Sheila Cardoso da Silva

Heterogeneidade espacial
e a qualidade das águas superficiais do reservatório
Guarapiranga (São Paulo- SP- Brasil)

São Paulo

2008

Sheila Cardoso da Silva

Heterogeneidade espacial
e a qualidade das águas superficiais do reservatório
Guarapiranga (São Paulo- SP- Brasil)

Dissertação apresentada ao Instituto de
Biociências da Universidade de São Paulo, para
a obtenção de Título de Mestre em Ciências, na
Área de Ecologia de ecossistemas terrestres e
aquáticos.

Orientador(a): Prof. Dr. Marcelo L.M.
Pompêo

São Paulo

2008

Cardoso-Silva, Sheila

‘Heterogeneidade espacial e a qualidade das águas superficiais do reservatório Guarapiranga (São Paulo- SP- Brasil)’

99 p.

Dissertação (Mestrado) - Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Departamento de Ecologia.

1. Heterogeneidade espacial 2. Qualidade da água 3. Reservatório Guarapiranga I. Universidade de São Paulo. Instituto de Biociências. Departamento de Ecologia

Comissão Julgadora:

Prof(a). Dr(a).

Prof(a). Dr(a).

Prof. Dr. Marcelo L.M. Pompêo
Orientador

À meu pai (*in memoriam*)

“Água de boa qualidade é como a liberdade.
Só tem valor quando acaba.”

Graciliano Ramos

AGRADECIMENTOS

À minha família e em especial aos meus irmãos Janete e Jaime, por terem tornado possível minha chegada até aqui.

Ao meu orientador Marcelo L. M. Pompêo, por sempre estar presente, empolgado e disposto a ajudar.

À Capes e à FAPESP pelo apoio financeiro.

Aos professores e funcionários do departamento de ecologia e funcionários da secretaria de pós-graduação.

Aos professores Ana Lúcia Brandimarte, Gisela Shimizu e Sérgio Rosso pelas sugestões no exame de qualificação.

Ao professor Sérgio Tadeu Meirelles pela ajuda nas análises estatísticas.

À professora Mônica Porto pelas idéias e discussões geradas em suas disciplinas.

À professora Elizabeth Oliveira por ter cedido equipamento para a leitura de metais.

Ao técnico Maurício pela ajuda no trabalho a campo.

À toda a equipe do laboratório de limnologia da Usp- Lablimno- (Estefânia, Célia, Daniel, Patrícia, Rafael, Clarissa,...) pela ajuda nas análises em laboratório e pela amizade.

À Carolina Fiorillo Mariani e Juliana Costa Braidotti por terem me abrigado, em diversos sentidos e diversas vezes.

À Cristiane Follman Jurinitz, Paula Regina Padial e Paula Yuri Nishimura por terem sido tão boas amigas.

À Cleber P. Calça pela paciência em me ajudar a revisar parte deste trabalho, pelas sugestões, pelo seu companheirismo e carinho.

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1 Imagem de satélite mostrando a Represa Guarapiranga inserida numa grande mancha urbana. Em rosa as regiões edificadas (Fonte: http://geology.com/world-cities/sao-paulo-brazil.shtml).....	6
Fig. 2 a) Localização espacial da Represa Guarapiranga (modificado de WHATELY & CUNHA, 2006); b) tributários da Represa Guarapiranga (modificado de ROCHA, 1976). 10	
Fig. 3 Distribuição de 32 pontos de amostragem ao longo do reservatório Guarapiranga. Campanha efetuada em 01 de setembro de 2006.	15
Fig. 4 Distribuição de 33 pontos de amostragem ao longo do reservatório Guarapiranga. Campanha efetuada em 10 de abril de 2007.....	16
Fig. 5 Ordenação com base na análise de Componentes Principais (ACP) de Correlação, de variáveis limnológicas das águas superficiais de 32 pontos de coleta no reservatório Guarapiranga, em 01 de setembro de 2006. a) análise de todos os pontos. b) retirada dos pontos 1 e 2. Os scores resultantes foram relacionados com as variáveis pH, condutividade elétrica (CE), disco de Secchi (DS), sólidos totais (ST), material particulado em suspensão total (MST), material particulado em suspensão inorgânico (MSI), clorofila 'a' (Cla) e feofitina (Feo), nitrogênio total (NT); fósforo total (PT), zinco total (Zn) e cádmio total (Cd).....	21
Fig. 6 Temperatura (°C) ao longo do reservatório Guarapiranga. Distribuição dos pontos com base no arranjo de ACP. Campanha efetuada em 01 de setembro de 2006.....	22
Fig. 7 a) Ordenação com base na análise de Componentes Principais (PCA) de Correlação, de uma matriz escalar, de variáveis limnológicas das águas superficiais de 33 pontos de amostragem no reservatório Guarapiranga. Os pontos 1, 2, 5 foram retirados do arranjo. Os scores resultantes foram relacionados com as variáveis profundidade do reservatório (P), pH, condutividade elétrica (CE), oxigênio dissolvido, disco de Secchi (DS), sólidos totais (ST), material particulado em suspensão orgânico (MSO), clorofila 'a' (Cla) e feofitina (Feo), nitrogênio (NT) e fósforo totais (PT), zinco total (Zn), cádmio (Cd). b) Distribuição dos pontos de amostragem no reservatório Gurapiranga. Campanha efetuada em 01 de setembro de 2006.....	24
Fig. 8 Distribuição de MSI (mg/L) ao longo do reservatório Guarapiranga. Distribuição dos pontos com base no arranjo de ACP. Campanha efetuada em 01 de setembro de 2006.....	25
Fig. 9 Distribuição de Clorofila 'a'(µg/L) ao longo do reservatório Guarapiranga. Distribuição dos pontos com base no arranjo de ACP. Campanha efetuada em 01 de setembro de 2006.....	25

Fig. 10 Distribuição do pH ao longo do reservatório Guarapiranga. Distribuição dos pontos com base no arranjo de ACP. Campanha efetuada em 01 de setembro de 2006.....	26
Fig. 11 Profundidade do reservatório (m) ao longo do reservatório Guarapiranga. Distribuição dos pontos com base no arranjo de ACP. Campanha efetuada em 01 de setembro de 2006.....	26
Fig. 12 Profundidade do disco de Secchi (m) ao longo do reservatório Guarapiranga. Distribuição dos pontos com base no arranjo de ACP. Campanha efetuada em 01 de setembro de 2006.....	27
Fig. 13 Ordenação com base na análise de Componentes Principais (PCA) de Correlação, de uma matriz escalar, de variáveis limnológicas das águas superficiais de 33 estações de coleta no reservatório Guarapiranga, em 10 de abril de 2007. a) análise de todos os pontos. b) retirados os pontos 1 e 2 da análise. Os scores resultantes foram relacionados com as variáveis profundidade do reservatório (P), pH, condutividade elétrica (CE), oxigênio dissolvido, disco de Secchi (DS), sólidos totais (ST), material particulado em suspensão orgânico (MSO), clorofila 'a' (Cla) e feofitina (Feo), nitrogênio (NT) e fósforo totais (PT), zinco total (Zn), cádmio (Cd) total e níquel total (Ni).....	28
Fig. 14 a) Ordenação com base na análise de Componentes Principais (PCA) de Correlação, de uma matriz escalar, de variáveis limnológicas das águas superficiais de 33 pontos de amostragem no reservatório Guarapiranga. Os pontos 1, 2, 5 e 6, foram retirados do arranjo. Os scores resultantes foram relacionados com as variáveis profundidade do reservatório (P), pH, condutividade elétrica (CE), oxigênio dissolvido, disco de Secchi (DS), sólidos totais (ST), material particulado em suspensão orgânico (MSO), clorofila 'a' (Cla) e feofitina (Feo), nitrogênio (NT) e fósforo totais (PT), zinco total (Zn), cádmio (Cd) total e níquel total (Ni). b) Distribuição dos pontos de amostragem no reservatório Gurapiranga. Campanha efetuada em 10 de abril de 2007.....	30
Fig. 15 Distribuição de MSI (mg/L) ao longo do reservatório Guarapiranga. Distribuição dos pontos com base no arranjo de ACP. Campanha efetuada em 10 de abril de 2007.....	31
Fig. 16 Distribuição de Clorofila 'a' (µg/L) ao longo do reservatório Guarapiranga. Distribuição dos pontos com base no arranjo de ACP. Campanha efetuada em 10 de abril de 2007.	32
Fig. 17 Agrupamentos obtidos (G1.1, G1.2, G1.3 e G1.4), por meio de ACP, em campanha efetuada ao longo do reservatório Guarapiranga em 01 de setembro de 2006.....	34
Fig. 18 Agrupamentos obtidos (G2.1 e G2.2), por meio de ACP, em campanha efetuada ao longo do reservatório Guarapiranga em 10 de abril de 2007.	34
Fig. 19 Profundidade do disco de Secchi (m) ao longo do reservatório Guarapiranga. Distribuição dos pontos com base no arranjo de ACP. Campanha efetuada em 10 de abril de 2007.	37

Fig. 20 IET ao longo do reservatório Guarapiranga. Distribuição dos pontos com base no arranjo de ACP. Campanha efetuada em 01 de setembro de 2006.....	43
Fig. 21 IET ao longo do reservatório Guarapiranga. Distribuição dos pontos com base no arranjo de ACP. Campanha efetuada em 10 de abril de 2007.....	44
Fig. 22 Compartimentos observados ao longo do reservatório Guarapiranga em campanhas efetuadas em 01 de setembro de 2006 e 10 de abril de 2007. C1-Compartimento 1, C2-Compartimento 2, C3- Compartimento 3, C4- Compartimento 4.....	45
Fig. 23 Reservatório Guarapiranga e formação de quatro compartimentos de acordo com o tempo de residência, o qual tende a prolongar-se em direção à barragem (Occhipinti, 1973 <i>apud</i> Domingos, 1993).	48
Fig. 24 Distribuição de fósforo total ($\mu\text{g/L}$) nas águas superficiais do reservatório e sua classificação de acordo com a resolução CONAMA 357/05. Distribuição dos pontos com base no arranjo de ACP. Campanha efetuada em 01 de setembro de 2006.	74
Fig. 25 Distribuição de fósforo total ($\mu\text{g/L}$) nas águas superficiais do reservatório e sua classificação de acordo com a resolução CONAMA 357/05. Distribuição dos pontos com base no arranjo de ACP. Campanha efetuada em 10 de abril de 2007.....	74
Fig. 26 Distribuição de clorofila 'a' ($\mu\text{g/L}$) nas águas superficiais do reservatório e sua classificação de acordo com a resolução CONAMA 357/05. Distribuição dos pontos com base no arranjo de ACP. Campanha efetuada em 01 de setembro de 2006.	75
Fig. 27 Distribuição de Clorofila 'a' ($\mu\text{g/L}$) nas águas superficiais do reservatório e sua classificação de acordo com a resolução CONAMA 357/05. Distribuição dos pontos com base no arranjo de ACP. Campanha efetuada em 10 de abril de 2007.....	75
Fig. 28 Distribuição de cádmio total (mg/L), nas águas superficiais do reservatório Guarapiranga e sua classificação de acordo com a resolução CONAMA 357/05. Distribuição dos pontos com base no arranjo de ACP. Campanha efetuada em 10 de abril de 2007.	76
Fig. 29 Distribuição de oxigênio dissolvido (mg/L), nas águas superficiais do reservatório Guarapiranga e sua classificação de acordo com a resolução CONAMA 357/05. Distribuição dos pontos com base no arranjo de ACP. Campanha efetuada em 10 de abril de 2007.	77

LISTA DE TABELAS

Tab. 1 Coordenadas georeferenciadas de 33 pontos no reservatório Guarapiranga, amostragens efetuadas em 01 de setembro de 2006 (campanha 1) e em 10 de abril de 2007 (campanha 2).	17
Tab. 2 Limites de detecção para as variáveis: nitrogênio total (NT), fósforo total (PT), zinco total (Zn), cádmio total (Cd) e níquel total (Ni).	18
Tab. 3 Contribuição de cada eixo na explicação do arranjo formado na análise de Componentes Principais (ACP) com base numa matriz de correlações, de variáveis limnológicas das águas sub-superficiais de 33 pontos de coleta no reservatório Guarapiranga, em amostragem efetuada em 01 de setembro de 2006 (Campanha 1).....	22
Tab. 4 Correlação das variáveis: profundidade do reservatório (P); medida de profundidade do disco de Secchi (DS); potencial hidrogeniônico (pH); condutividade elétrica (CE); sólidos totais (ST); material em suspensão total (MST); material em suspensão inorgânico (MSI); nitrogênio total (NT); fósforo total (PT); clorofila 'a' (Cla); feoftina (Feo); zinco total (Zn); cádmio total (Cd); com os componentes principais 1 e 2, de uma ACP com base numa matriz de correlações. Campanha efetuada em 32 estações distribuídas ao longo do reservatório Guarapiranga em 01 de setembro de 2006 (Campanha 1).	23
Tab. 5 Contribuição de cada eixo na explicação do arranjo formado na análise de Componentes Principais (ACP) com base numa matriz de correlações, de variáveis limnológicas das águas sub-superficiais de 33 pontos de coleta no reservatório Guarapiranga, em amostragem efetuada em 10 de abril de 2007 (Campanha 2).....	27
Tab. 6 Correlação das variáveis: profundidade do reservatório (P); medida de profundidade do disco de Secchi (DS); potencial hidrogeniônico (pH); condutividade elétrica (CE); sólidos totais (ST); material em suspensão total (MST); material em suspensão inorgânico (MSI); nitrogênio total (NT); fósforo total (PT); clorofila 'a' (Cla); feoftina (Feo); zinco total (Zn); cádmio total (Cd); níquel total (Ni) e oxigênio dissolvido (OD), com os componentes principais 1 e 2, de ACP com base numa matriz de correlações. Campanha efetuada em 33 estações distribuídas ao longo do reservatório Guarapiranga em 10 de abril de 2007.	29
Tab. 7 Média (M), desvio padrão (D) e valores máximo (Max) e mínimo (Min) detectado (AV), para as variáveis profundidade do reservatório (P), disco de Secchi (DS), oxigênio dissolvido (OD), temperatura (T), pH, condutividade elétrica (CE), sólidos totais (ST), material particulado em suspensão total (MST), material particulado em suspensão orgânico (MSO), material particulado em suspensão (MSI), fósforo total (PT), nitrogênio (NT), clorofila 'a' (Cla), feoftina (Feo), zinco total (Zn) e cádmio total (Cd), e índice de estado trófico (IET). A formação dos grupos dentro do reservatório ocorreu com base na ACP. Dados obtidos em campanha efetuada no reservatório Guarapiranga em 01 de setembro de 2006 (Campanha 1).	35

Tab. 8 Média (M), desvio padrão (D) e valores máximo (Max) e mínimo (Min) detectado (AV), para as variáveis profundidade do reservatório (P), disco de Secchi (DS), oxigênio dissolvido (OD), temperatura (T), pH, condutividade elétrica (CE), sólidos totais (ST), material particulado em suspensão total (MST), material particulado em suspensão orgânico (MSO), material particulado em suspensão (MSI), fósforo total (PT), nitrogênio (NT), clorofila 'a' (Cla), feoftina (Feo), zinco total (Zn) e cádmio total (Cd), níquel total (Ni) e índice de estado trófico (IET). A formação dos grupos dentro do reservatório ocorreu com base na ACP. Dados obtidos em campanha efetuada no reservatório Guarapiranga em 10 de abril de 2007 (Campanha 2)..... 36

