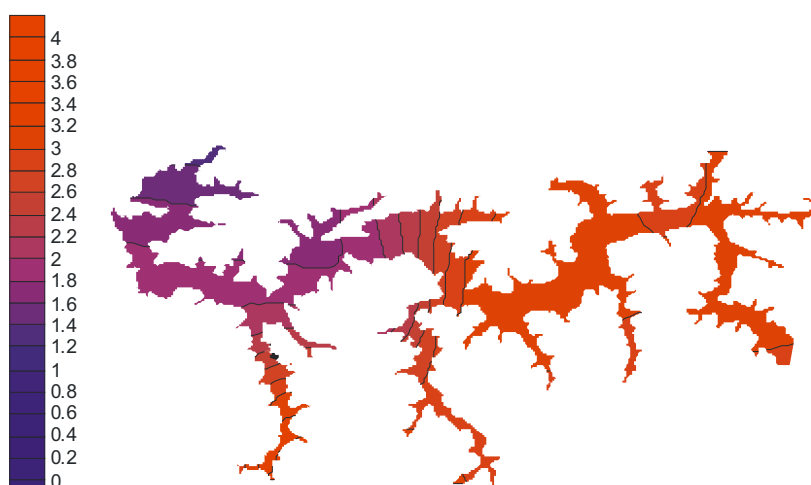


Figura 4.11 – Variação do IET (modelo por Krigagem) para o reservatório de Itupararanga no período chuvoso. Legenda: 0 a 1 = oligotrófico, 1 a 2 = mesotrófico, 2 a 3 = eutrófico e 3 a 4 = hipereutrófico.



Figura 4.12 – Variação do IET (modelo por Krigagem) para o reservatório de Itupararanga no período seco. Legenda: 0 a 1 = oligotrófico, 1 a 2 = mesotrófico, 2 a 3 = eutrófico e 3 a 4 = hipereutrófico.

Há duas explicações para o aumento do IET na amostragem realizada de agosto, como já evidenciado para os reservatórios de Ponte Nova – bacia do Alto Tietê (MONTEIRO JUNIOR, 2006) e Rio Grande – Complexo Billings (MARIANI, 2006). A primeira explicação seria que está havendo uma rápida eutrofização do reservatório de Itupararanga devido ao uso e ocupação da bacia do Alto Sorocaba.

A segunda explicação se deve ao fato de que a primeira coleta foi realizada ainda no primeiro mês de verão e começo do enchimento do reservatório de Itupararanga (Figura 4.13) e, com o passar do verão, deve estar havendo uma grande proliferação de algas que se espalham pelo reservatório e permanecem nele durante algum tempo.

Na coleta do começo de agosto, a alta concentração de clorofila-a no reservatório de Itupararanga deve-se a permanência destas algas neste reservatório. Porém, ao longo do tempo, a concentração de clorofila-a deve baixar até o próximo verão, pois há uma diminuição da temperatura do reservatório de Itupararanga (Tabelas 4.2 e 4.3), onde o ciclo pode recomeçar. Somente um estudo mais detalhado, onde haja coletas sistemáticas mensais durante um ou dois ciclos hidrológicos completos podem esclarecer este fato.

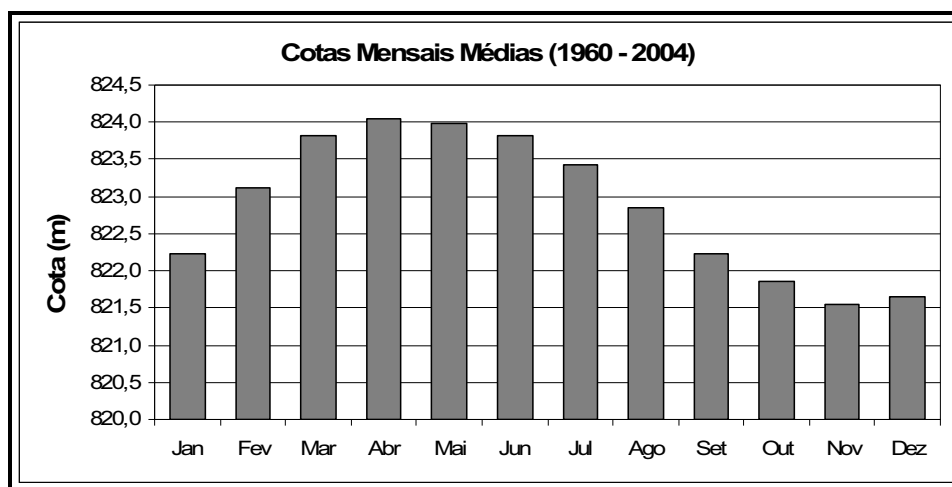


Figura 4.13 - Cotas médias mensais do reservatório de Itapararanga entre os anos de 1960 – 2004 (CBA, 2006).

## **5 – AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS DO RESERVATÓRIO DE ITUPARARANGA NO SEU GRADIENTE VERTICAL**

As Tabelas 5.1 e 5.2 apresentam todos os valores de profundidade – Prof (m), condutividade – Cond ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), temperatura – Temp ( $^{\circ}\text{C}$ ), potencial hidrogeniônico - pH, oxigênio dissolvido – OD (mg/L), cátions (Ca, Mg, Na, K, Al, Fe, Mn, Ni, Pb e Zn) e ânions ( $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ , fósforo total dissolvido - Pd, fósforo total - Pt, clorofila-a – clor ( $\mu\text{g}/\text{L}$ ) e o Índice de Estado Trófico – IET para todos os locais de amostragem nas épocas de chuva e seca, respectivamente.

### **5.1 – Parâmetros físico-químicos**

Os valores de condutividade apresentaram-se constantes ao longo do perfil vertical do reservatório em ambas as estações do ano, variando entre 65 e 70  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Figura 5.1a e 5.1b). Estudos como o de SOARES & MOZETO (2005), realizado em 4 reservatórios do Rio Tietê, notadamente eutrofizados por esgotos industriais e domésticos, indicaram valores acima de 200  $\mu\text{S}/\text{cm}$  nestes reservatórios. Os valores obtidos neste trabalho podem ser considerados baixos para águas superficiais (BRASIL, 2005), indicando que o reservatório de Itupararanga ainda possui boa qualidade da água.

Tabela 5.1 – Resultados da análise de qualidade do reservatório de Ituparanga na época de chuva (25/01/2007). Abreviações utilizadas: Prof – Profundidade; Cond – Condutividade; Temp – Temperatura; OD – Oxigênio Dissolvido, Pd – Fósforo total dissolvido; Pt – Fósforo Total; Clor – Clorofila-a; IET – Índice de estado trófico; Bar-Ponto Barragem.

Ponto	Prof	Cond	Temp	pH	OD	Ca	Mg	Na	K	Al	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Pd	Pt	Clor	IET
<b>1</b>	0,00	60,00	23,70	6,70	3,90	15,04	2,14	9,91	5,57	0,81	1,43	<0,01	<0,01	0,05	0,08	24,00	8,00	2,20	0,09	0,18	3,99	58
<b>6.1</b>	0,00	70,00	29,00	7,70	7,00	8,57	1,94	8,42	4,23	0,77	0,58	<0,01	<0,01	0,05	0,06	21,00	12,00	1,32	0,08	0,16	2,90	56
<b>6.2</b>	1,00	70,00	26,90	7,90	6,70	10,28	2,24	10,60	4,77	0,72	0,81	<0,01	<0,01	0,08	0,12	18,00	5,00	1,32	0,07	0,20	8,35	63
<b>6.3</b>	2,00	70,00	26,60	8,00	6,50	9,32	2,11	11,05	4,45	0,73	0,79	<0,01	<0,01	0,08	0,08	18,00	5,00	1,32	0,07	0,16	7,88	61
<b>6.4</b>	3,00	70,00	26,10	7,90	6,30	8,52	2,04	10,93	4,10	0,65	0,62	<0,01	<0,01	0,04	0,04	21,00	5,00	0,88	0,08	0,12	7,88	59
<b>6.5</b>	4,00	70,00	25,70	7,60	5,60	7,14	1,79	7,91	3,64	0,60	0,57	<0,01	<0,01	0,03	0,02	22,00	4,00	0,88	0,08	0,11	6,00	57
<b>6.6</b>	6,00	70,00	25,50	7,30	4,30	6,65	1,69	7,10	3,53	0,55	0,42	<0,01	<0,01	0,02	0,01	21,00	6,00	1,32	0,09	0,09	2,82	51
<b>20.1</b>	0,00	70,00	28,60	7,80	7,30	7,79	1,91	7,77	4,05	0,71	0,14	<0,01	<0,01	0,04	0,03	18,00	7,00	0,44	0,05	0,09	0,95	46
<b>20.2</b>	2,00	70,00	27,30	7,80	6,90	7,52	1,82	10,77	4,19	0,73	0,10	<0,01	<0,01	0,02	0,04	12,00	6,00	0,44	0,05	0,12	1,61	51
<b>20.3</b>	4,00	70,00	26,40	8,00	5,90	11,56	2,20	11,03	4,86	0,56	0,19	<0,01	<0,01	0,02	0,06	12,00	5,00	0,44	0,06	0,17	5,11	59
<b>20.4</b>	6,00	70,00	26,20	7,90	5,60	11,09	2,17	10,36	4,67	0,61	0,13	<0,01	<0,01	0,02	0,04	16,00	7,00	0,44	0,06	0,13	3,41	55
<b>20.5</b>	8,00	70,00	25,70	7,70	5,10	8,07	1,77	9,27	3,53	0,58	0,10	<0,01	<0,01	0,01	0,02	18,00	7,00	0,44	0,06	0,09	2,51	51
<b>20.6</b>	11,00	70,00	25,00	7,20	2,60	5,23	1,69	9,26	3,43	0,43	0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,01	18,00	7,00	0,44	0,07	0,07	1,60	47
<b>Bar</b>	0,00	70,00	25,40	7,70	8,00	6,59	1,90	7,57	3,13	0,55	0,12	<0,01	<0,01	0,03	0,02	18,00	3,00	0,44	0,07	0,07	1,56	47

Tabela 5.2 – Resultados da análise de qualidade do reservatório de Ituparanga na época de seca (02/08/2007). Abreviações utilizadas: Prof – Profundidade; Cond – Condutividade; Temp – Temperatura; OD – Oxigênio Dissolvido, Pd = Fósforo total dissolvido; Pt – Fósforo Total; Clor – Clorofila-a; IET – Índice de estado trófico; Bar-Ponto Barragem.