Tab. 9 Porcentagem do coeficiente de variação espacial e temporal para as variáveis profundidade do reservatório (P), disco de Secchi (DS), oxigênio dissolvido (OD), temperatura (T), pH, condutividade elétrica (CE), sólidos totais (ST), material particulado em suspensão total (MST), material particulado em suspensão orgânico (MSO), material particulado em suspensão (MSI), fósforo total (PT), nitrogênio (NT), clorofila 'a' (Cla), feoftina (Feo), zinco total (Zn) e cádmio total (Cd), níquel total (Ni) e índice de estado trófico (IET). A formação dos grupos dentro do reservatório ocorreu com base na ACP. Dados obtidos em campanhas efetuadas no reservatório Guarapiranga em 01 de setembro de 2006 (Campanha 1) e 10 de abril de 2007 (Campanha 2). Os valores em **negrito** e *itálico* indicam os valores considerados muito altos segundo descrição de Pimentel-Gomes (2000). 39

Tab. 10 Matriz de correlações de Spearman entre as variáveis profundidade do reservatório (P), disco de Secchi (DS), temperatura (T), pH, condutividade elétrica (CE), sólidos totais (ST), material particulado em suspensão total (MST), material particulado em suspensão orgânico (MSO), material particulado em suspensão (MSI), nitrogênio (NT), fósforo total (PT), clorofila 'a' (Cla), feoftina (Feo), zinco total (Zn) e cádmio total (Cd). As correlações cujo $p < 0,05$ estão representadas em **negrito**. Dados obtidos em campanhas efetuadas no reservatório Guarapiranga em 01 de setembro de 2006 (Campanha 1). 41

Tab. 11 Matriz de correlações de Spearman entre as variáveis profundidade do reservatório (P), disco de Secchi (DS), oxigênio dissolvido (OD), temperatura (T), pH, condutividade elétrica (CE), sólidos totais (ST), material particulado em suspensão total (MST), material particulado em suspensão orgânico (MSO), material particulado em suspensão (MSI), fósforo total (PT), nitrogênio (NT), clorofila 'a' (Cla), feoftina (Feo), zinco total (Zn) e cádmio total (Cd), níquel total (Ni). As correlações cujo $p < 0,05$ estão representadas em **negrito**. Dados obtidos em campanha efetuada no reservatório Guarapiranga em 10 de abril de 2007 (Campanha 2)..... 42

Tab. 12 Classes de águas doces, estabelecidas pela Resolução CONAMA 357/05 de acordo com seus usos preponderantes..... 68

Tab. 13 Variáveis, métodos empregados, equipamentos, limite de detecção e respectivas referências utilizadas. 71

Tab. 14 Padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 para corpos hídricos classe 1, para as variáveis analisada no presente estudo. 72

Tab. 15 Escores resultantes no eixo 1 por meio de Análise de Componentes Principais (ACP) com base numa matriz de correlações, de variáveis limnológicas das águas superficiais de 33 pontos de coleta no reservatório Guarapiranga, em amostragem efetuada em 01 de setembro de 2006 (Campanha 1) e 10 de abril de 2007 (Campanha 2)..... 73

SUMÁRIO

RESUMO	3
ABSTRACT	4
1 INTRODUÇÃO GERAL	5
2 ÁREA DE ESTUDO	9
CAPÍTULO 1: Heterogeneidade espacial longitudinal das águas superficiais do reservatório Guarapiranga	10
1. INTRODUÇÃO	10
1.1 Heterogeneidade	10
1.2. Heterogeneidade em reservatórios	12
2. OBJETIVOS	14
3. MATERIAL E MÉTODOS	14
3.1 Parâmetros para análise	14
3.3 Tratamento dos dados	18
4. RESULTADOS	19
4.1 Análises de Componentes Principais	19
4.2 Média, desvio padrão e amplitude de variação nos agrupamentos obtidos por meio de ACP	32
4.3 Coeficiente de variação	38
4.4 Análise de correlação de Sperman	40
4.5 Índice de estado trófico (IET)	43
5 DISCUSSÃO	44
5.1 Compartimentos 1 e 2	44
5.2 Compartimento 3	48
5.3 Compartimento 4	49
5.3.1 Clorofila ‘a’	51
5.3.2 Metais	54
5.3.3 Oxigênio Dissolvido	56
5.4 IET	57
5.5 Reversão das águas do braço Taquacetuba	58
5.6 Região de Parelheiros	59
6 CONCLUSÕES	59
CAPÍTULO 2: Qualidade das águas superficiais da represa Guarapiranga com base na Resolução CONAMA 357/05	61
RESUMO	61
ABSTRACT	62
1 INTRODUÇÃO	63
1.1 A gestão hídrica no Brasil e a Política Nacional de Recursos Hídricos	63
1.2 O Enquadramento como instrumento da gestão hídrica	67
2 OBJETIVOS	70
3 MATERIAL E MÉTODOS	70
4 RESULTADOS	72
5 DISCUSSÃO	77

6 CONCLUSÕES	81
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82

RESUMO

O estudo da heterogeneidade ambiental é de fundamental importância em ecologia, uma vez que interfere na estrutura e funcionamento dos ecossistemas. Reservatórios em particular são ecossistemas artificiais com alto grau de heterogeneidade espacial e temporal. Com intuito de testar a hipótese da existência de um padrão de heterogeneidade nas águas superficiais do reservatório Guarapiranga e discutir a qualidade de suas águas, com base na resolução CONAMA 357/05, foram efetuadas coletas, durante as estações seca e chuvosa, de variáveis físicas, químicas e hidrobiológicas, em 33 estações distribuídas ao longo da represa Guarapiranga. Os dados foram analisados por meio de Análise de Componentes Principais (ACP) e os resultados corroboraram a hipótese testada. Foi possível identificar quatro compartimentos: 1) um compartimento localizado na região da entrada do córrego de Parelheiros, com características de zona fluvial; 2) um compartimento na região do braço da represa Guarapiranga onde ocorre a entrada do Rio Embu-Guaçu, local em que foram observados os menores valores para condutividade elétrica, sólidos totais, fósforo total, nitrogênio total e material particulado em suspensão; 3) um compartimento com características de zona de transição, o qual tendeu a ser mais prolongado na campanha da estação chuvosa, provavelmente pelo regime de operação do reservatório, que apresenta maior vazão no período das cheias; 4) um compartimento na região jusante, onde foram observados os maiores valores para disco de Secchi, maiores concentrações de nitrogênio total, maior participação da fração orgânica do material em suspensão, sólidos totais e pH; estes dados são provavelmente resultados da grande urbanização observada ao redor do reservatório e do maior tempo de retenção na área da barragem. Foi observada também condição mais crítica da qualidade da água na região de Parelheiros. Além disso, as concentrações de: fósforo total, clorofila 'a', oxigênio dissolvido e cádmio total, apresentaram-se fora das metas estabelecidas para os corpos hídricos classe 1, no qual a represa Guarapiranga foi enquadrada. Tais dados apontam para a necessidade do controle das ocupações irregulares, e da implantação de rede coletora de esgotos na bacia Guarapiranga.

Palavras-chave: reservatório, heterogeneidade espacial, variáveis abióticas, qualidade água.

ABSTRACT

Environmental heterogeneity studies are of great importance in ecology, once it interferes on ecosystems structure and working. Water reservoirs in particular are artificial ecosystems with high spatial and temporal heterogeneity. To test the hypothesis of existence of a pattern of longitudinal heterogeneity, and discuss water quality according to CONAMA 357/05, samples of physical, chemical and hydrobiological variables were collected during the dry and wet seasons in 33 stations in the Guarapiranga reservoir. Data were analysed by Principal Components Analysis (PCA) and the results corroborated the tested hypothesis. It was possible to identify four compartments: 1) a compartment near the entrance of Parelheiros streamlet, with riverine characteristics; 2) a compartment on the area of Guarapiranga reservoir, where entrance of Embu-Guaçu river takes place, in this area were observed the lower values for electric conductivity, suspended solids, total phosphorus, total nitrogen and total suspended material; 3) a compartment with transition zone characteristics, this compartment was longer on the wet season collect, probably by the reservoir operation, which presents higher outflow on wet season; 4) a compartment downstream, which presented higher values for Secchi disc, total nitrogen, organic suspended material, suspended solids and pH, this data are probably result of the great urbanization observed around the reservoir, and the greater water residence time in the area of the dam. It was also observed critical conditions of water quality on the area of Parelheiros streamlet entrance. Moreover, concentrations of: total phosphorus, chlorophyll 'a', dissolved oxygen and total cadmium were out of the established limits for water bodies class 1, according to CONAMA 357/05. Such data point out to the necessity of controlling irregular occupations and introduction of net collector drains at Guarapiranga basin.

Key words: reservoir, spatial heterogeneity, abiotic variables, water quality

1 INTRODUÇÃO GERAL

A degradação dos mananciais e o aporte de efluentes domésticos e industriais nos rios e represas, de modo geral, têm aumentado os custos de tratamento e dificultado o acesso à água potável (CALIJURI & OLIVEIRA, 2000; DA SILVA & SACOMANI, 2001). Por isso, o estudo da qualidade da água de represas é essencial à saúde pública, pois estes corpos d'água suprem necessidades sociais vitais, como o abastecimento público e a irrigação.

A Bacia do Guarapiranga, que pertence à Bacia do Alto Tiête (Estado de São Paulo), inclui a Represa de Guarapiranga. Este reservatório, objeto do presente estudo, é hoje o segundo maior da região metropolitana de São Paulo, abastecendo cerca de 3,7 milhões de pessoas (WHATELY & CUNHA, 2006) de diversos municípios, além de ser utilizado também como área de lazer.

Infelizmente, o intenso crescimento urbano observado desde a década de sessenta causou significativo acréscimo da carga orgânica ao reservatório Guarapiranga, acelerando o processo de eutrofização (ANA, 2005) e tornando as florações de algas mais frequentes. Atividades como loteamentos, ocupações irregulares (SEMA, 1997) e ausência de saneamento básico vêm favorecendo a baixa qualidade das águas da represa.

Em 1990 e 1991, por exemplo, devido à floração da cianobactéria *Anabaena solitaria*, foram relatados problemas gastrointestinais na população abastecida por águas do Reservatório de Guarapiranga (BEYRUTH, 2000).

Atualmente, 57% do território a Bacia da Guarapiranga é alterado por atividades humanas, cerca de 750 mil pessoas residem na Bacia do Guarapiranga, das quais 100 mil em favela. Mais de 80% do esgoto que chega à Represa de Guarapiranga não possui tratamento e 37,6% das suas áreas de preservação encontram-se alteradas por atividades antrópicas. Há grandes áreas ocupadas por loteamentos clandestinos concentrados na vizinhança do reservatório e geralmente sem saneamento básico (WHATELY & CUNHA, 2006, SABESP, 2007).

Os usos e ocupações do solo na região metropolitana de São Paulo (Fig. 1) revelam a preocupante situação deste manancial, pois a represa encontra-se inserida numa grande mancha urbana.

O reservatório entrou em operação em 1908, com o represamento do rio Guarapiranga (conhecido também como Embu-Guaçu), que é afluente do rio Pinheiros. Foi construído pela Companhia Light, na época responsável pela geração e distribuição da energia elétrica do estado, que necessitou regularizar a vazão do rio Tietê. A razão de sua construção inicial foi abastecer as turbinas da Usina Hidroelétrica de Parnaíba (EMAE, 2007). A partir de 1928 o reservatório passou a exercer também a função de abastecimento público sendo, antes da implantação do sistema Cantareira na década de 1970, o maior reservatório da região metropolitana de São Paulo. Na década de 1960, para atender a demanda crescente de água, o Rio Capivari foi revertido para o rio Embu-Guaçu, que contribuiu com cerca de mil litros de água por segundo para a represa Guarapiranga (WHATELY & CUNHA, 2006). A partir do ano 2000, entrou em operação a reversão das águas do braço Taquacetuba (Complexo Billings) para o Rio Parelheiros, aumentando a capacidade produtora de água da Represa de Guarapiranga, acrescentando entre dois e quatro mil litros de água por segundo.

Fig. 1 Imagem de satélite mostrando a Represa Guarapiranga inserida numa grande mancha urbana. Em rosa as regiões edificadas (Fonte: <http://geology.com/world-cities/sao-paulo-brazil.shtml>).

Rocha (1976) já alertava sobre a crescente eutrofização e degradação da represa Guarapiranga, entretanto, apenas na década de 1990 em razão de uma grande floração de algas na represa Guarapiranga e da ameaça da perda deste manancial para abastecimento público é que foi estabelecido programa de recuperação da Bacia da Guarapiranga (BALTRUSIS & LAREU, 2006).

O Programa Guarapiranga foi um trabalho conjunto entre o Governo do Estado de São Paulo e a Prefeitura do Município de São Paulo, com recursos do BIRD - Banco Internacional de Reconstrução e Desenvolvimento com o objetivo de recuperar a qualidade da água da Bacia do Guarapiranga. Para atingir tal fim, estavam previstas uma série de obras de recuperação urbana da região, como a urbanização de favelas e a adequação de infra-estrutura dos bairros carentes. Além de obras de ampliação da rede de esgoto e manutenção da rede existente, coleta de lixo, recuperação das margens da represa, pavimentação e adequação do sistema viário (CDHU, 2008; BALTRUSIS & LAREU, 2006).

Contudo, de acordo com Viveiros (2004), a despeito dos altos custos do programa, não ocorreu melhora na qualidade da água, uma vez que apesar dos esforços não foi contido o adensamento populacional na Bacia. Como agravante entre 1998 e 2003, a quantidade total de produtos usados para tratar 1 milhão de litros de água chegou a aumentar 51% no sistema Guarapiranga (VIVEIROS, 2004).

Apesar das críticas, em entrevista ao ISA, Ricardo Araújo, então diretor da Companhia de Saneamento Público do Estado de São Paulo (Sabesp), alegou que o objetivo do programa de recuperação da Guarapiranga era manter a água em condições operacionais de tratamento. O que segundo ele foi atingido, embora a população tenha crescido muito (ISA, 2005).

Em 2006, em comemoração ao centenário do reservatório, nova medida foi tomada. Com o intuito de proteger e recuperar a Bacia Guarapiranga foi elaborada a Lei nº 12.233, de 16 de janeiro de 2006. Entre as finalidades desta lei destacam-se:

- a implementação de uma gestão participativa e descentralizada;
- disciplinamento do uso e ocupação do solo;

- compatibilização do desenvolvimento socioeconômico com a proteção e recuperação do manancial;
- disciplinamento e reorientação da expansão urbana para fora das áreas de produção hídrica e preservação dos recursos naturais.

Resta esperar que haja o comprometimento dos atores envolvidos, para que as metas estabelecidas sejam atingidas e que não haja investimentos sem resultados concretos.

Neste contexto de degradação deste importante manancial, conhecer as características das águas do reservatório Guarapiranga, o padrão de compartimentação e as mudanças hidrológicas devido aos períodos de chuvas e de estiagem, ampliam o conhecimento ecológico destes ecossistemas e possibilitam detectar as alterações provenientes da atividade humana.