Ponto	Prof	Cond	Temp	pH	OD	Ca	Mg	Na	K	Al	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Pd	Pt	Clor	IET
<b>1</b>	0,00	67,00	15,00	6,60	4,60	7,05	1,62	9,72	5,40	0,32	1,06	<0,01	<0,01	<0,01	0,06	30,00	3,00	1,32	0,10	0,20	2,11	56
<b>6.1</b>	0,00	70,00	16,30	7,40	8,10	6,15	1,57	9,41	4,07	0,02	0,11	<0,01	<0,01	<0,01	0,06	20,00	2,00	0,88	0,09	0,15	9,59	61
<b>6.2</b>	2,00	70,00	16,00	7,40	7,90	6,77	1,82	11,63	4,25	0,03	0,09	<0,01	<0,01	<0,01	0,08	15,00	1,00	0,44	0,07	0,18	12,58	64
<b>6.3</b>	4,00	70,00	15,30	7,50	6,90	7,67	2,95	14,24	4,77	0,22	0,35	<0,01	<0,01	<0,01	0,09	15,00	1,00	0,44	0,07	0,20	14,41	65
<b>6.4</b>	6,00	70,00	15,20	7,10	6,60	5,07	1,62	9,76	3,95	0,06	0,26	<0,01	<0,01	<0,01	0,04	20,00	1,00	0,44	0,09	0,17	12,97	64
<b>6.5</b>	8,00	70,00	15,00	7,00	6,40	4,90	1,37	9,45	3,92	0,02	0,16	<0,01	<0,01	<0,01	0,04	20,00	1,00	0,44	0,08	0,11	13,54	61
<b>6.6</b>	9,00	70,00	14,50	6,90	4,50	4,35	1,35	9,41	3,63	0,01	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	0,03	20,00	1,00	0,44	0,08	0,08	4,47	53
<b>20.1</b>	0,00	65,00	17,10	6,90	7,40	5,42	1,45	9,34	3,62	0,02	0,10	<0,01	<0,01	<0,01	0,03	25,00	2,00	0,88	0,08	0,11	3,43	54
<b>20.2</b>	2,00	65,00	16,50	7,00	7,20	5,32	1,25	8,43	3,25	0,02	0,06	<0,01	<0,01	<0,01	0,03	15,00	1,00	0,44	0,07	0,13	3,66	55
<b>20.3</b>	4,00	65,00	16,30	7,30	6,80	6,77	1,75	9,65	4,15	0,10	0,19	<0,01	<0,01	<0,01	0,05	20,00	1,00	0,44	0,08	0,18	11,0	63
<b>20.4</b>	6,00	65,00	15,90	6,90	6,40	4,90	1,35	8,55	3,75	0,04	0,12	<0,01	<0,01	<0,01	0,05	25,00	1,00	0,44	0,07	0,14	6,21	58
<b>20.5</b>	8,00	65,00	15,80	6,80	6,00	4,52	1,25	7,87	2,97	0,01	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	0,03	25,00	1,00	0,44	0,06	0,10	4,82	55
<b>20.6</b>	12,00	65,00	15,00	6,50	4,10	4,13	1,20	7,65	2,65	0,01	0,03	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	25,00	1,00	0,44	0,07	0,07	4,09	51
<b>Bar</b>	0,00	30,00	17,50	7,00	7,60	5,27	1,40	6,85	3,12	0,01	0,08	<0,01	<0,01	<0,01	0,03	20,00	1,00	0,44	0,07	0,07	3,16	50

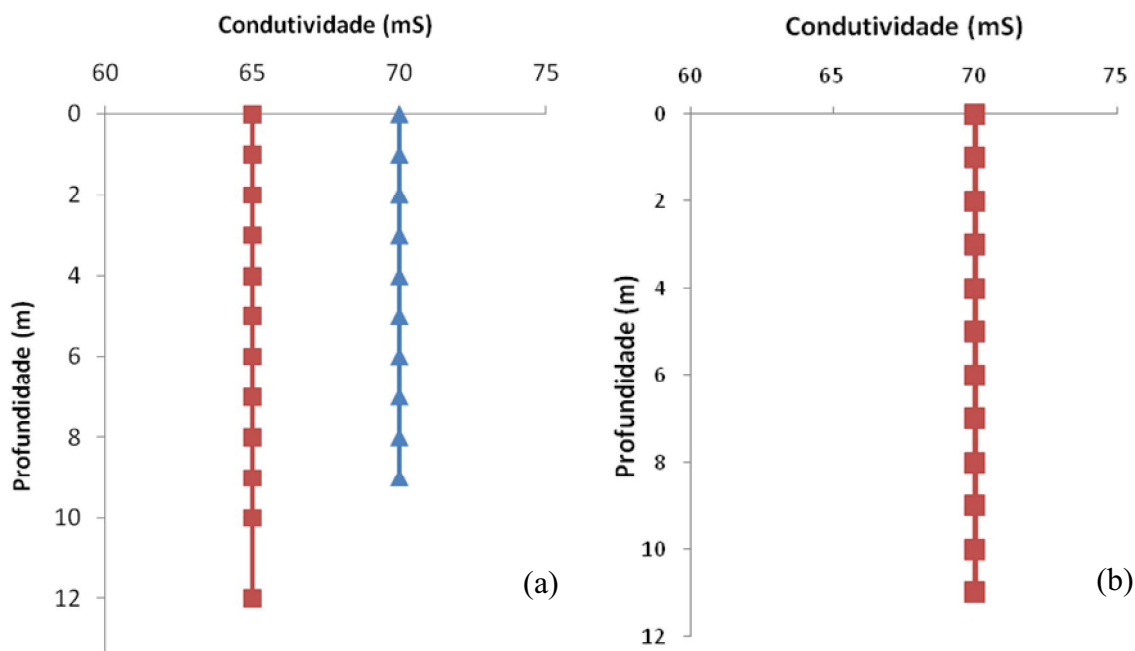




Figura 5.1 – Valores de condutividade no ponto 6 (linha ) e ponto 20 (linha ) na estação seca (a) e chuvosa (b). Nota: na estação chuvosa as linhas são coincidentes.

Com relação aos valores de temperatura (Figura 5.2a e 5.2b), as estações do ano demonstraram-se bastante característica, visto que na estação seca, obteve-se temperatura média de 15,7 °C, com valores variando entre 14,50°C e 17,50°C. O perfil d'água demonstrou estratificação térmica fraca a média em ambos os períodos amostrados ( $\Delta_T=1$  a 5°C), conforme convenção proposta por RAHMAN et al. (2005).

De acordo com LAMPERT & SOMMER (2007) a estratificação da temperatura e trocas de calor dependem de fatores como a radiação solar, vento, formato e entorno do reservatório e entradas d'água no reservatório.

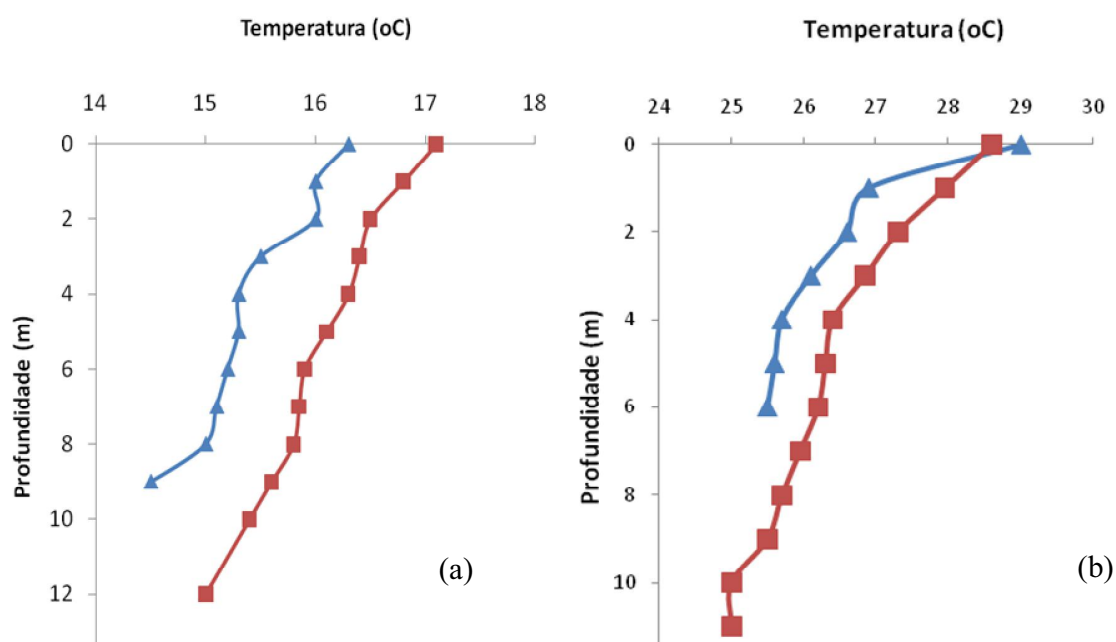




Figura 5.2 – Valores de temperatura no ponto 6 (linha ) e ponto 20 (linha ) na estação seca (a) e chuvosa (b).

O potencial hidrogeniônico é reconhecido como uma variável de extrema importância no estudo da imobilização de metais em sedimentos de rios ou de sua liberação para a água (EVANS et al., 2004; CAPPUYNS & SWENNEN, 2005). EGGLETON & THOMAS (2004), propõem que variações grandes de pH podem acelerar a adsorção, a partição ou a transformação de contaminantes presentes no sedimento dos rios.

Verificou-se nas diferentes coletas, que houve um aumento nos valores dos íons do período seco para o chuvoso, o que favoreceu a elevação do pH em todos os pontos de amostragem no período chuvoso. O pH teve valores mais alcalinos em profundidades sub-superficiais, fato que pode ser explicado devido à atividade fotossintética, que retira  $\text{CO}_2$  e  $\text{HCO}_3^-$ , além de alterar o sistema tampão carbonato (WETZEL, 2001), favorecendo o incremento nos valores de pH amostrados.

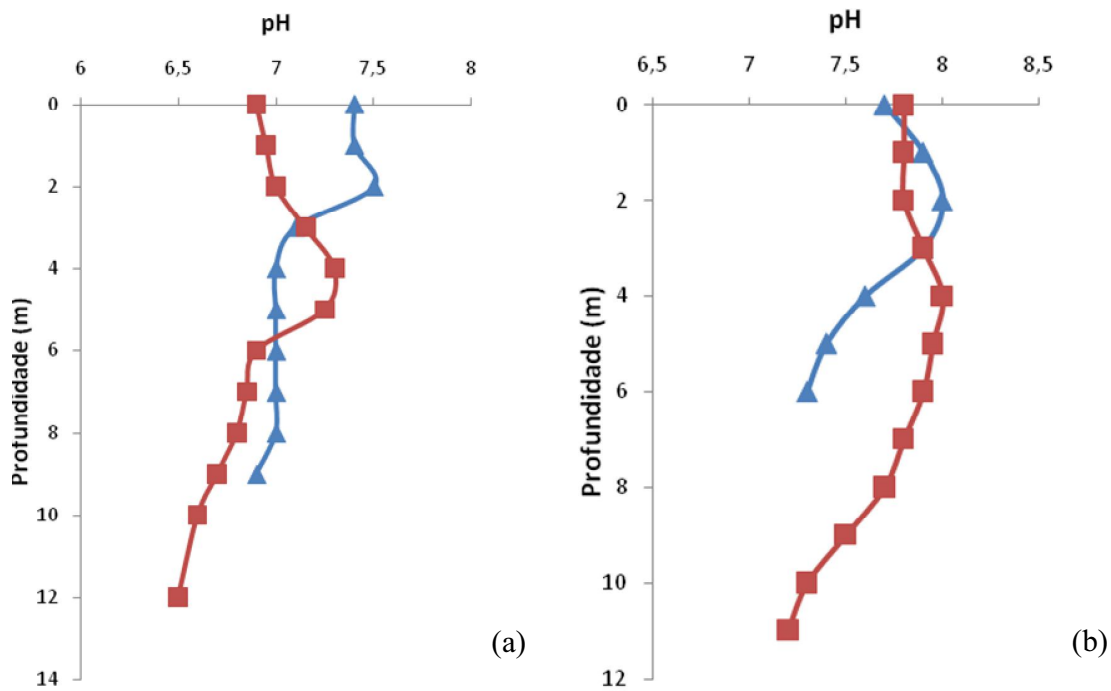




Figura 5.3 – Valores de pH no ponto 6 (linha ) e ponto 20 (linha ) na estação seca (a) e chuvosa (b).

Conforme observado, o grau de estratificação dos valores de oxigênio dissolvido no período seco é menor que no período chuvoso. Com prostração de aproximadamente 55% do OD na coluna d'água, os valores de oxigênio dissolvido caem de 8,10 mg/L para 4,50 mg/L no ponto 1 e de 7,40 mg/L para 4,10 mg/L no ponto 2, indicando que não há anoxia no fundo do reservatório no período seco. Este comportamento foi também semelhante no período chuvoso, quando esses valores variaram de 7,00 mg/L e 7,40 mg/L para 4,30 e 4,10 mg/L nos pontos 1 e 2, respectivamente.

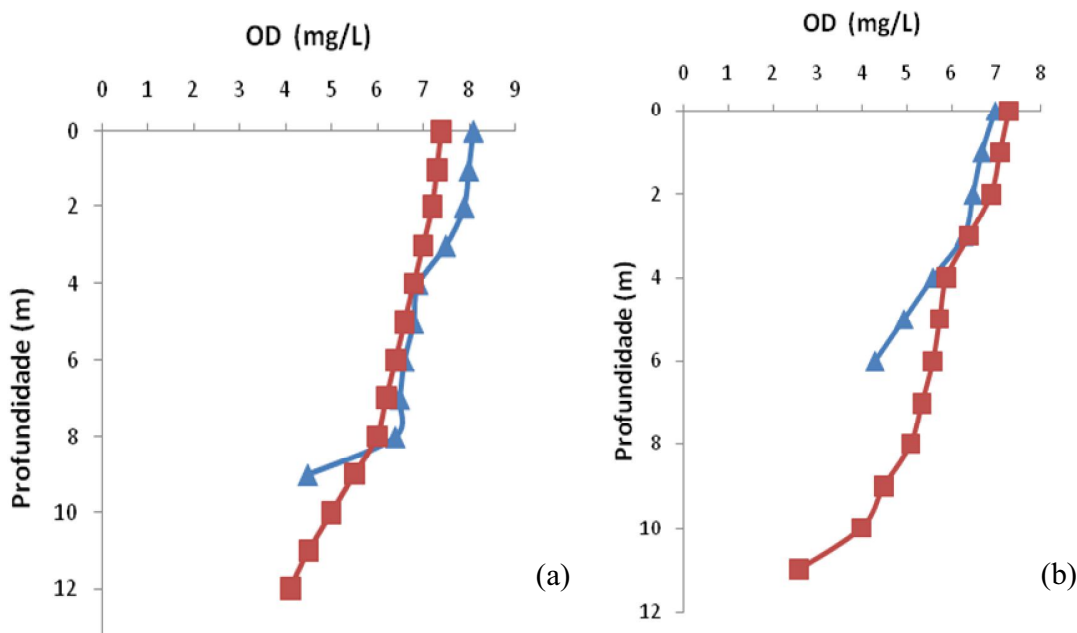




Figura 5.4 – Valores de oxigênio dissolvido no ponto 6 (linha ) e ponto 20 (linha ) na estação seca (a) e chuvosa (b).

## 5.2 – Cátions e ânions dissolvidos

O cálcio é essencial para o crescimento de algas, macrófitas aquáticas e muitos animais, em especial moluscos. Encontra-se combinado em duas formas principais: carbonato e bicarbonato de cálcio. Este cátion tem grande importância, pois sua dinâmica influencia a ciclagem de outros elementos importantes com o fósforo, além disso, interfere em um dos fatores físico-químicos mais importantes do meio aquático que é o pH (ESTEVES, 1998).

O magnésio é um elemento essencial para a vida animal e vegetal. A maior importância do magnésio se deve à sua participação na formação da molécula de clorofila. Além disso, toma parte de inúmeros processos metabólicos na célula como,

por exemplo, no metabolismo do nitrogênio. Entre as principais funções do sódio e do potássio, está a troca e o transporte de outros íons para os meios intra e extra celulares. No meio aquático, estes íons dificilmente atuam como fatores limitantes (ESTEVEZ, 1998).

Há falta de bibliografia para discutir os resultados apresentados aqui para Al, Fe, Mn, Ni, Pb e Zn em amostras de águas de reservatórios, visto que em nenhum dos trabalhos consultados fizeram referência a distribuição de metais na coluna d'água.

Em geral, as concentrações de Ca, Mg, Na, K, Al, Fe, Mn, Ni, Pb e Zn dissolvidos são maiores no período chuvoso e no horizonte onde há maior quantidade de clorofila-a e pH, indicando que o comportamento desses elementos no reservatório de Itupararanga deve estar sendo controlado pela atividade biológica (Figs. 5.5a e 5.5b, 5.6, 5.7a e 5.7b e 5.8a, 5.8b, 5.9 e 5.10).

Ressalta-se o fato que no período chuvoso, há maior aporte desses elementos para dentro do reservatório devido a lixiviação causada pelas chuvas. Em relação ao comportamento dos metais analisados nas águas do reservatório de Itupararanga, todos os metais, exceto o alumínio, apresenta valores dentro dos valores máximos permitidos pela Resolução CONAMA 357 de 2005.

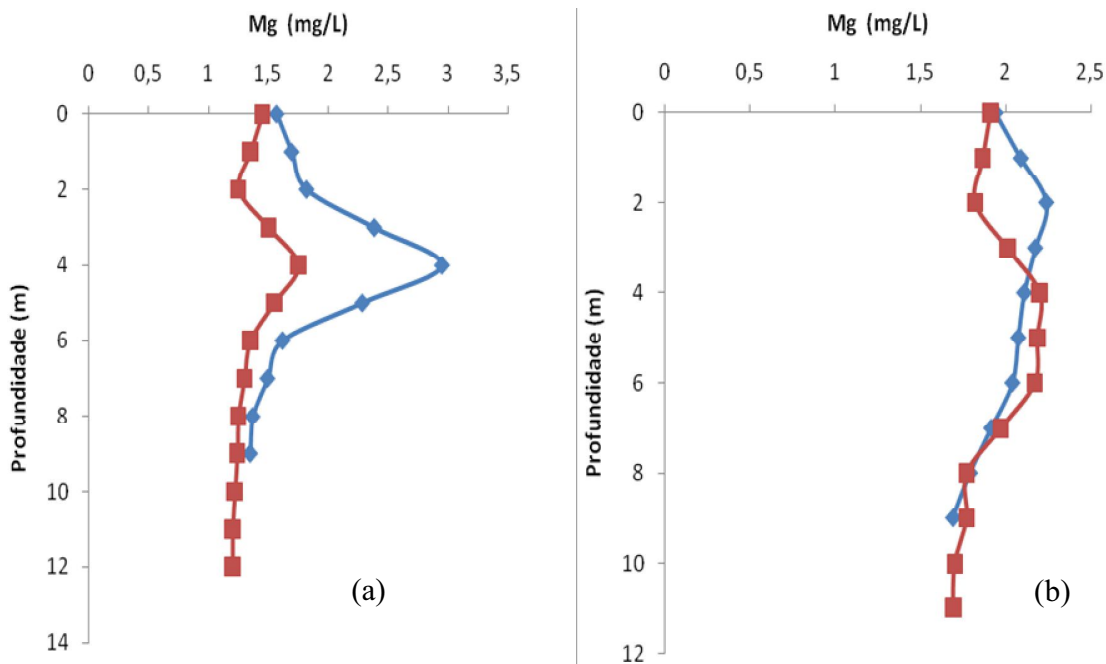


Figura 5.5 – Valores de magnésio no ponto 6 (linha  $\blacktriangle$ ) e ponto 20 (linha  $\blacksquare$ ) na estação seca (a) e chuvosa (b).

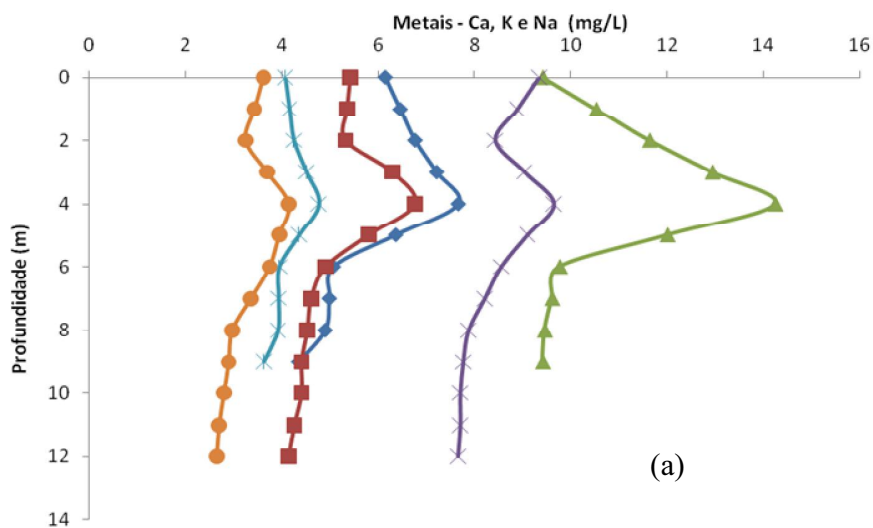


Figura 5.6 – Valores de cálcio, sódio e potássio. Ca no ponto 6 (linha  $\blacktriangle$ ) e 20 (linha  $\blacksquare$ ), Na no ponto 6 ( $\blacktriangle$ ) e 20 ( $\times$ ), K no ponto 6 ( $\blacktriangle$ ) e 20 ( $\bullet$ ) na estação seca.