O objetivo geral desta pesquisa foi o de identificar um padrão de heterogeneidade espacial no plano longitudinal nas águas superficiais do reservatório Guarapiranga e discutir a qualidade da água com base na resolução CONAMA 357/05.

2 ÁREA DE ESTUDO

A Bacia da Guarapiranga está localizada nos municípios de São Paulo, Embu, Embu-Guaçu, Itapequerica da Serra, além de pequenas parcelas do território de Cotia, São Lourenço da Serra e Juquitiba (SABESP, 2007), com área total de 630 Km².

O Reservatório da Guarapiranga é considerado polimítico (MAIER, 1985), tem volume máximo de 194×10^6 m³, área de 34 Km² (MELCHOR *et al.*, 1975), tempo de retenção médio da água de 110 e 143 dias (CETESB, 1992 *apud* BEYRUTH, 1996), vazão de 14m³/s (SABESP, 2007), o que equivale a 1,2 bilhões de litros de água por dia, profundidade máxima de 13m (KLEEREKOPER, 1939; MAIER & TAKINO, 1985), sendo por isso, considerado um reservatório pequeno, segundo classificação de Straškraba & Tundisi (2000).

Seus principais tributários em termos de volume d'água são, no sentido montante-jusante, os rios Embu-Mirim e Embu-Guaçu, na margem esquerda, e o Córrego Parelheiros, na margem direita (MELCHOR *et al.*, 1975) (Fig 2).

A região da Bacia hidrográfica da Guarapiranga apresenta drenagem dendrítica, é formada por terrenos cristalinos e sedimentares (AB SABER, 1957), sendo constituída de um peneplano parcial esculpido em mica xisto e gnaisses das formações pré-cambrianas regionais além de granitos. Este peneplano se estende até as colinas tabuliformes da bacia sedimentar paulistana (MELCHOR *et al.*, 1975). A topografia é bastante acidentada, principalmente a oeste, sul e sudoeste (DAE, 1992, MELCHOR *et al.*, 1975).

Em relação à vegetação na área ocupada pela bacia 36,9% são de vegetação remanescente de mata atlântica (WHATELY & CUNHA, 2006).

A Bacia do Guarapiranga apresenta temperaturas médias de 17,5 C° e precipitação anual média de 1400 mm. De acordo com a classificação de Köppen, tem clima quente temperado e úmido (classe C, tipo C+b), (MELCHOR *et al.*, 1975; SANTO & PAULO, 1985). A região vem passando, desde 1999, por uma fase de estiagem, que associada ao assoreamento e uso da represa acima da sua capacidade de produção de água são fatores responsáveis pela diminuição do espelho d'água do reservatório.

Fig. 2 a) Localização espacial da Represa Guarapiranga (modificado de WHATELY & CUNHA, 2006); b) tributários da Represa Guarapiranga (modificado de ROCHA, 1976).

Capítulo I

Heterogeneidade espacial longitudinal das águas superficiais do reservatório Guarapiranga (São Paulo - Brasil)

1. INTRODUÇÃO

1.1 Heterogeneidade nos ecossistemas

O conceito de heterogeneidade é uma das mais importantes idéias difundidas em ecologia (MILNE, 1991). E embora intuitivamente o conceito possa parecer simples, ao analisarmos minuciosamente este termo, vemos o quão complexo ele pode ser.

Um dos principais problemas em entender a heterogeneidade é descobrir seus padrões e subseqüentemente, sua significância funcional (MILNE, 1991), além disso, a heterogeneidade pode ser analisada por meio de uma série de perspectivas. Diversas publicações existem abordando o tema (KOLLASA & ROLLO, 1991; DUTILLEUL, 1993; SVENNING, 2001; DAVIES *et al.*, 2005; NES & SCHEFFER, 2005), entretanto o assunto está longe de ser esgotado.

A heterogeneidade é uma característica inerente dos sistemas ecológicos, sendo definida por ACIESP (1997) como a complexidade e variabilidade de uma propriedade do sistema, existindo em todas as escalas, no espaço e no tempo.

Em relação à heterogeneidade espacial dois aspectos principais podem ser abordados em ecologia: 1) a heterogeneidade que se refere à distribuição física de organismos ou entidades ecológicas no espaço ou 2) a heterogeneidade que se refere à valores quantitativos ou qualitativos de parâmetros num espaço contínuo, a heterogeneidade espacial neste caso se refere à variação destes valores ou parâmetros entre sub-regiões num dado espaço (DUTILLEUL, 1993).

Estes aspectos, embora sejam distintos, estão intimamente relacionados, uma vez que a heterogeneidade ambiental influi diretamente na distribuição dos organismos

(MARGALEF, 1991).

Ambientes que são mais heterogêneos espacialmente podem acomodar mais espécies, porque eles provêm uma maior quantidade de micro-habitats, micro-climas, mais esconderijos aos predadores e assim por diante (BEGON *et al.*, 2006). Ou seja, quanto maior a complexidade física do ambiente, maior será a complexidade das comunidades de animais e de vegetais e maior a diversidade biológica. Assim a heterogeneidade espacial aumenta a diversidade dos ecossistemas (DESHMUKH, 1986; KREBS, 1994), sendo utilizada como um dos fatores que explicam a maior diversidade encontrada nos trópicos.

Na verdade, diversas outras informações ecológicas podem ser associadas à heterogeneidade espacial, como por exemplo, a diversidade genética, a dinâmica de populações, a repartição do habitat nas comunidades, entre outros (DUTILLEUL, 1993).

Além do componente espacial a heterogeneidade engloba ainda um outro aspecto, a variabilidade temporal. A heterogeneidade temporal difere da heterogeneidade espacial, pois se refere a um ponto no espaço e diversos no tempo (KOLASA & ROLLO, 1991).

A heterogeneidade temporal pode interferir nos processos evolutivos, as escolhas feitas pelos indivíduos sob as condições que encontram em qualquer tempo em particular, podem assumir uma forma evolutiva (RICKLEFS, 1996). Um exemplo de heterogeneidade temporal é o processo de sucessão ecológica, no qual as comunidades são substituídas sucessivamente ao longo do tempo.

Um outro importante aspecto a ser considerado, nos estudos ecológicos que envolvem a heterogeneidade, diz respeito à escala. A natureza é claramente heterogênea, mas a escala em que a heterogeneidade é manifestada varia enormemente (DUTILLEUL, 1993). Um ambiente pode ser considerado homogêneo numa grande escala, mas heterogêneo numa pequena escala.

Em ecossistemas aquáticos, por exemplo, a variabilidade na concentração de nutrientes pode ser analisada em gradientes em longa escala, na superfície de todo o corpo d'água; em pequena escala, apenas numa área do corpo hídrico ou ainda num ponto em diferentes profundidades. A escala enfim dependerá dos objetivos do trabalho realizado, e não pode ser negligenciada. Em suma verifica-se que o estudo da heterogeneidade ambiental é de fundamental importância em ecologia, uma vez que a heterogeneidade interfere na estrutura e funcionamento dos ecossistemas.

1.2. Heterogeneidade em reservatórios

Reservatórios são ecossistemas artificiais com alto grau de heterogeneidade espacial e temporal (TUNDISI, 1996). São freqüentemente designados como sistema de transição entre o ambiente lótico e lêntico (THORTON *et al.*, 1990).

Neste sistema de transição é possível identificar em geral três regiões, que se distinguem pelas características físicas e químicas da água, sedimento e comunidades biológicas (THORTON, 1990; KIMMEL *et al.*, 1990; STRAŠKRABA & TUNDISI 1999; WETZEL 2001):

- Região fluvial ou lótica - na parte alta do reservatório, geralmente estreita como resultado da geomorfologia dos rios, maior velocidade no fluxo de água, menor tempo de retenção, maiores teores de nutrientes, sólidos totais, e menor penetração de luz;
- Região lacustre ou lêntica - próximo à barragem, onde é possível observar estratificações térmicas e onde as características se assemelham mais a um lago; menores concentrações de nutrientes e partículas em suspensão inorgânicas, maior transparência;
- Região de transição - entre a porção lêntica e lótica, com redução na velocidade do fluxo d'água e da turbidez. Maior produtividade e biomassa fitoplanctônica ocorrendo com o alargamento do reservatório, diminuição da velocidade do fluxo de água, aumento do tempo de retenção, sedimentação das partículas em suspensão e aumento da penetração de luz. Normalmente a região mais fértil do reservatório.

É importante reconhecer que estas zonas são dinâmicas e se expandem e contraem em resposta à intensidade do fluxo de água e à operação do reservatório (KIMMEL *et al.*, 1990). Na verdade, o sistema de operação do reservatório é quem determina o tempo de retenção, e este é o principal fator que definirá se a represa vai se assemelhar mais a um rio ou a um lago (ARMENGOL *et al.*, 1999; NOGUEIRA, 2000; BRANDIMARTE, *et al.*, 2008). Quando o tempo de residência tende a ser pequeno, a represa se assemelhará mais a

um rio, ao contrário, tempos de residência mais longos determinam características mais semelhantes a lagos (HENRY, 2004).

Além deste componente longitudinal, outros fatores laterais atuam na heterogeneidade dos reservatórios como a presença de tributários, que podem contribuir com cargas de nutrientes, poluentes, sólidos em suspensão, entre outros fatores.

Outros importantes fatores promotores da heterogeneidade em reservatórios são o tamanho da represa, corpos d'água pequenos tendem a sofrer mais as influências climáticas, corpos d'água rasos, por exemplo, sofrem mais a ação dos ventos, o que favorece os processos de mistura (ESTEVES, 1998), interferindo diretamente na heterogeneidade observada no plano vertical.

Todos estes fatores abióticos, promotores da heterogeneidade ambiental, promovem conseqüentemente variação espacial e temporal na distribuição dos organismos (DOWNING, 1991). Inúmeros estudos abordam a heterogeneidade espacial e temporal na distribuição da comunidade fitoplanctônica (NOGUEIRA, 2000; CALIJURI & DOS SANTOS, 2001; MATSUMURA-TUNDISI & TUNDISI, 2005; SHCHERBAK & BONDARENKO, 2005; NWEZE, 2006; AKINYEMI, & NWANKWO, 2007; WANG *et al.*, 2007), zooplanctônica (PANARELLI, 2001; NOGUEIRA, 2001; CLETO-FILHO & ARCIFA, 2006) e zoobentônica (KUWABARA, 2001; CALLISTO, *et al.*, 2005; KIBICHII *et al.*, 2007).

O estabelecimento da heterogeneidade espacial e temporal é uma ferramenta importante na elaboração das propostas de manejo. A qualidade da água nos reservatórios pode variar temporalmente e espacialmente e isto pode levar a diferentes maneiras de se operar e tratar o sistema. A identificação dos diferentes compartimentos nos reservatórios, por exemplo, permite verificar a qualidade da água ao longo do corpo hídrico, com vistas, aos usos múltiplos como o abastecimento público e escolha de locais para recreação como a natação e pesca.

Além das questões de manejo a heterogeneidade pode ser utilizada nos estudos ecológicos como na determinação do padrão de distribuição dos organismos no ecossistema, o qual é alterado ao longo do reservatório.

2. OBJETIVOS

Os objetivos desta pesquisa foram:

- Identificar os padrões de heterogeneidade espacial e temporal de variáveis abióticas e a compartimentação da represa de Guarapiranga em duas épocas do ano;
- Avaliar o grau de trofia da represa de Guarapiranga em duas épocas do ano.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Parâmetros para análise

Foram efetuadas duas coletas, uma no período de estiagem (01 de setembro de 2006) e outra no período de chuvas (10 de abril de 2007) em 33 pontos distribuídos ao longo do reservatório Guarapiranga (Figs. 3 e 4) e georeferenciados (Tab. 1) com sistema de coordenadas UTM, Datum Sad69 e meridiano central 45°00, por GPS modelo Garmin 72.

A primeira coleta foi iniciada às dez horas da manhã com término às catorze horas e a segunda com início às nove horas da manhã e término às treze horas. As amostras de água sub-superficial foram coletadas em garrafas de polietileno e mantidas no escuro em bolsas térmicas até o processamento em laboratório. Foram obtidos *in situ* os dados de pH, condutividade elétrica e temperatura da água, por meio de sonda multiparâmetros, modelo YSI 63, dados de oxigênio dissolvido (apenas na segunda amostragem) por meio de oxímetro, modelo Hanna HI 9142 e medida do disco de Secchi.

Fig. 3 Distribuição de 32 pontos de amostragem ao longo do reservatório Guarapiranga. Campanha efetuada em 01 de setembro de 2006.

Fig. 4 Distribuição de 33 pontos de amostragem ao longo do reservatório Guarapiranga. Campanha efetuada em 10 de abril de 2007.

Tab. 1 Coordenadas georeferenciadas de 33 pontos no reservatório Guarapiranga, amostragens efetuadas em 01 de setembro de 2006 (campanha 1) e em 10 de abril de 2007 (campanha 2).

Campanha 1					
Pontos	Coordenadas planas	Pontos	Coordenadas planas	Pontos	Coordenadas planas
1	K0324287/7371226	12	K 0323439/7376139	23	K 0324033/7378503
2	K 0324024/7371802	13	K 0324518/7375665	24	K 0323756/7378930
3	K 0323821/7372578	14	K 0324211/7376048	25	K 0323574/7379235
4	K 0323256/7373603	15	K 0323815/7376797	26	K 0324218/7378869
5	K 0322249/7373198	16	K 0324873/7376605	27	K 0324568/7379234
6	K 0322783/7374392	17	K0325027/7377127	28	K 0324738/7379656
7	K 0322750/7375125	18	K 0324884/7377511	29	K 0324388/7379692
8	K 0323595/7375084	19	K 0324905/7377813	30	K 0323870/7380159
9	K 0324181/7374933	20	K 0324295/7377766	31	K 0324220/7380351
10	K 0324453/7375182	21	K 0323672/7378104	32	K 0324053/7380948
11	K 0324025/7375552	22	K 0323306/7378195		

Campanha 2					
Pontos	Coordenadas planas	Pontos	Coordenadas planas	Pontos	Coordenadas planas
1	K 0324219/7371582	12	K 0324012/7375674	23	K 0322782/7378484
2	K 0324061/7372031	13	K 0324530/7375648	24	K 0323637/73785
3	K 0323832/7372928	14	K 0323985/7376298	25	K 0323457/7379371
4	K 0323400/7373707	15	K 0323141/7376368	26	K 0323401/7379686
5	K 0322481/7373392	16	K0323837/7377115	27	K 0324106/7379077
6	K 0321720/7373385	17	K 0324814/7376438	28	K 0324653/7379581
7	K 0322893/7374404	18	K 0325108/7377282	29	K 0324550/7380257
8	K 0322556/7375934	19	K 0324958/7377650	30	K 0324156/7380574
9	K 0323025/7375753	20	K 0324650/7376276	31	K 0324473/7380738
10	K 0323584/7374894	21	K 0324009/7378152	32	K 0324026/7380994
11	K 0324378/7374824	22	K 0323518/7378420	33	K 0323918/7381101

Em laboratório foram determinados os teores de sólidos totais por método gravimétrico (WETZEL & LIKENS, 1991), material particulado em suspensão total e as frações orgânica e inorgânica (TEIXEIRA *et al.*, 1965; TUNDISI, 1969), clorofila “a” e feofitina (LORENZEN, 1967). Foram analisadas as concentrações de nitrogênio total e fósforo total por espectrofotometria (VALDERRAMA, 1981).