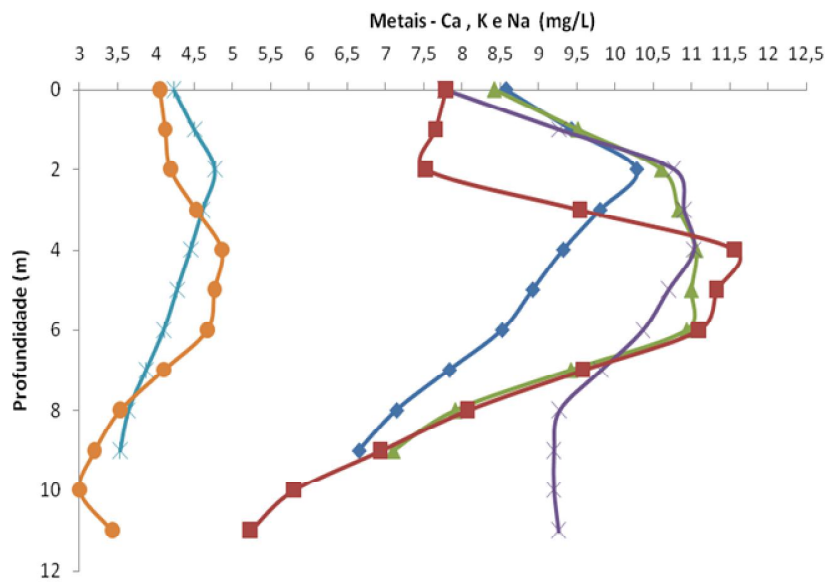


Figura 5.7 – Valores de cálcio, sódio e potássio. Ca no ponto 6 (linha  $\text{---}\blacklozenge\text{---}$ ) e 20 (linha  $\text{---}\blacksquare\text{---}$ ), Na no ponto 6 ( $\text{---}\blacktriangle\text{---}$ ) e 20 ( $\text{---}\blacktimes\text{---}$ ), K no ponto 6 ( $\text{---}\blackstar\text{---}$ ) e 20 ( $\text{---}\bullet\text{---}$ ) na estação chuvosa (b).

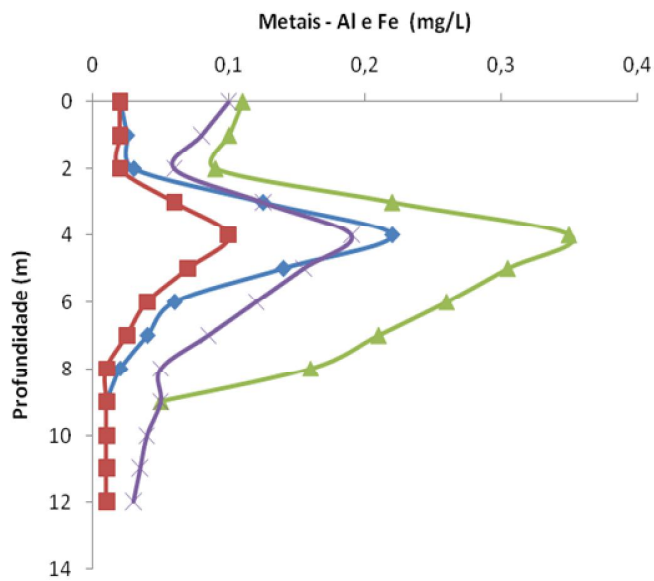


Figura 5.8 – Valores de alumínio e ferro. Al no ponto 6 (linha ) e 20 (linha ) e Fe no ponto 6 ( ) e 20 ( ) na estação seca.

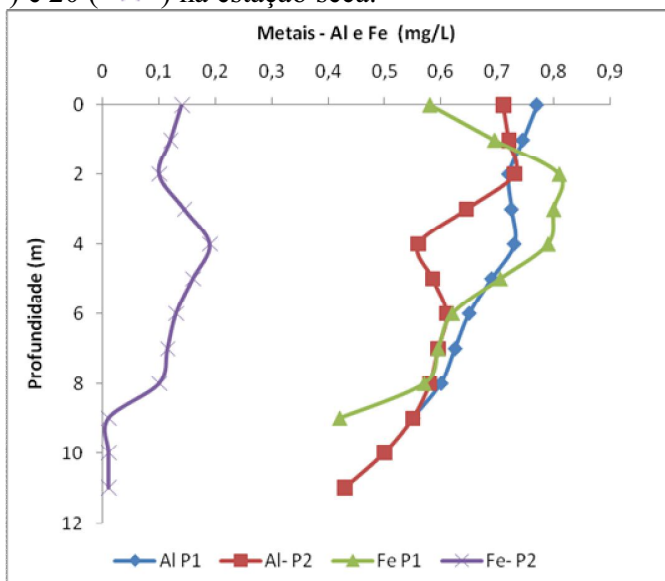


Figura 5.9 – Valores de alumínio e ferro. Al no ponto 6 (linha ) e 20 (linha ) e Fe no ponto 6 ( ) e 20 ( ) na estação chuvosa.

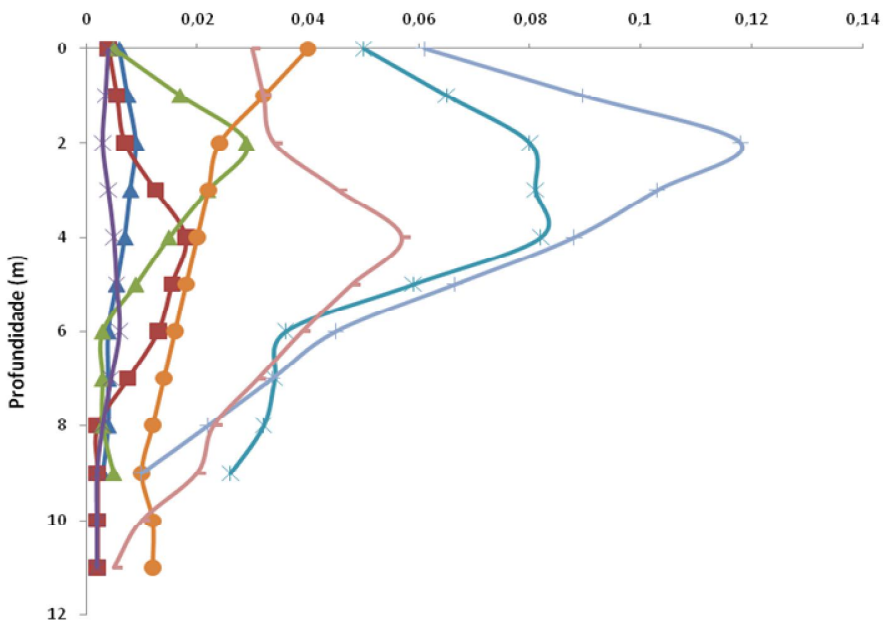
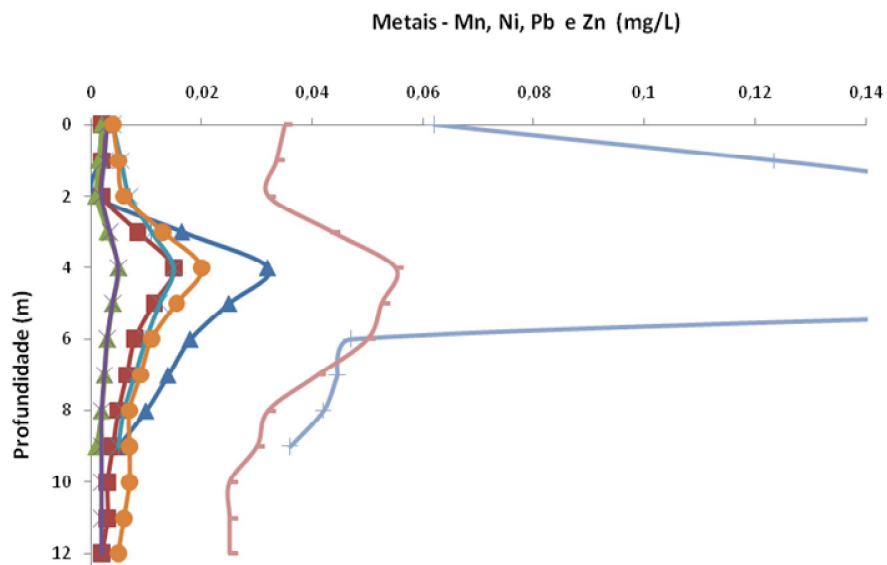


Figura 5.10 – Valores de manganês, níquel, chumbo e zinco. Mn no ponto 1 (linha  $\blacktriangle$ ) e 2 (linha  $\blacksquare$ ), Ni no ponto 1 (  $\blacktriangle$ ) e 2 (  $\blacktimes$ ), Pb no ponto 6 (  $\blackast$ ) e 20 (  $\blacklozenge$ ) e Zn no ponto 1 (  $\blacktriangleleft$ ) e 2 (  $\blacktriangleright$ ) na estação seca (a) e chuvosa (b).

### 5.3 – Alcalinidade, sulfatos, nitratos, fósforo total, clorofila-a e Índice de Estado Trófico (IET)

A alcalinidade decorre da presença de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos, quase sempre alcalinos ou alcalino-terrosos (sódio, potássio, cálcio, magnésio, etc.) (ESTEVES, 1988). Pode ser entendida como a quantidade de íons presentes em um determinado corpo hídrico que reagirão para neutralizar os íons hidrogênio ou ácidos, indicando a capacidade de resistir a mudanças de pH, ou capacidade tampão (Von Sperling, 1996).

Dentre as várias formas de enxofre presentes na água, o íon sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) assume maior importância na produtividade do ecossistema, visto que constitui a principal fonte de enxofre para os produtores primários (ESTEVES, 1988).

A distribuição do íon sulfato é fortemente influenciada pela formação geológica da bacia de drenagem do sistema. Assim, um ecossistema localizado próximo a regiões com rochas ricas em sulfatos, apresentará maior concentração do que aqueles localizados em regiões com predominância de rochas ígneas.

No entanto, em regiões sujeitas à contaminação antropogênica, podem ser encontrados valores altos para a concentração de sulfato, provavelmente explicado pelas emissões atmosféricas de veículos de grande porte, visto na região existir grandes empresas produtoras de cimento e alumínio, exigindo o tráfego de caminhões, veículos fora-de-estrada, máquinas, trens, todos movidos à óleo diesel.

Os nitratos, normalmente encontrados na água, podem ser oriundos de fontes naturais, entre elas as rochas ígneas, drenagem da terra e a decomposição de plantas e tecidos animais. Maiores concentrações decorrem da utilização de fertilizantes e do lançamento de esgotos domésticos e determinados despejos industriais.

A importância do fósforo é destacada na conversão de energia no sistema biológico, pois participa de processos do metabolismo dos seres vivos. Nas águas continentais, o fósforo é o principal fator limitante de produtividade e tem sido

apontado como responsável pela eutrofização artificial dos ecossistemas (ESTEVEES, 1998).