As concentrações dos metais totais (cádmio, níquel, zinco e chumbo) foram analisadas por espectrometria de absorção atômica, com plasma de argônio induzido-ICP AES, modelo Spectroflame da Spectro. Toda a vidraria, que entrou em contato com as

amostras para esta análise, e os frascos utilizados no armazenamento das mesmas, foram deixados de molho em solução de HNO₃ 10% (v/v), enxaguados com água Milli Q e secos em temperatura ambiente.

Logo após a coleta as amostras foram acidificadas com HNO₃ - pH reduzido a 2- e em seguida armazenadas em frascos de polietileno a 4°C, até o momento da digestão. As amostras foram digeridas em réplicas, 10 ml foram acondicionados em tubos de ensaio, acrescentados 0,5ml de HNO₃ PA Merck, e digeridos à temperatura de 105°C, até redução do volume a cerca de 2 ml. O material foi então filtrado em filtros Whatman 41, 125 mm e armazenados a 4°C até o momento da leitura (APHA, 1998).

Os limites de detecção para os metais analisados, nitrogênio total e fósforo total estão discriminados em tabela (Tab. 2).

Tab. 2 Limites de detecção para as variáveis: nitrogênio total (NT), fósforo total (PT), zinco total (Zn), cádmio total (Cd) e níquel total (Ni).

Variável	Limite de detecção
NT	8 µg/L
PT	10 µg/L
Ni	0,0004 mg/L
Pb	0,1218 mg/L
Cd	0,0001 mg/L
Zn	0,02 mg/L

O índice de estado trófico (IET) empregado foi o de Carlson modificado por Lamparelli (2004). O IET foi calculado, com base na medida do disco de Secchi (DS) e das concentrações de clorofila 'a' (Cla) e de fósforo total (PT), de acordo com as equações:

$$\text{IET (DS)} = 10 (6 - (\ln \text{DS})/\ln 2)$$

$$\text{IET (Cl)} = 10 (6 - ((0,92 - 0,34 \cdot (\ln \text{Cl}))/\ln 2))$$

$$\text{IET (PT)} = 10 \cdot (6 - (-1,77 - 0,42 \cdot (\ln \text{PT})/\ln 2))$$

$$\text{IET} = \frac{\text{IET DS} + 2 \cdot ((\text{IET PT}) + (\text{IET Cla}))}{5}$$

3.3 Tratamento dos dados

Os dados foram analisados por meio do programa computacional MVSP, pela técnica de análise estatística multivariada ACP (Análise de Componentes Principais) com base numa matriz de correlações (LEGENDRE & LEGENDRE, 1998). A análise foi feita em modo R, a partir de uma matriz escalar. A matriz de correlações elimina o efeito das

diferentes unidades de mensuração assim não houve a necessidade da padronização da matriz escalar.

Foi realizada também análise de correlação de Sperman e o cálculo do coeficiente de variância espacial e temporal. O coeficiente de variação permite comparar o grau de variabilidade dos dados e identificar em qual das escalas a variabilidade ambiental é maior (AYRES, *et al.* 2000). Foram considerados, segundo Pimentel-Gomes (2000), coeficientes baixos, quando inferiores a 10%, médios, entre 10 e 20%, altos, entre 20 e 30% e muito altos quando superiores a 30%.

O coeficiente de variação é a razão entre o desvio padrão e a média, e é expresso em porcentagem de acordo com a equação:

$$Cv = \frac{S}{X} \times 100$$

Onde:

CV=coeficiente de variação

S=desvio padrão

X=Média

4. RESULTADOS

4.1 Análises de Componentes Principais

Na primeira campanha, os pontos 1 e 2 foram retirados da análise de componentes principais (ACP). Estes pontos, localizados próximo à entrada das águas do córrego de Parelheiros, apresentaram características que os diferenciavam do restante do arranjo. Com as maiores concentrações de sólidos totais, nitrogênio total, fósforo total, maiores valores para a condutividade elétrica e IET e menores valores para disco de Secchi (Fig. 5a, Anexo 1), observados ao longo do reservatório Guarapiranga. O ponto 5 foi retirado em seguida, uma vez que passou a apresentar-se como um outlier na ACP (Fig. 5 b), com as maiores concentrações de MSI, zinco total e nitrogênio total, este ponto, fica numa região mais isolada da influência do corpo central da represa (Fig 3), no braço da Guarapiranga sob

maior influência das águas do Rio Embu-Guaçu. A retirada destes pontos permitiu a melhor visualização e compreensão do arranjo da ACP.

Também a variável temperatura foi retirada do arranjo, pois em parte ela reflete o aumento da temperatura no decorrer da amostragem uma vez que as coletas foram iniciadas no período da manhã, prolongando-se até o início da tarde. O padrão de distribuição da temperatura pode ser visto na Fig. 6.

Com a retirada dos pontos 1, 2 e 5 na ACP, baseada numa matriz de correlações, o eixo 1 explicou 28,51 % do arranjo e em conjunto com o eixo 2, 44,68 %, completando 57,66% a partir do eixo 3, (Tab. 3). No eixo 1 as variáveis que mais influenciaram o arranjo foram clorofila 'a', pH e zinco total. No eixo 2 foram profundidade, nitrogênio total e disco de Secchi (Tab. 4).

Foi possível observar o agrupamento (G1.1) dos pontos 3 a 10, exceto ponto 8, e pontos 18 e 19, os quais foram correlacionados negativamente em relação ao eixo 1, e positivamente em relação ao eixo 2 (Fig. 7 a). A variável MSI, a qual apresentou correlação negativa em relação ao eixo 1 e positiva em relação ao eixo 2, influenciou a formação deste agrupamento. Como observado na análise gráfica (Fig 8), as contribuições mais significativas do material em suspensão inorgânico foram encontradas nestes pontos amostrados, ou seja, nas regiões mais a montante do reservatório. Neste agrupamento também foram encontrados os maiores valores para a condutividade elétrica.

Outro agrupamento (G1.2) englobou os pontos 8, 11 a 13, 15 a 17 e 24 e foi correlacionado negativamente em relação aos eixos 1 e 2. A formação deste agrupamento esteve relacionada à variável feoftina, também correlacionada negativamente em relação aos eixos 1 e 2 (Fig. 7 a).

Dois outros agrupamentos foram observados, com posicionamento influenciado principalmente pelas concentrações de clorofila 'a' e pH. Um agrupamento foi constituído pelos pontos 14, 20 a 23, 25, 26 (G1.3), com posicionamento positivo em relação ao eixo 1 e negativo em relação ao eixo 2, assim como as variáveis profundidade do reservatório e disco de Secchi (Fig. 7 a).

a)

b)

Fig. 5 Ordenação com base na análise de Componentes Principais (ACP) de Correlação, de variáveis limnológicas das águas superficiais de 32 pontos de coleta no reservatório Guapiranga, em 01 de setembro de 2006. a) análise de todos os pontos. b) retirada dos pontos 1 e 2. Os scores resultantes foram relacionados com as variáveis pH, condutividade elétrica (CE), disco de Secchi (DS), sólidos totais (ST), material particulado em suspensão total (MST), material particulado em suspensão inorgânico (MSI), clorofila 'a' (Cla) e feofitina (Feo), nitrogênio total (NT); fósforo total (PT), zinco total (Zn) e cádmio total (Cd).

Fig. 6 Temperatura (°C) ao longo do reservatório Guarapiranga. Distribuição dos pontos com base no arranjo de ACP. Campanha efetuada em 01 de setembro de 2006.

Tab. 3 Contribuição de cada eixo na explicação do arranjo formado na análise de Componentes Principais (ACP) com base numa matriz de correlações, de variáveis limnológicas das águas sub-superficiais de 33 pontos de coleta no reservatório Guarapiranga, em amostragem efetuada em 01 de setembro de 2006 (Campanha 1).

Campanha 1					
	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3	Eixo 4	Eixo 5
Autovalores	3.71	2.10	1.69	1.40	1.06
Porcentagem	28.51	16.17	12.98	10.79	8.17
Porcentagem acumulada	28.51	44.68	57.66	68.44	76.62

O último agrupamento observado foi formado pelos pontos 27, 28, 29, 31 e 32 (G1.4). As variáveis cádmio e zinco totais, sólidos totais, MST e nitrogênio total, todas correlacionadas positivamente em relação aos eixos 1 e 2, influenciaram a formação deste arranjo (Fig. 7 a).

O arranjo permite também evidenciar que as concentrações de clorofila 'a' e pH estiveram correlacionadas entre si. Assim como as concentrações dos metais cádmio e zinco totais, sólidos totais e zinco total, sólidos totais e cádmio total e condutividade elétrica e MSI.

As variáveis, clorofila 'a', pH, profundidade do reservatório e disco de Secchi contribuíram na formação dos dois últimos agrupamentos. Através da análise gráfica foi possível verificar tendência do aumento destas variáveis no sentido montante-jusante (Figs. 9 a 12).

Na segunda amostragem, através da ACP, também foi possível evidenciar a formação de grupos no reservatório Guarapiranga. Mas assim como na primeira amostragem alguns pontos foram retirados do arranjo. Os pontos 1 e 2 localizados próximo à entrada do córrego de Parelheiros e os pontos 5 e 6 localizados na região do braço sob maior influência das águas do Rio Embu-Guaçu (Fig. 3).

Os pontos 1 e 2 apresentaram as maiores concentrações de clorofila 'a', fósforo total, nitrogênio total, maiores valores para condutividade elétrica e menores valores o disco de Secchi (Fig 13a, Anexo 2). Os pontos 5 e 6 apresentaram os maiores valores para MSI (Fig. 13b) e menores valores para condutividade elétrica, sólidos totais, fósforo total, nitrogênio total, MST (Anexo 2).

Tab. 4 Correlação das variáveis: profundidade do reservatório (P); medida de profundidade do disco de Secchi (DS); potencial hidrogeniônico (pH); condutividade elétrica (CE); sólidos totais (ST); material em suspensão total (MST); material em suspensão inorgânico (MSI); nitrogênio total (NT); fósforo total (PT); clorofila 'a' (Cla); feoftina (Feo); zinco total (Zn); cádmio total (Cd); com os componentes principais 1 e 2, de uma ACP com base numa matriz de correlações. Campanha efetuada em 32 estações distribuídas ao longo do reservatório Guarapiranga em 01 de setembro de 2006 (Campanha 1).

Autovalores- Campanha 1		
Variáveis	Eixo 1	Eixo 2
P	0.180	-0.538
DS	0.321	-0.342
pH	0.448	-0.015
CE	-0.175	0.189
ST	0.205	0.186
MST	0.186	0.281
MSI	-0.291	0.334
NT	0.114	0.408
PT	-0.042	-0.044
Cla	0.450	0.003
Feo	-0.256	-0.197
Zn	0.337	0.299
Cd	0.275	0.189

a) b)

Fig. 7 a) Ordenação com base na análise de Componentes Principais (PCA) de Correlação, de uma matriz escalar, de variáveis limnológicas das águas superficiais de 33 pontos de amostragem no reservatório Guarapiranga. Os pontos 1, 2, 5 foram retirados do arranjo. Os scores resultantes foram relacionados com as variáveis profundidade do reservatório (P), pH, condutividade elétrica (CE), oxigênio dissolvido, disco de Secchi (DS), sólidos totais (ST), material particulado em suspensão orgânico (MSO), clorofila 'a' (Cla) e feofitina (Feo), nitrogênio (NT) e fósforo totais (PT), zinco total (Zn), cádmio (Cd). b) Distribuição dos pontos de amostragem no reservatório Gurapiranga. Campanha efetuada em 01 de setembro de 2006.

Fig. 8 Distribuição de MSI (mg/L) ao longo do reservatório Guarapiranga. Distribuição dos pontos com base no arranjo de ACP. Campanha efetuada em 01 de setembro de 2006.

Fig. 9 Distribuição de Clorofila 'a' (µg/L) ao longo do reservatório Guarapiranga. Distribuição dos pontos com base no arranjo de ACP. Campanha efetuada em 01 de setembro de 2006.

Fig. 10 Distribuição do pH ao longo do reservatório Guarapiranga. Distribuição dos pontos com base no arranjo de ACP. Campanha efetuada em 01 de setembro de 2006.

Fig. 11 Profundidade do reservatório (m) ao longo do reservatório Guarapiranga. Distribuição dos pontos com base no arranjo de ACP. Campanha efetuada em 01 de setembro de 2006.

Fig. 12 Profundidade do disco de Secchi (m) ao longo do reservatório Guarapiranga. Distribuição dos pontos com base no arranjo de ACP. Campanha efetuada em 01 de setembro de 2006.

Na ACP da segunda campanha, o eixo 1 explicou 25,00% do arranjo e em conjunto com o eixo 2, 40,65% (Tab.5), a maior parte do arranjo foi explicada a partir do terceiro eixo 54,26%. As variáveis que mais influenciaram a estrutura da ACP no eixo 1 foram: MSI- como na primeira campanha, nitrogênio total e oxigênio dissolvido. No eixo 2, as concentrações de níquel, sólidos totais e MST (Tab 6).

Tab. 5 Contribuição de cada eixo na explicação do arranjo formado na análise de Componentes Principais (ACP) com base numa matriz de correlações, de variáveis limnológicas das águas sub-superficiais de 33 pontos de coleta no reservatório Guarapiranga, em amostragem efetuada em 10 de abril de 2007 (Campanha 2).

Campanha 2					
	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3	Eixo 4	Eixo 5
Autovalores	3.75	2.35	2.04	1.65	1.02
Porcentagem	25.00	15.65	13.62	11.03	6.76
Porcentagem acumulada	25.00	40.65	54.26	65.29	72.06

a)

b)

Fig. 13 Ordenação com base na análise de Componentes Principais (PCA) de Correlação, de uma matriz escalar, de variáveis limnológicas das águas superficiais de 33 estações de coleta no reservatório Guapiranga, em 10 de abril de 2007. a) análise de todos os pontos. b) retirados os pontos 1 e 2 da análise. Os scores resultantes foram relacionados com as variáveis profundidade do reservatório (P), pH, condutividade elétrica (CE), oxigênio dissolvido, disco de Secchi (DS), sólidos totais (ST), material particulado em suspensão orgânico (MSO), clorofila 'a' (Cla) e feofitina (Feo), nitrogênio (NT) e fósforo totais (PT), zinco total (Zn), cádmio (Cd) total e níquel total (Ni).

Tab. 6 Correlação das variáveis: profundidade do reservatório (P); medida de profundidade do disco de Secchi (DS); potencial hidrogeniônico (pH); condutividade elétrica (CE); sólidos totais (ST); material em suspensão total (MST); material em suspensão inorgânico (MSI); nitrogênio total (NT); fósforo total (PT); clorofila 'a' (Cla); feofitina (Feo); zinco total (Zn); cádmio total (Cd); níquel total (Ni) e oxigênio dissolvido (OD), com os componentes principais 1 e 2, de ACP com base numa matriz de correlações. Campanha efetuada em 33 estações distribuídas ao longo do reservatório Guarapiranga em 10 de abril de 2007.