Os valores de alcalinidade mostraram-se uma estratificação em profundidade (Figura 5.10a e b). Os valores para sulfato nas águas de Itupararanga se mostraram em conformidade com a Resolução CONAMA 357 de 2005, pois o máximo preconizado por esta resolução é de 250 mg/L. Conforme se observa na Figura 5.9 (a e b), há uma brusca queda dos valores de sulfato da lâmina d'água para a baixo, nos primeiros 4 metros, podendo indicar que as algas presentes na coluna d'água consomem esse composto para seu metabolismo celular. Na estação seca, os valores de  $\text{NO}_3^-$  foram iguais para os dois pontos (Figura 5.12a). Porém, no período de chuvoso, houve uma maior concentração de nitrato na água. Na época de seca, o comportamento do nitrato foi semelhante ao sulfato, indicando seu consumo pelas algas (Figura 5.13b). Para o fósforo dissolvido (Figura 5.14a e b), todos os valores também ficaram acima do permitido pela Resolução CONAMA 357 de 2005, visto que o valor máximo permitido para este parâmetro em ambientes lênticos é de 0,02 mg/L.

O fósforo é um elemento fundamental para o metabolismo dos seres vivos, visto que atua como a “moeda” energética biológica (ATP), além da estruturação da membrana plasmática, composta por fosfolipídeos (ESTEVEES, 1988). Em termos de fósforo total, todas as amostras apresentaram valores maiores que o permitido para a Classe 2 (BRASIL, 2005), que a concentração máxima deve ser 0,02 mg/L (Figura 5.14a e b). Em contrapartida com o fósforo total, o dissolvido indica que a maior parte do fósforo presente está contido nos microorganismos presentes na coluna d'água, como o zooplâncton e principalmente o fitoplâncton.

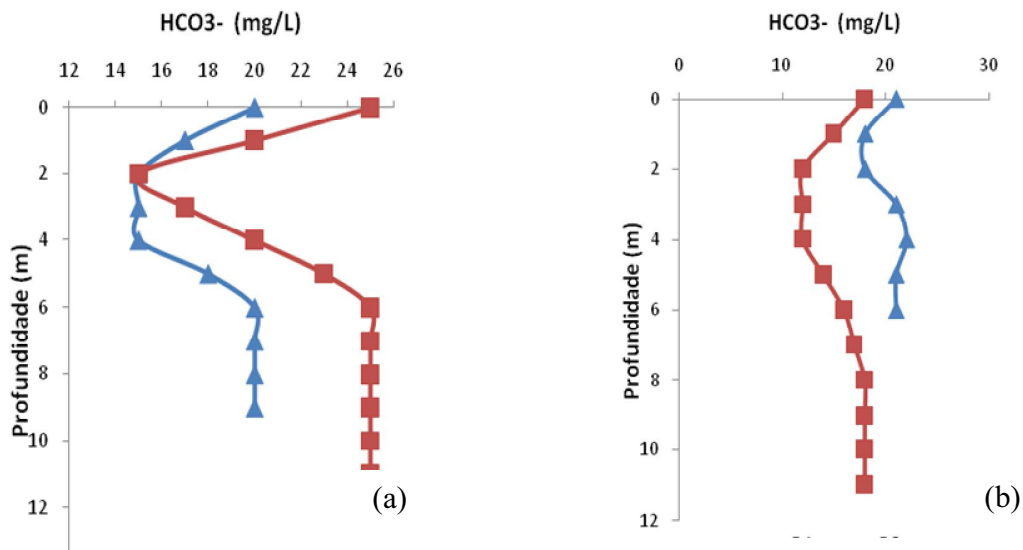


Figura 5.10 – Valores de alcalinidade. Alcalinidade no ponto 6 (linha  $\blacktriangle$ ) e 20 (linha  $\blacksquare$ ) na estação seca (a) e chuvosa (b).

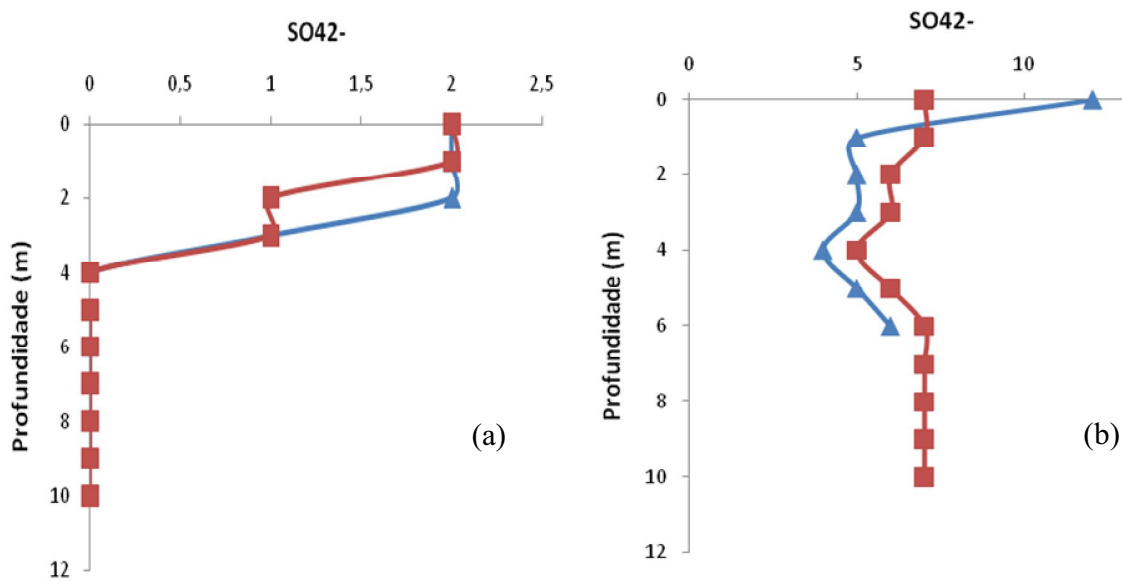


Figura 5.11 – Valores de sulfato. Sulfato no ponto 6 (linha  $\blacktriangle$ ) e 20 (linha  $\blacksquare$ ) na estação seca (a) com valores abaixo do limite de detecção do método e chuvosa (b).

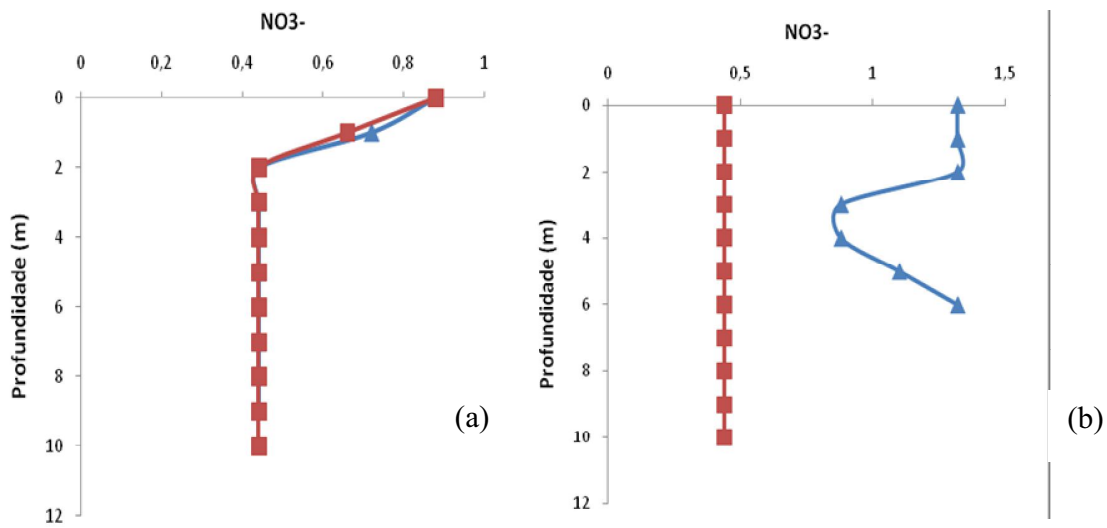


Figura 5.12 – Valores de nitrato. Nitrato no ponto 6 (linha  $\blacktriangle$ ) e 20 (linha  $\blacksquare$ ) na estação seca (a) e chuvosa (b).

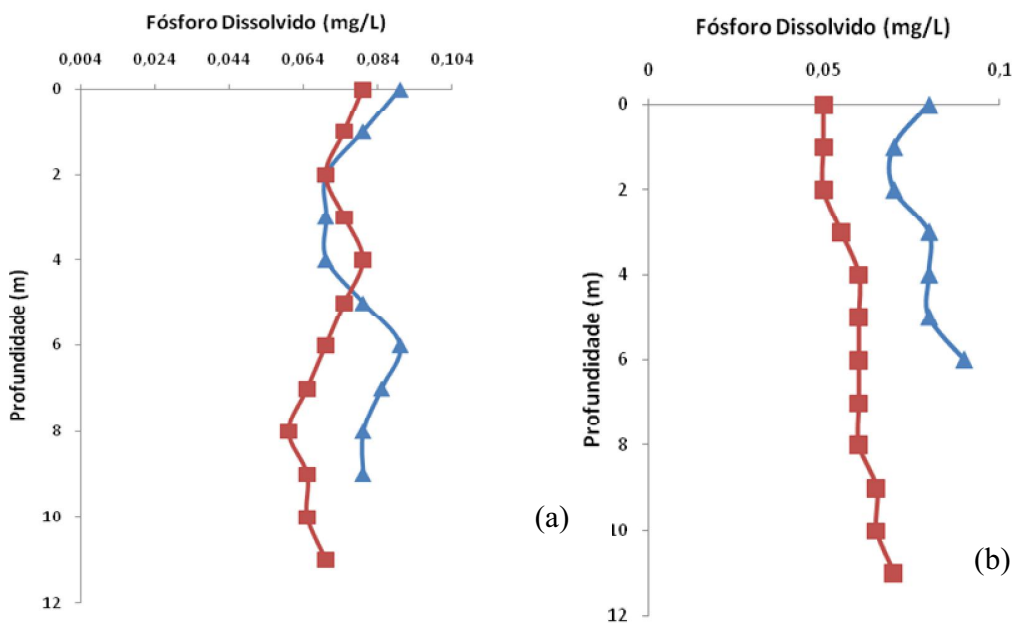


Figura 5.13 – Valores de fósforo total dissolvido. Fósforo total dissolvido no ponto 6 (linha  $\blacktriangle$ ) e 20 (linha  $\blacksquare$ ) na estação seca (a) e chuvosa (b).