Autovalores- Campanha 2		
Variáveis	Eixo 1	Eixo 2
P	0.190	0.114
DS	0.218	-0.028
pH	0.148	-0.348
CE	0.314	0.194
ST	-0.074	0.394
MST	0.151	0.378
MSI	-0.441	-0.041
NT	0.351	-0.216
PT	0.284	0.188
Cla	-0.190	-0.135
Feo	0.224	0.105
Zn	-0.323	0.274
Cd	0.264	0.241
Ni	-0.054	0.514
OD	0.326	-0.137

Foi possível observar agrupamento dos pontos 3, 4 e 7 a 20, exceto pontos 14 e 16 (G2.1), este grupo se correlacionou negativamente em relação ao eixo 1 (Fig. 14 a). O MSI influenciou fortemente este arranjo, principalmente a localização dos pontos 3 e 4, ou seja as contribuições mais significativas para esta variável ocorreram nessa região (Fig. 14 a). Os pontos 4, 7, 9, 15 e 17 foram negativamente correlacionados ao eixo 2, e os pontos 3, 10, 11, 12, 13, 19 e 20 correlacionados positivamente em relação a este eixo.

a)

b)

Fig. 14 a) Ordenação com base na análise de Componentes Principais (PCA) de Correlação, de uma matriz escalar, de variáveis limnológicas das águas superficiais de 33 pontos de amostragem no reservatório Guarapiranga. Os pontos 1, 2, 5 e 6, foram retirados do arranjo. Os scores resultantes foram relacionados com as variáveis profundidade do reservatório (P), pH, condutividade elétrica (CE), oxigênio dissolvido, disco de Secchi (DS), sólidos totais (ST), material particulado em suspensão orgânico (MSO), clorofila 'a' (Cla) e feofitina (Feo), nitrogênio (NT) e fósforo totais (PT), zinco total (Zn), cádmio (Cd) total e níquel total (Ni). b) Distribuição dos pontos de amostragem no reservatório Gurapiranga. Campanha efetuada em 10 de abril de 2007.

Fig. 15 Distribuição de MSI (mg/L) ao longo do reservatório Guarapiranga. Distribuição dos pontos com base no arranjo de ACP. Campanha efetuada em 10 de abril de 2007.

Outro agrupamento (G2.2) foi formado pelos demais pontos todos eles correlacionados positivamente ao eixo 1. Entre eles, os pontos: 14, 16, 23, 25, 26 e 27, e as variáveis: MST, cádmio total, fósforo total, condutividade elétrica, profundidade do reservatório e feoftina, foram correlacionados positivamente em relação ao eixo 2. Foram relacionadas negativamente em relação ao eixo 2 os pontos: 21, 22, 24, 28, 29, 30, 31 e 33 e as variáveis: disco de Secchi, oxigênio dissolvido, nitrogênio total e pH (Fig. 14 a).

O ponto 23 permaneceu mais isolado neste grupo estando ele localizado mais próximo à margem esquerda do reservatório.

Embora tenha sido possível observar a presença de compartimentos no reservatório Guarapiranga em ambas as amostragens, houve diferenças nas variáveis que influenciaram o arranjo. As concentrações de clorofila 'a', por exemplo, apresentaram padrões diferentes de distribuição (Figs 9 e 16) em ambas as campanhas. Na primeira amostragem influenciou o arranjo dos pontos localizados mais à jusante do reservatório e na segunda amostragem influenciou o arranjo dos pontos localizados mais à montante.

Entretanto, assim como na primeira campanha as variáveis profundidade do reservatório, disco de Secchi, pH, MST, nitrogênio total e cádmio total, embora com

contribuições diferentes em ambas as campanhas, influenciaram o arranjo dos agrupamentos localizado mais à jusante do reservatório.

Fig. 16 Distribuição de Clorofila 'a' (µg/L) ao longo do reservatório Guarapiranga. Distribuição dos pontos com base no arranjo de ACP. Campanha efetuada em 10 de abril de 2007.

4.2 Média, desvio padrão e amplitude de variação nos agrupamentos obtidos por meio de ACP

Foram analisados a média, o desvio padrão e a amplitude de variação, nos agrupamentos obtidos por meio da ACP, em ambas as campanhas, para as variáveis profundidade do reservatório, disco de Secchi, temperatura, pH, condutividade elétrica, sólidos totais, MST, MSO e MSI, clorofila 'a', feoftina, nitrogênio total, fósforo total, zinco, cádmio e níquel totais e IET (Tabs. 7 e 8).

Na primeira campanha foi possível observar a formação de quatro grupos (G1.1; G1.2; G1.3 e G1.4 sentido rio-barragem) ao longo do reservatório Guarapiranga (Fig.17). Os valores médios, obtidos em cada agrupamento, indicaram aumento no sentido montante-jusante (Tab. 7) para as variáveis: temperatura, pH, sólidos totais, MST e clorofila 'a' e diminuição para as variáveis: condutividade elétrica, MSI e IET.

As concentrações dos metais totais zinco e cádmio, foram mais elevadas no agrupamento G1.4. As variáveis profundidade do reservatório, disco de Secchi, MSO, e fósforo total apresentaram aumento nos valores médios no sentido montante-jusante (G1.1, G1.2, G1.3) apresentando uma redução no agrupamento G1.4, localizado próximo à barragem.

As concentrações de nitrogênio total apresentaram os menores valores médios no agrupamento G1.2 e aumento nos agrupamento seguintes (Tab. 7). As concentrações de feoftina apresentaram os maiores valores médios no agrupamento G1.2. Os valores para a condutividade elétrica não variaram muito ao longo da represa Guarapiranga, o que foi verificado pelos baixos valores para o desvio padrão (7,1; 1,6 e 1,2 e 0,9 $\mu\text{S/cm}$ - sentido montante-jusante, grupos G1.1; G1.2; G1.3; G1.4 respectivamente) (Tab. 7).

Na segunda campanha foi possível distinguir a formação de dois agrupamentos (G2.1 e G2.2, sentido rio-barragem) (Fig. 18), apresentando, como na primeira amostragem aumento, no sentido montante-jusante para os valores médios de temperatura, pH, sólidos totais, MST e diminuição em direção à barragem para MSI (Tab. 8).

Para a temperatura, embora o padrão de aumento no sentido montante-jusante tenha ocorrido em ambas as campanhas, na segunda amostragem os valores médios foram mais elevados (campanha 1: $18,7 \pm 0,4$; $19,1 \pm 0,3$; $19,3 \pm 0,2$; $18,9 \pm 0,3^\circ\text{C}$ – G1.1, G1.2, G1.3 e G1.4 respectivamente- e campanha 2: $24,2 \pm 0,2$; $24,8 \pm 0,3$ - G2.1, G2.2) (Tab. 8).

O pH, na segunda campanha apresentou valores mais ácidos quando comparado à primeira amostragem (campanha 1: $7,5 \pm 0,1$; $7,6 \pm 0,2$; $8,0 \pm 0,3$; $8,2 \pm 0,3$ – G1.1, G1.2, G1.3 e G1.4 respectivamente- e campanha 2: $6,5 \pm 0,1$; $6,6 \pm 0,2$ - G2.1, G2.2, respectivamente) (Tab. 8).

As concentrações de oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, nitrogênio total, fósforo total e feoftina apresentaram valores médios maiores no agrupamento localizado mais próximo à barragem (G2.2). Enquanto os valores médios para clorofila 'a' e IET foram maiores no agrupamento à montante (G2.1) (Tab. 8).

Os valores médios mais elevados para a condutividade elétrica foram encontrados na primeira campanha (Tabs. 7 e 8) (campanha 1: $130,1 \pm 7,1$; $129,3 \pm 1,6$; $127,4 \pm 1,2$; $127,2 \pm 0,9 \mu\text{S/cm}$ – G1.1, G1.2, G1.3 e G1.4 respectivamente- e campanha 2: $108,1 \pm 2,8$; $110,7 \pm 2,0 \mu\text{S/cm}$ - G2.1, G2.2, respectivamente).

Fig. 17 Agrupamentos obtidos (G1.1, G1.2, G1.3 e G1.4), por meio de ACP, em campanha efetuada ao longo do reservatório Guarapiranga em 01 de setembro de 2006.

Fig. 18 Agrupamentos obtidos (G2.1 e G2.2), por meio de ACP, em campanha efetuada ao longo do reservatório Guarapiranga em 10 de abril de 2007.

Tab. 7 Média (M), desvio padrão (D) e valores máximo (Max) e mínimo (Min) detectado (AV), para as variáveis profundidade do reservatório (P), disco de Secchi (DS), oxigênio dissolvido (OD), temperatura (T), pH, condutividade elétrica (CE), sólidos totais (ST), material particulado em suspensão total (MST), material particulado em suspensão orgânico (MSO), material particulado em suspensão (MSI), fósforo total (PT), nitrogênio (NT), clorofila 'a' (Cla), feofitina (Feo), zinco total (Zn) e cádmio total (Cd), e índice de estado trófico (IET). A formação dos grupos dentro do reservatório ocorreu com base na ACP. Dados obtidos em campanha efetuadas no reservatório Guarapiranga em 01 de setembro de 2006 (Campanha 1).

	P (m)	DS (m)	T (°C)	pH	CE (µs/cm)	ST (mg/l)	MST (mg/l)	MSO (mg/l)	MSI (mg/l)	MSO (%)	MSI (%)	NT (µg /l)	PT (µg /l)	Cla (µg /l)	Feo (µg/l)	Zn (mg/l)	Cd (mg/l)	IET
G1.1																		
M ±	4,1 ±	1,2 ±	18,7 ±	7,5 ±	130,2 ±	85,1 ±	4,8 ±	3,5 ±	1,8 ±	71,2 ±	28,8 ±	453,8 ±	24,2 ±	5,2±	24,7±	0,02±	0,0003±	55±
D	1,8	0,2	0,5	0,1	7,6	3,1	1,0	1,2	1,0	16,7	16,7	124,5	9,5	8,2	9,6	0,02	0,0006	6
AVMin	2,4	0,9	18,0	7,4	122,8	82,5	2,9	1,7	0,4	94,3	5,7	313,7	10,7	0,7	9,1	0,02	0,0007	45
Max	6,9	1,3	19,3	7,8	147,6	92,5	5,8	5,5	3,2	54,3	45,7	723,7	42,9	23,3	37,3	0,04	0,0016	59
G1.2																		
M ±	6,8 ±	1,4 ±	19,1 ±	7,6±	129,3 ±	81,6 ±	3,8 ±	3,5±	0,3±	94,3±	5,7±	363,7±	24,2±	2,5±	41,5±	0,01±	0,00003±	56±
D	1,7	0,1	0,3	0,2	1,6	2,5	1,1	1,0	0,4	6,5	6,5	92,9	4,2	4,9	14,0	0,02	0,00007	3
AVMin	4,5	1,2	18,6	7,4	126,8	79,0	1,5	1,5	0,0	80,8	0,0	237,9	16,6	0,7	23,1	0,02	0,00020	48
Max	9,6	1,5	19,4	8,0	132,0	86,5	5,5	5,0	1,0	100,0	19,2	547,2	29,9	14,6	63,6	0,04	0,00020	58
G1.3																		
M ±	8,9±	1,5±	19,3±	8,0±	127,4±	87,4±	4,8±	4,6±	0,1±	97,6±	2,4±	384,4±	26,3±	26,9±	18,3±	0,03±	0,0003±	46±
D	0,7	0,1	0,2	0,3	1,2	15,1	0,7	0,6	0,2	2,8	2,8	134,1	3,6	11,4	8,7	0,03	0,0005	2
AVMin	7,5	1,3	19,0	7,6	125,2	76,0	3,7	3,7	0,0	93,5	0,0	230,7	23,1	7,3	10,8	0,04	0,0004	44
Max	10,0	1,6	19,8	8,5	128,6	123,5	5,8	5,7	0,4	100,0	6,5	537,5	33,4	40,3	36,8	0,08	0,0015	50
G1.4																		
M ±	4,8 ±	1,4 ±	18,9 ±	8,2 ±	127,2 ±	89,2 ±	5,1 ±	4,9 ±	0,3 ±	94,6 ±	5,4 ±	589,6 ±	20,8 ±	29,6±	17,6±	0,11±	0,0007±	45±
D	1,6	0,1	0,3	0,3	0,9	7,3	0,6	0,7	0,3	4,8	4,8	54,7	5,0	8,9	10,4	0,06	0,0006	1
AVMin	2,0	1,3	18,4	8,0	126,0	82,5	4,2	3,7	0,0	88,0	0,0	532,4	12,7	14,2	10,3	0,04	0,0003	44
Max	5,8	1,5	19,1	8,7	128,1	101,5	5,8	5,3	0,6	100,0	12,0	658,9	24,7	37,1	35,6	0,19	0,0013	46

Tab. 8 Média (M), desvio padrão (D) e valores máximo (Max) e mínimo (Min) detectado (AV), para as variáveis profundidade do reservatório (P), disco de Secchi (DS), oxigênio dissolvido (OD), temperatura (T), pH, condutividade elétrica (CE), sólidos totais (ST), material particulado em suspensão total (MST), material particulado em suspensão orgânico (MSO), material particulado em suspensão (MSI), fósforo total (PT), nitrogênio (NT), clorofila 'a' (Cla), feofitina (Feo), zinco total (Zn) e cádmio total (Cd), níquel total (Ni) e índice de estado trófico (IET). A formação dos grupos dentro do reservatório ocorreu com base na ACP. Dados obtidos em campanha efetuada no reservatório Guarapiranga em 10 de abril de 2007 (Campanha 2).

	P(m)	DS (m)	OD (mg/L)	T (°C)	pH	CE (μS/cm)	ST (mg/L)	MST (mg/L)	MSO (mg/L)	MSI (mg/L)	MSO %	MSI %	NT (μg/L)	PT (μg/L)	Cla (μg/L)	Feo (μg/L)	Zn (mg/L)	Cd (mg/L)	Ni (mg/L)	IET	
G2.1																					
M ±	6,4 ±	1,4 ±	5,5 ±	24,2 ±	6,5 ±	108,1 ±	78,6 ±	4,7 ±	4,0 ±	0,8 ±	82,7 ±	17,3 ±	535,5 ±	25,9 ±	12,9±	14,4 ±	0,03 ±	0,003 ±	0,001±	49 ±	
D	2,2	0,1	0,6	0,2	0,1	2,8	6,1	1,7	1,8	0,5	10,9	10,9	126,8	3,4	5,4	6,8	0,03	0,001	0,002	3	
AV	Min	2,3	1,2	4,7	23,8	6,3	103,9	68,0	3,0	2,7	0,2	63,0	3,8	206,8	18,6	0,7	5,2	0,02	0,002	0,003	46
	Max	8,9	1,5	6,8	24,5	6,6	111,2	86,0	8,8	8,5	1,7	96,2	37,0	714,4	32,6	18,8	22,9	0,10	0,006	0,005	58
G2.2																					
M ±	8,4 ±	1,4±	6,4 ±	24,8±	6,6±	110,7±	76,4±	6,6±	6,3±	0,3±	95,8±	4,2±	640,6±	28,1±	10,9±	21,6±	0,01±	0,005±	0,001±	51±	
D	2,7	0,1	0,8	0,3	0,2	2,0	8,5	3,3	3,2	0,3	4,3	4,3	86,2	2,1	8,8	10,0	0,02	0,001	0,002	5	
AV	Min	3,5	1,3	5,1	24,4	6,3	103,9	63,5	2,3	2,3	0,0	88,5	0,0	479,0	25,7	0,7	7,4	0,04	0,003	0,008	47
	Max	11,7	1,6	7,6	25,2	6,9	113,5	88,5	12,7	11,8	0,8	100,0	11,5	866,0	35,4	24,3	41,4	0,09	0,007	0,003	58

Vale ressaltar também que para o nitrogênio total e fósforo total os valores médios foram maiores na segunda campanha do que na primeira campanha.