A quantidade de clorofila-a está diretamente relacionada com a quantidade de biomassa fitoplanctônica, e, conseqüentemente, com a produção total dos lagos (MELACK, 1976 *apud* ADAME, 2008). Tais alterações influenciam diretamente a comunidade de seres que nela habitam, existindo diversos estudos relacionados à diversidade de espécies e influência dos ambientes a ela associados (WETZEL, 1990; NOGUEIRA, 1991; STRASKRABA *et al.*, 1993, SMITH, 2003; MOSCHINI-CARLOS, 2008)

Conforme visto por esses autores, os valores de Clorofila-a amostrados em Itupararanga indicam positivamente essa relação, visto que onde há incremento de OD e nutrientes, há incremento de clorofila-a, que indica a presença de microorganismos fotossintetizantes. A Resolução CONAMA 357 de 2005 preconiza que esses valores não devem ser maiores, para águas classe II, a 10 µg/L, ou seja 0,01 mg/L, portanto, Itupararanga encontra-se em não-conformidade com o padrão para clorofila-a durante a época de seca em algumas profundidades. (Figura 5.15a e b).

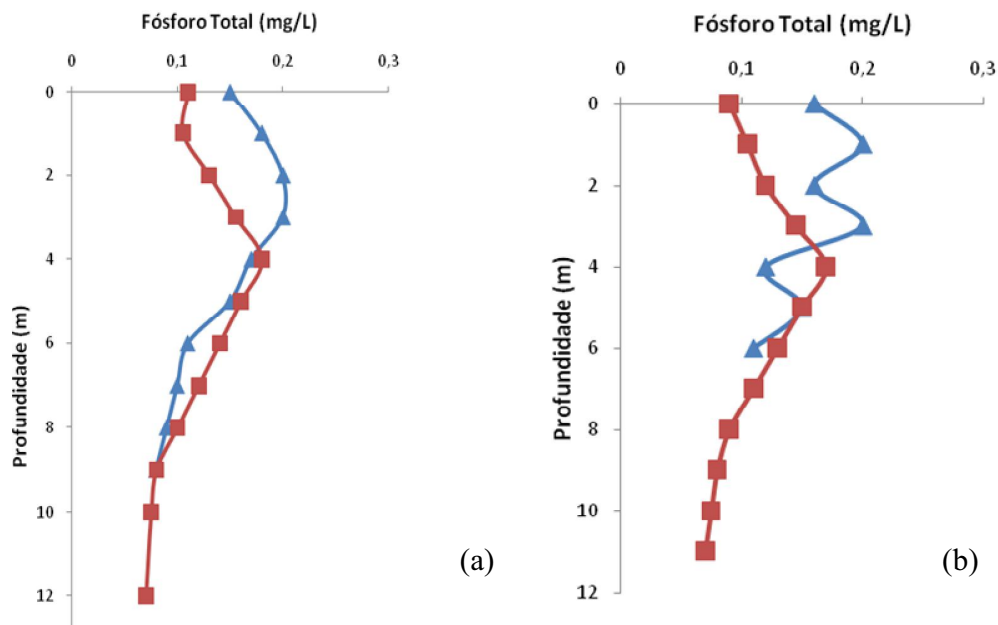




Figura 5.14 – Valores de fósforo total. Fósforo total no ponto 6 (linha ) e 20 (linha ) na estação seca (a) e chuvosa (b).

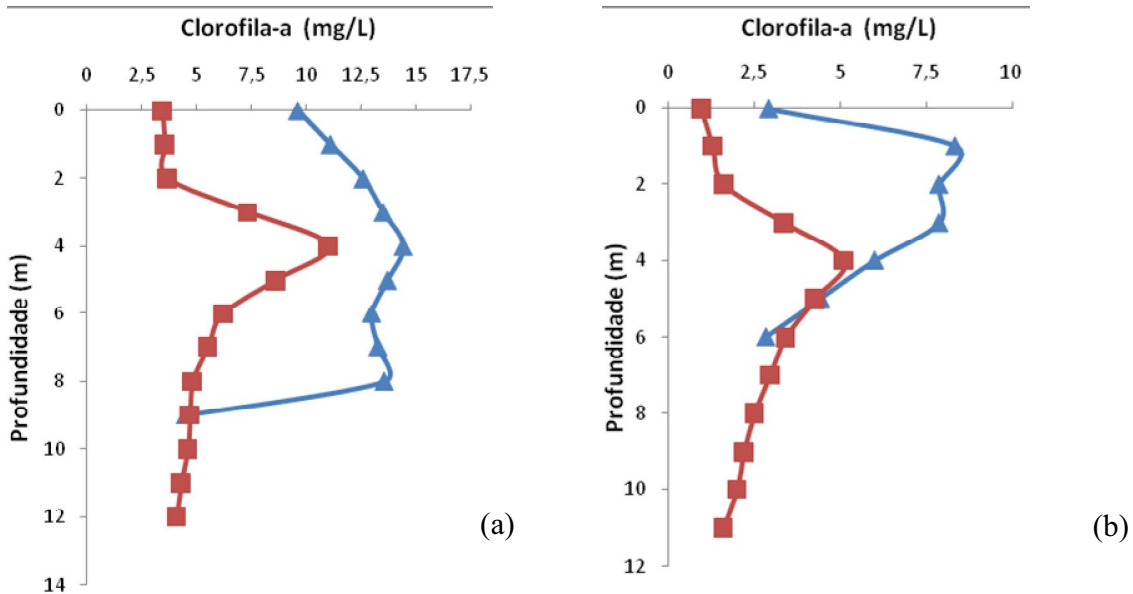




Figura 5.15 – Valores de clorofila-a. Clorofila-a no ponto 6 (linha ) e 20 (linha ) na estação seca (a) e chuvosa (b).

Com relação ao IET dos pontos de analisados, em ambas as épocas do ano, pode ser observado que os maiores valores sempre são obtidos no ponto 1, devido ao uso e ocupação do solo da bacia do Alto Sorocaba.

Além disso, fica evidente através da espacialização dos resultados do IET, uma melhor qualidade de água do reservatório de Itupararanga durante a primeira coleta, ou seja, em janeiro de 2007.

#### 5.4 – Análise estatística de componentes principais

A análise dos componentes principais dos dados referentes ao gradiente vertical do reservatório foi modelada para verificar as relações entre as estações de coleta, variáveis analisadas e período do ano amostrado. Observou-se, em vista da Figura 5.16, que as estações diferem-se, notando claramente o agrupamento dos pontos de coleta na estação seca e outro agrupamento na estação chuvosa.

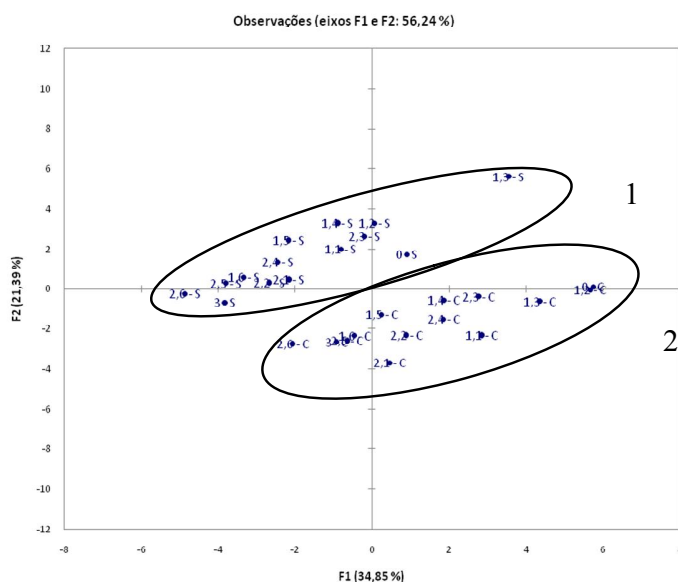


Figura 5.16 – Análise de componentes principais dos pontos de amostragem nas diferentes estações do ano analisadas. Legenda: 1 pontos analisados na estação seca, 2 pontos analisados na estação chuvosa.

Com relação aos parâmetros analisados, os parâmetros que mais influenciaram no agrupamento dos pontos foram a temperatura, oxigênio dissolvido, estado trófico, magnésio, clorofila-a, pH, além de alguns metais, como manganês, zinco, chumbo, níquel e cálcio. Tais parâmetros estão todos relacionados, visto que o oxigênio é gerado pela atividade dos organismos fotossintetizantes, que necessitam de magnésio na sua complexa molécula de clorofila, alterando o pH do meio pela liberação de  $O_2$  durante o dia e  $CO_2$  durante a noite. Os demais metais podem estar relacionados aos diversos agro-químicos liberados na represa.

## 6 - Considerações Finais

A represa de Itupararanga ainda não sofre em toda sua proporção os impactos detectados ao longo da bacia.

Entretanto, atenção especial deve ser considerada, já que existe um baixo índice de tratamento de esgotos na bacia. A vegetação nativa ao redor deste reservatório é o componente ambiental que mais sofre com as pressões antrópicas nesta região. Isto se deve fundamentalmente à utilização das terras para a agricultura (principalmente hortifrutigranjeiras), chácaras e residências. Muitas vezes, observou-se que a cobertura vegetal cedeu lugar à atividade pecuária extensiva, ocupando, portanto, grandes porções de terra da bacia.

Porém, alguns locais avaliados apresentam vegetação nativa bem preservada, como é o caso daqueles situados ao norte da represa, apresentando vegetação nativa em estágios médio e avançado de regeneração (CONAMA, 1994). Atenção especial deve ser dada a áreas que gradualmente estão sofrendo o processo de ocupação irregular, principalmente nesta mesma margem do reservatório.

Despejos de esgotos domésticos sem tratamento também são freqüentemente encontrados nos afluentes da represa, principalmente por pequenos bairros rurais. Ainda, a presença destes bairros está associada à disposição inadequada de resíduos

sólidos no leito e margens dos rios, já que não existem sistemas de coleta e transporte de lixo que atendam suas necessidades.

Em alguns pontos a quantidade de efluentes lançados nestes corpos d'água, decorrente da alta densidade de residências no entorno, associadas com a baixa velocidade de escoamento das águas superficiais, favorecem a permanência de matéria orgânica e o surgimento de macrófitas no local.

De acordo com os parâmetros analisados, o reservatório de Itupararanga ainda não foi fortemente afetado pelos distintos e impactantes tipos de uso e ocupação do solo na bacia. Entretanto, o fator fundamental para essa situação é que muitos dos municípios lançam seus esgotos em outra bacia hidrográfica, como é o caso dos municípios de São Roque e Mairinque, que lançam seus efluentes domésticos em afluentes do Rio Tietê, ou mesmo as cidades de Alumínio, Piedade e Votorantim que despejam seus efluentes no Rio Sorocaba, a jusante da área de estudo, ou em afluentes deste.

Os pontos de coleta mais próximos da entrada do reservatório de Itupararanga apresentam-se mais impactados que os outros pontos ao longo deste reservatório. Assim, algumas estratégias de manejo podem ser sugeridas, sendo, para isso, adotado o modelo de Pressão-Estado-Resposta (OECD, 1994). Esse modelo baseia-se em três frentes, a pressão do homem, o estado do meio e a resposta da sociedade, servindo para identificar as prováveis causas dos impactos ambientais e definir as estratégias de manejo. Após essa etapa, deve-se monitorar toda a área para uma avaliação contínua de ações de manejo a serem implantadas.

Este monitoramento ambiental deve envolver essencialmente a coleta, análise e avaliação de dados ambientais para orientação da melhor maneira de manejo ambiental para o local estudado. As técnicas que devem ser utilizadas devem estar embasadas em consultas à literatura e debates com profissionais da área ambiental. Esse monitoramento poderá fornecer, ao longo do tempo, uma base de dados para o uso futuro desses recursos naturais, além de determinar se os objetivos das ações de manejo

estão produzindo resultados esperados sem alterar as características do ambiente. Utilizando-se o modelo de Pressão-Estado-Resposta (OECD, 1994), foi possível identificar algumas estratégias de manejo para os locais analisados próximos à entrada do reservatório de Itupararanga (Tabela 6.1).

Todos esses impactos poderiam ser corrigidos por uma administração pública mais eficiente em relação à gestão ambiental municipal. Algumas medidas de manejo poderiam ser adotadas para reduzir esses impactos nas áreas rurais ou áreas urbanas, tais como:

- Cumprimento da Lei Federal 4.771/65, Código Florestal, para a conservação de Áreas de Preservação Permanente e manutenção das Reservas Legais obrigatórias (BRASIL, 1965).

- Recuperação das áreas já degradadas pelas atividades antrópicas.

- Políticas públicas que incentivem atividades sustentáveis (sistemas de manejo de espécies nativas da flora e fauna, visando a manutenção das florestas em pé).

- Controle e planejamento da expansão urbana – Planos Diretores Municipais que contemplem incentivos ao reúso de águas, aproveitamento de águas pluviais, uso de energias alternativas, massificação do sistema de tratamento de esgotos.

- Políticas públicas que massifiquem o sistema de tratamento e esgotamento sanitário e manejo de resíduos sólidos domiciliares que vise a redução de desperdícios.

- Fiscalização adequada do poder público a fim de evitar danos à saúde, a perturbação dos ecossistemas e danos no entorno.

Além dessas sugestões para diminuir os impactos ambientais na bacia do Alto Sorocaba, ainda é possível citar mais algumas medidas que deveriam ser implementadas, tais como:

- Aumentar a qualidade ambiental através da implantação de unidades de conservação, projetos de educação e promover ações participativas com a sociedade.

- Conhecer as comunidades locais e manter diálogos com regularidade para oportunizar seu crescimento.

- Criar mecanismos para facilitar a interlocução poder público e sociedade.
- Incentivar a participação dos moradores no desenvolvimento do ecoturismo responsável.
- Melhorar a colaboração entre os órgãos governamentais e os produtores rurais.
- Capacitar mão-de-obra.
- Aplicar técnicas de uso e conservação do solo.

Programas de educação ambiental para a população local também devem fazer parte da proposta de minimização dos impactos descritos neste estudo, que devem despertar nas pessoas a conscientização dos valores dos ecossistemas encontrados, relacionando os recursos naturais com o cotidiano dos habitantes, demonstrando que, quando bem aproveitados e preservados, os recursos do meio ambiente trazem inúmeros benefícios para a comunidade, conscientizando-os que a floresta em pé vale mais do que caída.

Tabela 6.1 - Sugestão de estratégias de manejo elaboradas em função dos impactos detectados e suas causas prováveis (sem ordem de importância).

<b>Indicador</b>	<b>Pressão</b>	<b>Estado</b>	<b>Resposta</b>
<b>Cobertura vegetal</b>	Desmatamento para áreas agrícolas e urbanas	Vegetação composta por gramíneas ou ausentes devido a impermeabilização do solo	Cumprimento legal e conservação das áreas de APP's, recuperação das áreas degradadas, controle e planejamento adequados à expansão urbana
<b>Fauna</b>	Perda da biodiversidade	Não há presença de animais nativos	Recuperação das áreas degradadas
<b>Erosão</b>	Perda de solo	Erosão laminar devido a exposição de solo para pastagem	Recuperação das áreas degradadas
<b>Riscos à saúde</b>	Acidentes leves até fatalidades	Riscos de ferimento leve	Estrutura adequada a prestação de serviços e sinalização
<b>Impactos sonoros</b>	Perturbação e desequilíbrio do ecossistema	Impactos significantes	Estudo apropriado revelando a capacidade do meio em relação aos impactos sonoros
<b>Danos</b>	Danos no entorno e poluição visual	Vandalismo no entorno	Constantes fiscalizações, sinalização adequada e restauração ao máximo do estágio natural
<b>Lixo</b>	Poluição	Pouca quantidade de lixo	Estruturação e sinalização do local para a coleta e disposição adequadas dos resíduos
<b>Saneamento</b>	Lançamento de efluentes	Despejos "in natura" de esgoto	Sistema de tratamento de efluentes adequado e abrangente para os município da bacia do Alto Sorocaba

## 7 – BIBLIOGRAFIA

- ANDRADE, F.R.D. Complexo granitóide São Roque, SP: tipografia, litoquímica e tipologia do zircão. Dissertação de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Geologia Regional. Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Unesp, Rio Claro, 1993.
- ANDREAE, M.O.; TALBOT, R.W.; BERRESHEIM, H.; BEECHER, K. M. Precipitation chemistry in Central Amazonia. *Journal of Geophysical Research*, 1990, vol. 95, pp. 987-999.
- AGUDO, E. G., 1988. *Guia técnico de coleta e preservação de amostras de água*. CETESB, São Paulo.
- ANGELLUCI, V. A.; SALLES, M. H. D.; SIA, R.; CONCEIÇÃO. F. T., 2005. Caracterização ambiental preliminar do alto da bacia do Rio Sorocaba (SP). *Resumos expandidos do IV Simpósio Brasileiro de Engenharia Ambiental*, Ribeirão Preto – SP.
- APHA - American Public Health Association, 2001. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. Byrd Prepress Springfield, Washington, DC. 20<sup>th</sup> ed, 412p.
- ARRAIS, J.C.P. Caracterização geológica e tecnológica de rochas ornamentais dos granitóides porfiróides dos maciços Sorocaba, São Francisco, São Roque, Ibiúna, Piedade e Caucaia, sudeste do estado de São Paulo. Tese de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Geologia Regional. Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Unesp, Rio Claro, 2006, 222p.
- BENZIE, J. A.; PUGH, K. B.; DAVIDSON, M. B., 1991. The rivers of North East Scotland: physicochemical characteristics. *Hydrobiologia*, **218**: 93-106.

- BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S., 2002. *Introdução à Engenharia Ambiental*. – São Paulo: Ed. Prentice Hall.
- BRASIL. Lei Federal No 4.771 – Código Florestal. Brasília, 1965.
- BRASIL. 2005. Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 53, seção 1, 58-63.
- BRANNSTROM, C. Projeto Marca D'água: *Relatórios Preliminares*, 2001. Disponível em [http://www.marcadagua.org.br/medio\\_tiete.pdf](http://www.marcadagua.org.br/medio_tiete.pdf), acesso em 13 de fevereiro de 2006.
- CBH-SMT – Comitê da Bacia Hidrográfica dos rios Sorocaba e Médio-Tietê. 2000. Relatório Zero. Disponível em [www.sigrh.sp.gov.br](http://www.sigrh.sp.gov.br).
- CLOSE, M. E.; DAVIES-COLLEY, R. J., 1990. Baseflow water chemistry in New Zealand rivers: Influence of environmental factors. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, **24**:343-356.
- CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução CONAMA nº 01*, Brasília, IBAMA, 1994.
- CONCEIÇÃO, F. T.; BONOTTO, D. M., 2002. Relações hidroquímicas aplicadas na avaliação da qualidade da água e diagnóstico ambiental na bacia do Rio Corumbataí (SP). *Geochimica Brasiliensis*, **16**:01-21.
- CONCEIÇÃO, F. T.; SARDINHA, D. S.; CUNHA, R.; SOUZA, A. D. G.; SINELLI, O., 2006. Impactos do uso público em atrativos turísticos naturais do município de Altinópolis (SP). *Submetido à Turismo em Análise*.
- DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica), 1998. Regionalização hidrológica do Estado de São Paulo. *Revista Água e Energia Elétrica*, **14**:4-10.
- DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica), 2005. Disponível em: <http://www.sigrh.sp.gov.br>.
- ELÇI, S., Effects of thermal stratification and mixing on reservoir water quality. *Limnology*, 135–142. 2008.

- ESPÍNDOLA, E. C. G., 2000. A Bacia Hidrográfica do Rio Monjolinho: uma abordagem ecossistêmica e a visão interdisciplinar. In: Rocha, O., Pires, J. S. R. e Santos, J. E. *A bacia hidrográfica como unidade de estudo e planejamento*. São Carlos: Ed. Rima.
- EYRE, B. D.; PEPPERELL, P. 1999. A spatially intensive approach to water quality monitoring in the Rous River catchment, NSW, Australia. *Journal Environmental Management*, **56**: 97-118.
- GARCIA, J. P. M.; TAKAKI, M.; FREITAS, N. P. F.; LUCHIARI, A.; ARGOUD, L.; FILHO, N. L. S.; SANCHES, C.; PEÇANHA, M. P. *Caracterização geoambiental da bacia da represa Itupararanga, bacia do rio Sorocaba*. Disponível em <<http://www.sositupararanga.com.br>>, acesso em 23/08/04.
- GODOY, A. M. *Caracterização faciológica, petrográfica e geoquímica dos maciços Sorocaba e São Francisco – SP*. Tese de Doutorado do Programa de Pós Graduação em Geociências. Instituto de Geociências. USP, São Paulo, 1989, 221 p.
- GODOY, A.M. *Estudos geológicos das rochas granitóides e metamórficas e suas aplicações como rochas ornamentais e de revestimento: sistematização crítica da produção técnico-científica*. Tese de Livre Docência. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Unesp, Rio Claro, 2003, 243p.
- GODOY, A.M.; FIGUEIREDO, M.C.H. *Caracterização faciológica e petrográfica do Maciço Granitóide Sorocaba (SP)*. In: Simpósio de Geologia do Sudeste, São Paulo. Anais. Sociedade Brasileira de Geologia, São Paulo, 1991a, pp. 131-138.
- GODOY, A.M.; FIGUEIREDO, M.C.H. *Mapeamento faciológico e petrográfico dos maciços granitóides São Francisco e Pirapora (SP)*. In: Simpósio de Geologia do Sudeste, São Paulo. Anais. Sociedade Brasileira de Geologia, São Paulo, 1991b, pp. 139-145.
- GODOY, A.M.; HACKSPACHER, P.; SOUZA, C.A.; MALAGUTTI FILHO, W. *Levantamento gravimétrico preliminar da folha São Roque - SP- 390*. Congresso Brasileiro de Geologia, Salvador. Anais. Sociedade Brasileira de Geologia, Salvador, 1996c, pp. 246-263.
- GODOY, A.M.; HACKSPACHER, P.C.; OLIVEIRA, M.A.F. *Geologia da região de Sorocaba*. Revista Geociências, 1996 b, vol. 15, pp. 89-110.
- GODOY, A.M.; OLIVEIRA, M.A.F.; HACKSPACHER, P.C. *Geoquímica das rochas granitóides da Folha São Roque*. Revista Geociências, 1996a, vol. 15, pp. 67-88.