A profundidade do disco de Secchi apresentou valores médios semelhantes em ambos os agrupamentos analisados. Entretanto, por meio da análise gráfica (Fig. 19) sugere-se que tenha ocorrido aumento desta variável ao longo do reservatório.

Fig. 19 Profundidade do disco de Secchi (m) ao longo do reservatório Guarapiranga. Distribuição dos pontos com base no arranjo de ACP. Campanha efetuada em 10 de abril de 2007.

Em relação aos metais, as concentrações de chumbo total, estiveram abaixo do limite de detecção do método, 0,1218 mg/L, em todos os pontos amostrados nos dois períodos analisados. As concentrações de níquel total (0,0004 mg/L) não foram detectadas apenas na primeira amostragem. Na segunda campanha, este elemento foi detectado em alguns pontos, embora os valores médios tenham sido mais elevados no agrupamento à jusante ($0,0011 \pm 0,0015$ mg/L) do reservatório, não foi detectado um padrão nítido de distribuição para o níquel ao longo do reservatório Guarapiranga.

Para as concentrações de zinco total os maiores valores médios foram observados nos agrupamentos G1.1 e G1.4- primeira campanha (Tab. 7) e em G2.2- segunda amostragem (Tab.8).

Para o cádmio total as concentrações foram inferiores ao limite de detecção do método (0,0001 mg/L) na maioria dos pontos analisados na primeira amostragem. Na

segunda amostragem, entretanto, o cádmio foi detectado em todos os pontos analisados. Os valores médios foram maiores nos agrupamentos analisados localizados nas proximidades da barragem, em ambas as amostragens (Tabs. 7 e 8).

4.3 Coeficiente de variação

Os coeficientes de variação espacial e temporal indicaram que durante as duas campanhas efetuadas a variação espacial foi maior do que a temporal (Tab. 9).

Em relação à variação espacial, foi observado que a variação nos agrupamentos, obtidos por meio da ACP, tende a oscilar entre média e baixa para as variáveis disco de Secchi, temperatura, pH, condutividade elétrica, sólidos totais e IET, em ambas as campanhas e o mesmo para o oxigênio dissolvido na segunda campanha (Tab. 9).

A profundidade do reservatório apresentou valores altos e muitos altos nas duas amostragens, exceto no agrupamento G1.3. Para MST os valores foram considerados muitos altos na segunda campanha, altos apenas nos agrupamento G1.1 e G1.2 na primeira amostragem e média em G1.3 e G1.4. Em ambas as amostragens a variação foi maior para MSI do que para MSO (Tab. 9).

Para os nutrientes, os valores do coeficiente de variação foram considerados muitos altos, apenas na primeira amostragem, em G1.3 para o fósforo total e em G1.1 para o nitrogênio total. Para as variáveis clorofila 'a', feoftina e os metais zinco total, cádmio total e níquel total, os coeficientes de variação foram muitos altos, em todos agrupamentos analisados em ambas as campanhas, exceto para o cádmio na segunda campanha em G2.2, cujo coeficiente de variação foi classificado como alto.

Em relação à variação temporal os coeficientes foram considerados baixos para o disco de Secchi, sólidos totais, fósforo total, e IET. Médios para a profundidade do reservatório, temperatura, pH, condutividade elétrica, MST e MSO. Altos para MSI, nitrogênio total, clorofila 'a' e feoftina e muito altos para os metais zinco e cádmio total.

Tab. 9 Porcentagem do coeficiente de variação espacial e temporal para as variáveis profundidade do reservatório (P), disco de Secchi (DS), oxigênio dissolvido (OD), temperatura (T), pH, condutividade elétrica (CE), sólidos totais (ST), material particulado em suspensão total (MST), material particulado em suspensão orgânico (MSO), material particulado em suspensão (MSI), fósforo total (PT), nitrogênio (NT), clorofila 'a' (Cla), feoftina (Feo), zinco total (Zn) e cádmio total (Cd), níquel total (Ni) e índice de estado trófico (IET). A formação dos grupos dentro do reservatório ocorreu com base na ACP. Dados obtidos em campanhas efetuadas no reservatório Guarapiranga em 01 de setembro de 2006 (Campanha 1) e 10 de abril de 2007 (Campanha 2). Os valores em negrito e itálico indicam os valores considerados muito altos segundo descrição de Pimentel-Gomes (2000).

	P	DS	OD	T	pH	CE	ST	MST	MSO	MSI	PT	NT	Cla	Feo	Zn	Cd	Ni	IET
Coeficiente de variação espacial - Campanha 1																		
G1.1	43,6	13,3	†	2,4	2,0	5,8	3,7	20,5	36,1	57,5	39,3	27,4	159,6	38,9	111,2	203,2	*	10
G1.2	24,6	6	†	1,6	2,1	1,2	3,0	30,2	27,9	118,2	17,5	25,5	196,3	33,8	143,0	282,8	*	6
G1.3	8,2	7,2	†	1,2	3,4	1,0	17,3	15,3	13,8	118,2	34,9	13,6	42,5	47,6	115,5	200,3	*	4
G1.4	33,4	9,0	†	1,7	3,7	0,7	8,1	12,2	14,2	83,9	24,2	9,3	30,1	58,7	55,1	84,6	*	2
Total	38,6	12,1	†	4,1	3,2	10,2	22,2	16,4	27,9	118,2	25,2	30,5	104,7	54,3	137,0	181,6	*	12
Coeficiente de variação espacial - Campanha 2																		
G2.1	35,1	6,8	10,7	1,0	2,0	2,6	7,8	36,9	44,7	61,5	13,3	23,7	41,8	47,4	93,4	42,6	188,6	6
G2.2	32,0	6,5	13,0	1,1	3,3	1,8	11,1	49,7	49,7	101,0	13,5	7,6	80,4	46,4	303,9	21,9	164,5	10
Total	35,1	6,6	14,3	1,6	3,1	2,4	9,8	49,2	54,0	91,2	19,3	10,7	92,0	50,6	160,1	32,6	170,9	9
Coeficiente de variação temporal																		
Total T	13,0	1,7	†	18,1	12,3	11,3	7,1	17,5	19,8	21,8	8,2	22,5	21,6	24,3	42,4	124,5	†	1

† dados não obtidos; *valores não detectados pelo método

4.4 Análise de correlação de Sperman

As matrizes de correlação de Sperman entre as variáveis analisadas, para as duas campanhas estão apresentadas em tabela (Tabs. 10 e 11).

A profundidade do reservatório e do desaparecimento do disco de Secchi apresentaram coeficiente de correlação positivo tanto na primeira ($r = 0,65$; $p < 0,05$) quanto na segunda amostragem ($r = 0,48$; $p < 0,05$). A medida do disco de Secchi apresentou correlação negativa com a concentração de sólidos totais ($r = -0,34$ $p < 0,05$) na segunda campanha.

O oxigênio dissolvido apresentou correlação significativa com a temperatura ($r = 0,75$; $p < 0,05$) e com MSO ($r = 0,54$; $p < 0,05$). Na primeira amostragem o pH apresentou correlação significativa com a clorofila 'a' ($r = 0,67$; $p < 0,05$).

A condutividade elétrica apresentou correlação significativa com MSO ($r = 0,34$; $p < 0,05$), MSI ($r = -0,49$; $p < 0,05$), nitrogênio total ($r = 0,39$; $p < 0,05$), fósforo total ($r = 0,40$; $p < 0,05$) na segunda amostragem.

As variáveis: sólidos totais e MST estiveram significativamente correlacionadas em ambas as amostragens ($r = 0,45$; $p < 0,05$) assim como clorofila 'a' e feoftina ($r = -0,71$; $p < 0,05$ - primeira campanha e $r = -0,38$; $p < 0,05$ - segunda campanha).

Na segunda campanha os metais apresentaram correlação significativa com MST (MST e níquel $r = 0,42$; $p < 0,05$), MSO (MSO e cádmio $r = 0,60$; $p < 0,05$) e MSI (MSI e cádmio $r = -0,43$; $p < 0,05$ e MSI e zinco $r = 0,48$; $p < 0,05$).

As concentrações de MSO apresentaram correlação significativa com nitrogênio total ($r = 0,40$; $p < 0,05$) e fósforo total ($r = 0,34$; $p < 0,05$) na segunda campanha.

Tab. 10 Matriz de correlações de Sperman entre as variáveis profundidade do reservatório (P), disco de Secchi (DS), temperatura (T), pH, condutividade elétrica (CE), sólidos totais (ST), material particulado em suspensão total (MST), material particulado em suspensão orgânico (MSO), material particulado em suspensão (MSI), nitrogênio (NT), fósforo total (PT), clorofila 'a' (Cla), feofitina (Feo), zinco total (Zn) e cádmio total (Cd). As correlações cujo $p < 0,05$ estão representadas em negrito. Dados obtidos em campanhas efetuadas no reservatório Guarapiranga em 01 de setembro de 2006 (Campanha 1).

	P	DS	T	pH	CE	ST	MST	MSO	MSI	PT	Cla	Feo	Zn	Cd
P	1.00													
DS	0.70	1.00												
T	0.55	0.50	1.00											
PH	0.43	0.60	0.50	1.00										
CE	-0.26	-0.13	-0.23	-0.43	1.00									
ST	-0.46	-0.24	-0.21	-0.08	0.13	1.00								
MST	-0.30	-0.22	0.01	0.22	-0.09	0.45	1.00							
MSO	0.01	0.20	0.39	0.59	-0.13	0.33	0.74	1.00						
MSI	-0.52	-0.58	-0.59	-0.49	0.14	0.22	0.28	-0.24	1.00					
PT	0.18	-0.06	-0.20	-0.19	0.24	0.23	0.11	0.06	0.09	1.00				
Cla	0.27	0.32	0.27	0.67	-0.47	0.19	0.26	0.58	-0.43	-0.11	1.00			
Feo	-0.13	-0.03	0.16	-0.14	0.49	-0.18	0.07	-0.08	0.11	0.08	-0.71	1.00		
Zn	0.01	0.40	-0.02	0.45	-0.37	0.02	0.05	0.22	-0.02	-0.36	0.32	-0.31	1.00	
Cd	0.03	0.21	0.01	0.27	-0.20	0.09	0.06	0.29	-0.26	-0.04	0.51	-0.47	0.24	1.00
IET	-0.38	-0.61	-0.53	-0.83	0.39	-0.05	-0.11	-0.54	0.60	0.32	-0.82	0.41	-0.44	-0.41

Tab. 11 Matriz de correlações de Sperman entre as variáveis profundidade do reservatório (P), disco de Secchi (DS), oxigênio dissolvido (OD), temperatura (T), pH, condutividade elétrica (CE), sólidos totais (ST), material particulado em suspensão total (MST), material particulado em suspensão orgânico (MSO), material particulado em suspensão (MSI), fósforo total (PT), nitrogênio (NT), clorofila 'a' (Cla), feoftina (Feo), zinco total (Zn) e cádmio total (Cd), níquel total (Ni). As correlações cujo $p < 0,05$ estão representadas em negrito. Dados obtidos em campanha efetuada no reservatório Guarapiranga em 10 de abril de 2007 (Campanha 2).

	P	DS	OD	T	pH	CE	ST	MST	MSO	MSI	NT	PT	Cla	Feo	Zn	Cd	Ni
P	1,00																
DS	0,48	1,00															
OD	0,21	0,22	1,00														
T	0,51	0,44	0,75	1,00													
PH	0,05	-0,10	0,43	0,30	1,00												
CE	0,02	-0,15	0,10	0,34	0,08	1,00											
ST	0,07	-0,34	0,04	0,09	0,09	0,11	1,00										
MST	0,17	-0,08	0,10	0,32	0,04	0,26	0,45	1,00									
MSO	0,34	0,28	0,54	0,73	0,38	0,34	0,12	0,25	1,00								
MSI	-0,16	-0,11	-0,37	-0,56	-0,20	-0,49	0,05	-0,08	-0,83	1,00							
NT	0,16	-0,14	0,20	0,31	0,35	0,39	0,05	0,02	0,40	-0,57	1,00						
PT	0,12	-0,16	0,12	0,24	0,19	0,40	0,32	0,25	0,34	-0,18	0,24	1,00					
Cla	-0,21	-0,28	-0,14	-0,26	0,27	0,06	-0,03	0,03	0,01	0,17	-0,05	0,28	1,00				
Feo	0,47	0,24	0,26	0,52	0,27	0,14	0,35	0,29	0,28	-0,11	0,26	0,29	-0,38	1,00			
Zn	-0,13	-0,04	-0,10	-0,25	-0,09	-0,31	0,31	-0,07	-0,29	0,48	-0,38	-0,31	0,18	-0,18	1,00		
Cd	0,26	0,02	0,38	0,44	0,24	0,34	0,23	0,28	0,60	-0,43	0,25	0,25	0,17	0,13	0,11	1,00	
Ni	0,27	0,17	-0,06	0,17	-0,09	0,11	0,20	0,42	0,04	0,14	-0,17	0,09	0,06	0,14	0,27	0,37	1,00

4.5 Índice de estado trófico (IET)

O IET modificado por Lamparelli (2004), na primeira campanha, foi considerado supereutrófico para os pontos 1 e 2 (61 e 64, respectivamente) (Anexo 1), mesotrófico para os pontos 3 a 13, 15, 16 e 24, oligotrófico para os pontos 14, 17 a 21, 23, 26, 28 e 30 e ultraoligotrófico os pontos 22, 25, 27, 29, 31 e 32 (Fig. 20). Foi possível observar nítido decaimento no valor do IET no sentido montante-jusante nesta amostragem.

Fig. 20 IET ao longo do reservatório Guarapiranga. Distribuição dos pontos com base no arranjo de ACP. Campanha efetuada em 01 de setembro de 2006.

Na segunda campanha, a grande maioria dos pontos foi classificada como oligotrófica, incluindo os pontos 1, 2, 5 e 6. Os pontos 4, 14, 18, 19, 24, 26, 27, 30, 32 e 33, foram classificados como ultraoligotróficos e os pontos, 25 e 31 mesotróficos (Fig 21).

Fig. 21 IET ao longo do reservatório Guarapiranga. Distribuição dos pontos com base no arranjo de ACP. Campanha efetuada em 10 de abril de 2007.

5 DISCUSSÃO

No presente estudo a existência de heterogeneidade espacial horizontal na massa de água superficial do reservatório Guarapiranga foi evidente em ambas as amostragens, com a formação de um gradiente ao longo do reservatório, possibilitando a identificação de diferentes compartimentos.

5.1 Compartimentos 1 e 2

Os pontos 1 e 2, localizados próximo à entrada do córrego de Parelheiros, sugerem que a região forma um compartimento na represa Guarapiranga (Fig.22). Estes pontos apresentaram características típicas das regiões de zona fluvial dos reservatórios. Com maiores quantidades de partículas em suspensão, as quais limitam a entrada de luz e

conseqüentemente limitam também a produtividade primária (KIMMEL *et al.* 1991; THORTON, 1991; SIPAÚBA-TAVARES *et al.*, 1995; HENRY, 2004).

Fig. 22 Compartimentos observados ao longo do reservatório Guarapiranga em campanhas efetuadas em 01 de setembro de 2006 e 10 de abril de 2007. C1-Compartimento 1, C2-Compartimento 2, C3- Compartimento 3, C4- Compartimento 4.

Este processo ficou evidente principalmente na primeira amostragem, onde foram observados baixos teores de clorofila 'a', menores valores para o disco de Secchi e maiores valores para sólidos totais e MST, principalmente no ponto 1.

Na segunda campanha, entretanto, apesar das maiores quantidades de partículas em suspensão e menor transparência, os teores de clorofila 'a', nos pontos 1 e 2, foram os mais altos verificados na Represa Guarapiranga.

Neste caso é provável que a luz não tenha atuado como fator limitante à produtividade primária, nem tampouco as concentrações de nutrientes, as quais foram bastante altas em relação às demais regiões do reservatório.

Mesmo que a luz seja fator limitante à produtividade primária na zona fluvial dos reservatórios, em geral as concentrações de nutrientes são altas e Kimmel *et al.* (1991) não descartam a possibilidade da ocorrência de altos valores de produtividade nesta região.

Quais fatores então teriam limitado a produtividade primária nos pontos 1 e 2 na primeira campanha? Sendo que em ambas as amostragens os valores de transparência e a concentração de nutrientes totais não foram discrepantes.

Uma possibilidade é que, apesar das altas concentrações de fósforo total observadas, talvez este nutriente estivesse associado às partículas em suspensão (LIND *et al.*, 1993), embora não tenha sido encontrada correlação estatisticamente significativa entre estas variáveis.

É possível também que tenha ocorrido o despejo, nos tributários localizados na montante da represa, de alguma substância tóxica à comunidade fitoplanctônica, a qual teria inibido a produtividade, o que teria sido corroborado pelos baixos teores de clorofila 'a'.

Outra questão a ser considerada é que a clorofila 'a' presente nesta região, na segunda amostragem, pelo menos em parte, pode ser proveniente do reservatório Taquacetuba, uma vez que estava ocorrendo a reversão de suas águas para a Represa Guarapiranga no período da segunda campanha. Kureyshevich *et al.* (2000) indicam esta possibilidade, os autores associaram o aumento da biomassa algal, no reservatório de Dneprodzerzhinsk (Ucrânia), ao plâncton alóctone, oriundo da transferência das águas do reservatório de Kremenchug.

Ainda em relação aos pontos 1 e 2, em ambas as amostragens, os maiores valores da condutividade elétrica encontrados, podem ser associados às maiores concentrações de nutrientes e sólidos totais, como observado por Akinyemi & Nkwankwo (2007), em reservatório na Nigéria. Estes pontos estão na região onde ocorre a entrada das águas do córrego de Parelheiros, o qual recebe altas cargas de efluentes domésticos sem tratamento. O que justificaria as altas concentrações de nitrogênio e fósforo totais e refletiria, entre outros fatores, nos maiores valores para a condutividade elétrica. Como observado por Rolla *et al.* (1992) na bacia do rio Grande, (Minas Gerais - São Paulo, Brasil).

Embora em ambas as amostragens os valores mais elevados para a condutividade elétrica tenham sido observados nos pontos 1 e 2, na segunda amostragem os valores médios foram menores quando comparados aos dados da primeira campanha. Isto ocorreu pela segunda amostragem ter ocorrido no período de chuvas e no período de reversão das águas do Braço Taquacetuba do Complexo Billings. Em geral, altos valores para a condutividade elétrica são comuns na estação seca (KOTUT *et al.*, 1999; HART *et al.*,

2002; ZINABU, 2005), durante um período caracterizado por menores vazões (KOTUT *et al.*, 1998), haveria maior concentração dos solutos o que implicaria em maiores valores de condutividade elétrica, ocorrendo o oposto no período das cheias.

Um dado preocupante em relação a esta variável é que ocorreu aumento gradativo da condutividade elétrica no reservatório Guarapiranga no período de 1999 a 2001 (CETESB, 2002). Em 2001 a média foi de 108,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$, entre 1996 e 2005 a média da condutividade, nos dois pontos monitorados pela Cetesb, foi de 113,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$, na área de captação da Sabesp e 172,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ na região de Parelheiros (CETESB, 2006).

O aumento da condutividade elétrica, em geral, está associado ao aumento da atividade urbana (AKAISHI *et al.*, 2006), devido a um maior número de fontes poluidoras. Segundo dados do Instituto Socioambiental (ISA) a ocupação urbana na bacia da Guarapiranga no período de 1989- 2003 apresentou incremento de 19,2%, o que pode ser o fator explicativo do aumento da condutividade elétrica observado na Guarapiranga nos últimos anos (WHATELY & CUNHA, 2006). Portanto, os maiores valores de condutividade elétrica verificados neste trabalho são preocupantes, refletindo a contínua degradação da qualidade da água deste manancial.

Um segundo agrupamento foi observado, formado pelo ponto 5, da primeira amostragem e pelos pontos 5 e 6 da segunda campanha (Fig. 22). Estes pontos apresentaram características distintas do corpo central do reservatório, com os menores valores para condutividade elétrica, sólidos totais, fósforo total, nitrogênio total e MST.

Segundo trabalho de Occhipinti *apud* Domingos (1993) esta região da represa Guarapiranga apresenta tempo de residência distinto das demais regiões do reservatório, num braço que permanece mais isolado das influências do fluxo d'água central (Fig. 23). Em geral, quando presentes, os braços em reservatórios contribuem com a heterogeneidade do sistema (HENRY *et al.*, 1998; NOGUEIRA, 2001), apresentando características distintas das demais regiões do corpo d'água, o que justificaria as diferenças encontradas nesta região.

Assim os pontos acima citados, os quais foram retirados da ACP, sugerem que estes pertençam a compartimentos distintos, pontos 1 e 2 formando a zona fluvial e ponto 5, na primeira amostragem e pontos 5 e 6 na segunda formando um compartimento na região do braço do rio Embu-Guaçu.

Fig. 23 Reservatório Guarapiranga e formação de quatro compartimentos de acordo com o tempo de residência, o qual tende a prolongar-se em direção à barragem (Occhipinti, 1973 *apud* Domingos, 1993).

5.2 Compartimento 3

Para o restante do reservatório a ACP sugere a formação de quatro agrupamentos na primeira campanha (G1.1, G1.2, G1.3 e G1.4), efetuada no período de estiagem e dois agrupamentos na segunda campanha (G2.1 e G2.2), efetuada na estação chuvosa. A localização espacial dos agrupamentos G1.2, G1.3 e G1.4 é aproximadamente a mesma de G2.2 (Figs. 17 e 18).

O primeiro agrupamento formado (G1.1 e G2.1), localizado na região montante, em ambas as amostragens apresentou, em relação aos pontos 1 e 2, aumento da penetração de luz, com redução das concentrações de sólidos suspensos e diminuição progressiva de MSI. Tais características são encontradas em geral na denominada zona intermediária dos reservatórios (Fig. 22).

Além das características citadas, esta região, de acordo com Kimmel *et al.* (1991), apresenta também aumento no tempo de retenção médio, maiores taxas de sedimentação e

em geral, é uma região mais propícia à produtividade primária, portanto é esperada uma maior concentração de clorofila 'a' e maiores teores de nutrientes (PAGIORI *et al.*, 2005). Tal afirmação, entretanto, foi verificada apenas para clorofila 'a', na segunda amostragem. Este padrão de maior produtividade na zona intermediária ocorre, pois a menor turbulência leva a uma menor quantidade de material em suspensão, assim a luz deixa de ser fator limitante à produtividade. As regiões lacustres seriam mais pobres em nutrientes e clorofila 'a', principalmente porque os nutrientes já teriam sido incorporados ou sedimentados antes de atingir tal região (KIMMEL *et al.* 1991).

Na segunda amostragem esta região se estendeu um pouco mais no sentido jusante, provavelmente pelo regime de operação do reservatório, o qual apresenta maior vazão no período das cheias. Isto poderia acarretar um menor período de retenção das águas aumentando a velocidade do fluxo de água. A extensão da região de transição seria então prolongada, como foi observado.

O segundo agrupamento (G1.2) na primeira amostragem foi caracterizado por apresentar principalmente as maiores concentrações de feoftina, as quais poderiam ser provenientes das águas do rio Embu-mirim. De acordo com Occhipinti (1973) *apud* Domingos (1993), esta região apresenta tempo de residência distinto das demais áreas da represa (Fig. 22). Na segunda amostragem, entretanto esta região não foi identificada, possivelmente pelo regime de operação do reservatório, como exposto anteriormente.

5.3 Compartimento 4

Os agrupamentos G1.3 e G1.4, na primeira campanha, e G2.2 na segunda campanha, localizados a jusante do reservatório (Fig. 17, 18 e 22), pertencem a uma região caracterizada por Occhipinti (1973) *apud* Domingos (1993) por apresentar o maior tempo de retenção médio ao longo do reservatório Guarapiranga. Tais agrupamentos pertenceriam à região lântica do reservatório.

Em G1.3 foram encontrados os maiores valores para o disco de Secchi, na verdade esta variável apresentou aumento em ambas amostragens no sentido montante-jusante, isto porque a diminuição da turbulência ao longo do reservatório leva a uma menor suspensão de material, aumentando a transparência do corpo d'água. Dados semelhantes foram relatados em outros reservatórios como, por exemplo, no reservatório de Jurumirim (São

Paulo - Brasil) (NOGUEIRA *et al.*, 1999), reservatório de Salto Grande (São Paulo - Brasil) (SANTOS, 2003), em reservatórios no Kenia (MWAURA, 2003) e no reservatório Rio das Lajes (Rio de Janeiro - Brasil) (GUARINO *et al.*, 2005).

Para o disco de Secchi o esperado é que no período das cheias os valores médios sejam menores, devido ao carreamento de material da bacia de drenagem para o reservatório. Mwara (2003) encontrou um padrão geral, em estudo efetuado em diversos reservatórios no Kenia, de maiores valores para o disco de Secchi no período seco. Kotut *et al.* (1999) também encontraram resultado semelhante no reservatório de Turkwel Gorge, no Kenia e Kemdirim (2005) no reservatório Kangimi na Nigéria. Henry (2004) afirma que este é o padrão normalmente esperado em reservatórios, e embora tal afirmação tenha sido corroborada por Domingos (1993) no reservatório Guarapiranga, isto não ficou evidente neste trabalho, as diferenças entre as duas amostragens para as medidas de disco de Secchi foram pouco significativas, visto o baixo valor encontrado para o coeficiente de variação temporal. De acordo com Henry (2004), para que generalizações a respeito de padrões sazonais sejam feitas é importante que estudos de longa duração ocorram para que a variação total seja calculada, entretanto este não foi o propósito deste trabalho.

Outra possibilidade é que as águas, provenientes da reversão do braço Taquacetuba tenham diluído os solutos presentes no reservatório, refletindo numa maior transparência na represa Guarapiranga.

Em G1.4, área localizada nas proximidades da barragem e por isso em geral considerada a região lântica dos reservatórios, o esperado é que fossem encontrados os menores teores de nutrientes e MST, entretanto o que se observou foi justamente o contrário, foram observadas maiores concentrações de nitrogênio total, maiores teores de clorofila 'a', maior participação da fração MSO, sólidos totais e MST. Isto pode ter sido reflexo da grande ocupação urbana encontrada na região, como sugerido por Beyruth (1996) e Rocha (1999), e pela tendência de acúmulo destes elementos devido ao maior tempo de retenção da água, característico desta área do reservatório.

Ainda em G1.4, foram observados os maiores valores médios para o pH. Este dado pode estar associado ao aumento do consumo de CO₂ durante o processo de fotossíntese, o que foi corroborado pelos maiores valores para a clorofila 'a' nesta região e pela correlação estatisticamente significativa entre clorofila 'a' e pH ($r=0,67$; $p=0,05$). O aumento do pH

normalmente está correlacionado a florescimentos de algas e conseqüentemente às maiores concentrações de clorofila 'a' (KOTUT *et al.*, 1999; HART *et al.*, 2002; ESPÍNDOLA *et al.*, 2004).

O agrupamento G2.2 na segunda campanha apresentou padrões semelhantes à G1.3 e G1.4, exceto o fato de ter apresentado os menores teores de clorofila 'a'. Apesar de padrões semelhantes, as concentrações e valores para algumas variáveis que influenciaram estes arranjos, variaram entre os períodos analisados.

Estas mudanças estão provavelmente associadas ao período do ano em que as amostragens foram efetuadas, a primeira no período de estiagem e a segunda no período de chuvas. Nos ecossistemas tropicais, as variações entre as estações seca e chuvosa podem ditar variações sazonais na rede de entrada e saída de água, que podem levar a mudanças nas concentrações dos solutos (TALLING & LEMOALLE, 1998).

As concentrações de nitrogênio e fósforo total foram maiores na segunda amostragem, isto costuma ocorrer, pois no período das cheias, nutrientes são carreados da bacia de drenagem para o reservatório (KOTUT *et al.*, 1999; HART, 2002; ARFI, 2003; SETTACHARNWIT *et al.*, 2003; GERALDES & BOAVIDA, 2004; ANDRADE, 2005; ZINABU, 2005; AKINYEMI & NWANKWO, 2007).

As concentrações de sólidos, MST e MSO em geral foram mais elevadas na segunda amostragem, possivelmente pelo mesmo motivo dado aos nutrientes.

Para clorofila 'a' os padrões de distribuição variaram em ambas as amostragens: primeira amostragem com maiores concentrações a jusante e segunda amostragem sem um padrão bem definido, apenas os pontos 1 e 2 com os maiores teores para esta variável.

5.3.1 Clorofila 'a'

O fato das menores concentrações de clorofila 'a' terem sido encontradas a montante do reservatório Guarapiranga na primeira campanha pode estar associado à atuação, no período, de algum fator limitante para a produtividade primária.

Embora a luz e os nutrientes sejam conhecidos como os principais fatores limitadores da produção primária nos ambientes aquáticos, que podem agir em sinergismo ou não (HENRY, 1998), estas variáveis não explicam o porquê da diferença de padrões para a clorofila 'a', verificada entre a amostragem do período de estiagem e das cheias.

Em relação à luz, sabe-se que as partículas em suspensão reduzem a transparência da água e, portanto, afetam a produção primária (SIPAÚBA-TAVARES *et al.*, 1995). Na primeira amostragem, os menores teores de clorofila 'a', observados na parte alta do reservatório, poderiam ser reflexo dos maiores teores de sólidos totais, da maior participação da fração inorgânica do material em suspensão e da menor profundidade da zona fótica. Na porção lântica do reservatório, próximo à barragem, os maiores teores de clorofila 'a', poderiam ser reflexo da maior profundidade da zona fótica.