- GODOY, A.M.; ZANARDO, A.; ARTUR, A.C.; OLIVEIRA, M.A.F.; MORALES, N.; HACKSPACHER, P.C. GALEMBECK, T.M.B. *Rochas granitóides da Folha São Roque - SP*. In: Congresso Brasileiro de Geologia, São Paulo. Anais. Sociedade Brasileira de Geologia, São Paulo, 1992, vol. 1, pp. 356-378.
- HACH, 1992. *Water Analysis Handbook*. 2<sup>nd</sup> ed. Hach Company, Loveland, Colorado, USA.
- HACKSPACHER, P. C., OLIVEIRA, M. A. F. de, GODOY, A. M. *Controle do Nível Metamórfico e da Disposição dos Corpos Granitóides pela Tectônica Dn+3/Transcorrente na Folha Cabreúva*. In: Simpósio de Geologia do Sudeste, São Paulo. Anais. Sociedade Brasileira de Geologia, São Paulo, 1991, pp.151-154.
- HASUI, Y. 1975. *Evolução polifásica do Pré-Cambriano a oeste de São Paulo*. Boletim do Instituto de Geociências da USP, São Paulo, vol. 6, pp. 95-108.
- HASUI, Y.; SADOWSKI, G.R. *Evolução Geológica do Pré-Cambriano na Região Nordeste do Estado de São Paulo*. São Paulo, Revista Brasileira de Geociências, 1976, vol. 6, pp. 182-200.
- HASUI, Y.; SADOWSKI, G.R.; CARNEIRO, C.D.R. *Considerações sobre a estratigrafia do Pré-Cambriano na Região de São Paulo*. Boletim do Instituto de Geociências da USP, São Paulo, 1976, vol. 7, pp. 107-112.
- HERMES, L.C., SILVA, A DE S., 2004. *Avaliação da qualidade das águas: manual prático*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica.
- IPT (Instituto de Pesquisa Tecnológica do Estado De São Paulo), 1981. *Mapa Geológico do Estado de São Paulo*, Monografias, nº 3.
- IPT (Instituto de Pesquisa Tecnológica do Estado De São Paulo), 2000. *Relatório Zero da Bacia do Rio Sorocaba e Médio Tietê*.
- IPT (Instituto de Pesquisa Tecnológica do Estado de São Paulo). *Relatório Técnico nº 80 401-205. Atualização do relatório de situação dos recursos hídricos da Bacia do Sorocaba e Médio Tietê (Relatório Zero) como subsídio á elaboração do Plano de Bacia*. São Paulo, 2005. 420p.
- JULIANI, C.; BELJAVSKIS, P.; SCHORSCHER, H.D. *Petrogênese do vulcanismo e aspectos metalogenéticos associados – Grupo Serra do Itaberaba na região de São Roque, SP*. In: Congresso Brasileiro de Geologia, Goiânia. Anais. Sociedade Brasileira de Geologia, Goiânia, 1986, vol.2, pp.530-547.
- LIMA, E. B. N. R., 2001. *Modelagem Integrada para Gestão da Qualidade da Água na Bacia do*

- Rio Cuiabá*. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- LOTSPEICH, F.; PLATTS, W., 1982. An integrated land-aquatic classification system. *North A. J. Fish. Management*, **2**: 38-149.
- LOWE, W. H., 2002. Landscape-Scale Spatial Population Dynamics in Human-Impacted Stream Systems. *Environmental Management*, **30(2)**:225–233.
- MAASDAM, R.; SMITH, D. G., 1994. New Zealand's national river water quality network: Relationships between physico-chemical data and environmental factors. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, **28**: 37-54.
- MARIANI, C.F. Reservatório Rio Grande: Caracterização limnológica da água e biodisponibilidade de metais-traço no sedimento. 2006. Tese de Doutorado. USP.
- MOLDAN, B.; CERNÝ, J., 1994. *Biogeochemistry of Small Catchments: A Tool for Environmental Research*, John Wiley & Sons, Chichester.
- MONTEIRO JUNIOR, A.J. Caracterização limnológica e compartimentação do reservatório de Ponte Nova, Alto Tietê/SP. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo. 2006.
- MORILLO, S., IMBERGER, J., ANTENUCCI, J.P. AND WOODS, P. 2008. Influence of wind and lake morphometry on the interaction between two rivers entering a stratified lake, *Journal of Hydraulic Engineering*, ASCE, 134(11):1579-1589
- NIÑO, Y & TAMBURRINO, A. Stratification and mixing in lakes and Reservoirs. *Hidrodinamica ambiental*. 2004. Disponível em [https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2006/1/CI61S/1/material\\_docente/objeto/29465](https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2006/1/CI61S/1/material_docente/objeto/29465). Acessado em 22/12/2008.
- NUVOLARI, A., 2003. *Esgoto sanitário: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola*. – São Paulo: Edgard Blucher.
- ODUM, E.P. *Ecologia*. Editora Guanabara, Rio de Janeiro, 1988, 433p.
- OECD - Organization for Economic Co-Operation and Development. *Environmental Indicators*. Paris, 1994.
- OLIVEIRA, M. A. F. de, GODOY, A. M., HACKSPACKER, P. C., MORALES, N. Geologia da Folha São Roque, SP - 1:50.000. *Revista Geociências*, 1998, vol.17, pp 61-72.
- OLIVEIRA, M. A. F. de; GODOY, A. M.; ZANARDO, A.; ARTUR, A. C.; HACKSPACHER, P. C.; MORALES, N. Geologia da Folha São Roque-SP. In: Congresso Brasileiro de Geologia, Balneário de Camboriú. Anais. Sociedade Brasileira de Geologia, Balneário de Camboriú, 1992, vol.2, pp.126-127.

- OURSO, R. T. E FRENZEL, S. A., 2003. Identification of linear and threshold responses in streams along a gradient of urbanization in Anchorage, Alaska. *Hydrobiologia*, **501**: 117–131.
- PEDRAZZI, F. J. M., 2005. *Dinâmica fluvial do reservatório da UHE de Itupararanga e influências nas comunidades litorâneas de macro-invertebrados bentônicos*. Trabalho de Conclusão de Curso, PUC-SP.
- PIRES, J. S. R., 1995. *Análise Ambiental Voltada ao Planejamento e Gerenciamento do Ambiente Rural: Abordagem Metodológica Aplicada ao Município de Luiz Antônio, SP*. Tese de Doutorado, Universidade Federal de São Carlos, SP.
- PORTO, F. A., 1991. Estabelecimento dos parâmetros de controle da poluição. In: S. M. Porto, R. W. Cleary, R. M. Coimbra, S. Eiger, S. J. Luca, V. P. O. Nogueira, M. F. A. Porto. *Hidrologia Ambiental*. São Paulo: EDUSP.
- PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA – Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. *Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo código florestal*. Disponível em [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L4771.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L4771.htm), acesso em 12/04/2009.
- PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA – Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. *Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências*. Disponível em [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L6938.htm), acesso em 12/04/2009.
- REBELLO, E. *Anomalias Climáticas e seus Impactos no Brasil durante evento “El Niño” de 1982-83 e Previsão para o evento “El Niño” de 1997-98*. Instituto Nacional de Meteorologia. Brasília, 1997, 4p.
- SALATI, E., 1996. *Diagnóstico Ambiental Sintético e Qualidade da Água do Rio Corumbataí como Subsídio para o Planejamento Regional Integrado da Bacia Hidrográfica do Rio Corumbataí*. Tese de Doutorado apresentada na Escola de Engenharia de São Carlos, USP.
- SALATI, E.; SANTOS, A. A., 2005. *Temas Ambientais mais Relevantes para o Brasil num Futuro Próximo*. – Primeira Versão – Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável.
- SALDANHA, C. J. M., 2004. *Gestão de águas doces*. Rio de Janeiro: Ed. Interciência.
- SARDINHA, D. S.; CONCEIÇÃO, F. T.; SOUZA, A. D. G., 2006. Natural and anthropogenic contributions on surface water from Meio Stream watershed (SP), Brazil. *Submetido à Environmental Geology*.

- SILVEIRA, A., 2004. *Influencia da umidade atmosférica sobre o mecanismo de transferência de gases através da interface água-atmosfera*. Tese de Doutorado, EESC, Universidade de São Paulo; São Carlos.
- SOUZA, A. D. G. E TUNDISI, J. G., 2003. Water Quality in Watershed of the Jaboatão River (Pernambuco, Brazil): a Case Study. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, **46**:711-721.
- STEINER, F. 1991. Landscape planning: A method applied to a growth management example. *Environmental Management*, **15**(4): 519-529.
- TASSINARI, C.C.G.; CAMPOS NETO, M.C. Precambrian continental crust evolution of southeastern São Paulo State, Brazil: based on isotopic evidences. *Geochimica Braziliensis*, 1988, vol. 2, pp. 175-183.
- TOWNSEND, S.A. Metalimnetic and hypolimnetic deoxygenation in an Australian tropical reservoir of low trophic status. In: SCHIEMER, F. & BOLAND, KT (eds). **Perspectives in tropical Limnology**, pp. 161-160. 1996.
- TUCCI, C. E. M., 1998. *Modelos Hidrológicos*. Porto Alegre, Ed: UFRGS e Associação Brasileira de Recursos Hídricos.
- TUCCI, C. E. M., 2001. *Hidrologia: Ciência e Aplicação*. Porto Alegre: Ed. Universidade, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- VALLADARES, G. S. *Sistema de Gestão Ambiental da ABAG/RP*. Disponível em, <http://www.abagr.cnpem.embrapa.br/areas/pedologia.htm>, acesso em 27/12/2006.
- VALDERRAMA, J.C., 1981. The simultaneous analysis of total nitrogen and total phosphorus in natural waters. *Mar. Chem.* 10: 109-122.
- VEGA, M., PARDO, R. BARRADO, E.; DEBÁN, L., 1998. Assessment of seasonal and polluting effects on the quality of river water by exploratory data analysis. *Water Resource*, 32:3581-3592.
- VON SPERLING, M., 1996. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 2ª ed., Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas.
- WALSH, C. J., 2000. Urban impacts on the ecology of receiving waters: a framework for assessment, conservation and restoration. *Hydrobiologia*, 431: 107–114.

- WARD, J. V., 1998. Riverine Landscapes: Biodiversity Patterns, Disturbance Regimes, and Aquatic Conservation. *Biological Conservation*, 83(3):269-278.
- WETZEL, R.G.; LIKENS, G.E., 1991. *Limnological Analyses*. 20 ed.. Springer-Verlag. 391 p.