Contudo os valores médios para o disco de Secchi apresentaram valores muito semelhantes, em ambas as amostragens, com coeficiente de variação temporal considerado baixo. Assim apenas a luz não poderia ser o único fator explicativo das diferenças no padrão de distribuição da clorofila 'a' entre os períodos amostrados.

Para os nutrientes nitrogênio total e fósforo total, o coeficiente de variação temporal foi considerado baixo para o fósforo total e para o nitrogênio total, embora o valor do coeficiente tenha sido considerado alto, não foi verificada correlação estatisticamente significativa entre estas variáveis e os teores de clorofila 'a', o qual apresentou coeficiente de variação temporal médio'.

Também o padrão de distribuição espacial destes nutrientes, por si só não explicaria as diferenças encontradas para a clorofila 'a' entre os períodos analisados. Na primeira amostragem as maiores concentrações de nitrogênio foram encontradas nos agrupamentos de montante e jusante e na segunda amostragem no agrupamento a jusante.

Uma possibilidade é que tenha ocorrido o despejo, nos tributários localizados na montante da represa, de alguma substância tóxica à comunidade fitoplanctônica, não identificada no presente estudo a qual teria inibido a produtividade nos primeiros pontos, refletindo em menores teores de clorofila 'a'. Tal substância não teria afetado as regiões mais a jusante por possivelmente ter sedimentado antes de atingir tal região.

O mais provável é que o padrão observado para clorofila 'a' seja resultado do tempo de residência da água, que tende a prolongar-se de montante para jusante na Guarapiranga. Os valores médios na área da barragem são de 11 a 83 dias, e de 0 a 27 dias na região central do reservatório (OCCHINPINTI, 1973 *apud* BEYRUTH, 2000). Talvez, devido a esta característica do reservatório, o acúmulo maior de nutrientes (observado para o nitrogênio total, mas não evidente para o fósforo, ao menos na primeira amostragem),

ocorra na região da barragem, favorecendo a produtividade primária, o que poderia ser inferido pelas maiores concentrações de clorofila 'a' a jusante.

No período das chuvas, embora haja maior entrada de nutrientes, os maiores valores de vazão, implicariam num menor tempo de retenção da água, promovendo sua retirada contínua para o sistema jusante (LEITE & ESPÍNDOLA, 2004). Conseqüentemente não teria sido observado padrão nítido de maiores concentrações de clorofila 'a' a montante.

Além do menor tempo de retenção a jusante uma maior velocidade do fluxo d'água, também conhecida por afetar a produção primária (GOMES & MIRANDA, 2001), pode ter contribuído com os baixos valores de clorofila 'a' a montante na primeira amostragem.

Outra possibilidade plausível para o padrão observado de clorofila está relacionada à aplicação de algicidas pela Sabesp para controle da comunidade fitoplanctônica no reservatório. De acordo com dados da Cetesb (2007), a aplicação de algicidas (sulfato de cobre e peróxido de hidrogênio) durante o ano de 2006 foi maior do que a do ano anterior, com valores entre 12 e 62 toneladas. As aplicações tendem a ser maiores no período das secas (SZAJUBOK, 2000), período em que foi efetuada a primeira campanha, o que poderia explicar as menores concentrações de clorofila 'a' a montante na referida amostragem.

Ainda em relação à clorofila 'a', foi verificado que os maiores valores médios observados no período de estiagem, são provavelmente reflexo do baixo nível de água na estação seca e da alta concentração de nutrientes. Assim, no período das secas o crescimento indesejado fitoplanctônico, principalmente de cianobactérias, pode ser favorecido. Visando controlar esta situação a SABESP, efetua aplicações quase que diárias de sulfato de cobre ou peróxido de hidrogênio, como mencionado anteriormente.

Mesmo com esta medida paliativa os problemas com o crescimento excessivo de algas potencialmente tóxicas existem, tendo sido registradas florações de algas em 1990, 1991, 1992, 1994, 1995, 1998 (CETESB, 2004) e 2001 (CARVALHO, 2007).

Outro agravante é que, a aplicação de sulfato de cobre é responsável pelas altas concentrações deste metal no reservatório. De acordo com dados da Cetesb (2007, 2008), nos anos de 2006 e 2007 foram encontradas concentrações de cobre dissolvido, acima do permitido pela CONAMA 357/05, de 0,009 mg/L. Embora o cobre não cause danos severos ao homem (GÁRCIA-VILLADA *et al.*, 2004), pelo menos em curto prazo, este metal é

nocivo ao ecossistema afetando outros organismos que não a comunidade fitoplanctônica. O tratamento com sulfato de cobre promove a liberação de grandes quantidades de nutrientes, pela morte das algas, reduz a competição e promove anóxia nos sedimentos, com conseqüente ressuspensão de nutrientes favorecendo espécies oportunistas (BEYRUTH, 2000).

5.3.2 Metais

Metais são contaminantes ambientais estáveis e persistentes uma vez que não podem ser degradados ou destruídos (TUNA *et al.*, 2006). Os metais analisados neste trabalho (Zn, Cd, Ni e Pb,) existem em baixas concentrações na crosta terrestre. Entretanto a intensa mineração destes elementos durante o século XX aumentou significativamente suas concentrações no meio ambiente (CALLENDER, 2004).

No meio aquático, os metais são oriundos de fontes naturais como a lavagem geológica de solos e rochas, diretamente expostos à água, e por meio de fontes antrópicas como efluentes domésticos e industriais, mineração, pela aplicação de pesticidas na agricultura (OCHIENG *et al.*, 2007) e deposição atmosférica (MOORE, 1991).

Nestes ambientes, os metais tendem a acumular no sedimento e quando em altas concentrações podem começar a ser liberados na coluna d'água e tornar-se biodisponíveis, afetando assim a biota e podendo causar danos à saúde humana (OUYANG *et al.*, 2006).

De acordo com Mozeto *et al.* (1998), os sedimentos na Represa Guarapiranga apresentam altos teores de metais evidenciando a contaminação por fontes antrópicas.

Neste trabalho, a maior concentração de metais totais nas águas superficiais, encontrada em G1.4, para cádmio e zinco e em G2.2 para cádmio pode ser explicada pela tendência de acúmulo de materiais na área da barragem devido ao menor tempo de residência observado na região. Contudo a entrada destes elementos, pelos tributários da região, também pode ter colaborado com tal resultado.

Maior concentração de metais na área da barragem também foi observada por Mariani (2005) no sedimento do reservatório Rio Grande para os metais Cu, Cd e Pb e por Padial (2008), em estudo efetuado nos sedimentos da Represa Guarapiranga, onde foram observados os maiores teores para os metais: Cr, Ni, Cu e Cd.

Este fator torna-se preocupante, pois o acúmulo de metais ocorre na região da tomada de água da Guarapiranga. De acordo com Oliveira (2005), a Sabesp não disponibiliza de tecnologia para a retenção de metais no tratamento da água. Na verdade, uma vez inseridos no meio ambiente, dificilmente os tratamentos físicos e químicos conseguem retirar os metais (EL-ENANY & ISSA, 2000). Assim a população abastecida pelas águas deste manancial estaria exposta a tais elementos e aos seus possíveis efeitos tóxicos ao organismo.

Para o cádmio total, durante a segunda amostragem, os valores encontrados estiveram acima do recomendado pela legislação vigente CONAMA 357/05, porém ainda dentro do limite de 0,005mg/L, estabelecido pela Organização Mundial de Saúde (OMS) e pela portaria 518/04, do Ministério Saúde (BRASIL, 2004). Contudo é preciso que a devida atenção seja dada a tal situação. O cádmio é um metal tóxico à vida humana e aquática (BARBIER, 2005, GARCIA-SANTOS *et al.*, 2005), sendo reconhecido como um dos poluentes mais tóxicos no meio ambiente devido à sua capacidade de induzir danos a diversos órgãos e tecidos com exposição aguda ou crônica. Sendo recentemente reconhecido seu efeito neurotóxico (MÉNDEZ-ARMENTA & RIOS, 2007).

As concentrações de níquel foram observadas apenas na segunda amostragem. O ponto 23, na segunda campanha apresentou as concentrações mais significativas para este metal, isto está provavelmente associado ao fato deste ponto se localizar nas proximidades da entrada dos córregos de Guaravituba e Itupu. Avila-Pérez *et al.* (1999), encontraram maiores concentrações de metais na entrada dos tributários do reservatório Jose Antonio Alzate, México, oriundas da contaminação destes corpos d'água. Uma vez que os tributários recebam aportes de metais é razoável supor que as maiores concentrações de metais serão encontradas nas regiões da entrada dos afluentes no reservatório e isto explicaria o valor observado para o Ni no ponto 23.

Os maiores valores para os metais Cd e Ni, encontrados na época das cheias, estão provavelmente associados à drenagem das águas da bacia para a represa (GAUR *et al.*, 2005; MASTOI *et al.*, 2007).

As maiores concentrações de zinco observadas na primeira amostragem ocorreram no ponto 5. Este fato pode ser associado a um possível despejo deste elemento nas águas do

Rio Embu-Guaçu, porém um número maior de amostragens deveria ser feita para que esta conclusão pudesse ser tomada seguramente.

5.3.3 Oxigênio Dissolvido

Os teores de oxigênio dissolvido nos corpos hídricos estão, em geral, associados à atividade fotossintética (KOTUT *et al.*, 1998; BRANCO, 2002), aos processos de decomposição e respiração, à ação dos ventos, aos processos de mistura e em menor grau à contribuição atmosférica (TOWNSEND, 1999).

Fator que pode ter colaborado com o padrão de aumento do oxigênio dissolvido no sentido montante-jusante foi a profundidade do reservatório, associada ao horário da amostragem e MSO. Isto provavelmente ocorreu, pois em geral, nas águas superficiais das regiões mais rasas dos corpos hídricos, no caso da represa Guarapiranga nas áreas a jusante, a concentração de oxigênio atinge os menores valores, principalmente nos períodos da manhã - como observado no presente estudo - e especialmente na estação chuvosa, devido ao maior aporte de nutrientes e matéria orgânica (ESTEVES, 1998). Em geral, nas áreas com maior carga de matéria orgânica as concentrações de oxigênio dissolvido tendem a ser menores, devido ao consumo deste gás no processo de decomposição. Embora tenha sido observado maior valor médio para MSO no agrupamento a jusante, a menor profundidade foi encontrada a montante. Assim principalmente na zona fluvial as menores concentrações de oxigênio dissolvido possivelmente estiveram relacionadas ao maior aporte de nutrientes e matéria orgânica oriundos do córrego de Parelheiros associada à menor profundidade do reservatório.

Resultado semelhante foi verificado por Kotut *et al.* (1999) em reservatório no Kenia, onde os autores associaram a depleção de oxigênio dissolvido na região fluvial aos altos teores de matéria orgânica e por Elhatip & Güllü (2005) em reservatório na Turquia.

Embora as variações diárias na concentração deste gás estejam associadas aos processos de fotossíntese e respiração os quais estão diretamente relacionados ao fotoperíodo, à intensidade luminosa e à temperatura (ESTEVES, 1998), os teores de oxigênio dissolvido, não apresentaram correlação estatisticamente significativa com as concentrações de clorofila 'a' no presente estudo.

5.4 IET

De acordo com Lind *et al.* (1993), a dificuldade em se medir o IET em reservatórios está associada aos diferentes regimes de operação e conseqüentemente aos diferentes tempos de residência da água aos quais estes corpos d'água são submetidos. Tais características colaboram na formação de diferentes compartimentos, os quais podem apresentar diferentes graus de trofia.

No presente estudo, o IET apresentou nítido padrão de decaimento no sentido montante-jusante na primeira amostragem. Região fluvial, compartimento 1, com os maiores valores para este índice e regiões de transição e lântica- compartimentos 3 e 4 – com classificação média mesotrófica e ultraoligotrófica, respectivamente.

Este padrão de decaimento é o normalmente encontrado em reservatórios, isto porque em geral, nas regiões localizadas a jusante, apesar dos maiores valores para transparência a produtividade primária seria limitada pela disponibilidade de nutrientes, que teriam sido assimilados ou sedimentados antes de atingirem tal região (KIMELL *et al.*, 1991). Além disso, vale ressaltar que o fósforo pode estar associado ao material em suspensão e por sua vez pode não estar disponível à produção fitoplancônica (KIMELL *et al.*, 1991; LIND *et al.*, 1993), visto que na região fluvial foram encontrados os maiores valores para MST e sólidos totais.

Na segunda amostragem, entretanto não foi observado um padrão de decaimento nítido, provavelmente pelo regime de operação do reservatório. Como exposto anteriormente, no período das cheias a vazão é aumentada e o tempo de residência da água tende a ser menor, assim os materiais que entram no reservatório tornam-se menos disponíveis à utilização pela biota, não ocorrendo aumento significativo das concentrações de clorofila 'a', fator este contribuinte na avaliação do estado trófico (KIM *et al.*, 2001; AMARASINGHE & VIJVERBERG, 2002; LEITE & ESPÍNDOLA, 2004; LAMPARELLI, 2004).

Outra questão a ser considerada em relação ao IET é que os maiores valores para este índice foram encontrados no período de estiagem, em G1.1 e G1.2 (região de transição do reservatório). Este resultado é provavelmente efeito da menor vazão, característica deste

período do ano e alerta para que maior atenção seja dada à represa nesta época devido às condições mais críticas do reservatório no período de estiagem.

Deve-se considerar também que os valores para o IET, devido à aplicação de algicidas, foram provavelmente inferiores ao real potencial produtivo do ecossistema. Como exposto anteriormente a aplicação de algicidas é apenas uma medida paliativa e uma das melhores maneiras de se controlar o aumento da trofia num corpo d'água é reduzindo as cargas de fósforo que chegam ao corpo hídrico (SMIL, 2000; WANG, 2007).

Assim é fundamental que medidas apropriadas de saneamento sejam tomadas e que a ocupação irregular seja controlada na Bacia Guarapiranga, caso contrário a tendência é que o grau de trofia tenda a aumentar na represa Guarapiranga. O que trás como consequência diversos transtornos como o aumento nos custos de tratamento da água, a perda da diversidade biológica e o aumento de floração de algas potencialmente tóxicas.

5.5 Reversão das águas do braço Taquacetuba

A diferença na formação dos agrupamentos ocorreu possivelmente pelas amostragens terem ocorrido em períodos distintos do ano (estação seca e chuvosa), o que altera o regime de operação do reservatório, e pelo fato de apenas a segunda amostragem ter tido influência da reversão das águas do braço Taquacetuba.

A reversão é uma medida contraditória, embora a capacidade produtora da represa seja aumentada (contribuição entre dois e quatro mil litros de água por segundo). Segundo parecer técnico n° 01/97/ER/DA/DD, elaborado pela Cetesb (1997) *apud* Matsuzaki (2007), com a transposição poderiam ocorrer impactos à biota aquática e à saúde pública associados à possibilidade de ressuspensão de sedimentos contaminados no reservatório Billings e à introdução de organismos não existentes na represa Guarapiranga.

No relatório de diagnóstico sócio ambiental do complexo Billings, elaborado pelo ISA, no período de 1989-99, as águas do braço Taquacetuba foram caracterizadas por serem eutrofizadas, com qualidade de sedimento comprometida por elevadas concentrações de metais e compostos orgânicos, sendo identificadas florações de cianobactérias (CAPOBIANCO & WHATELY, 2000).

Matsuzaki (2007) sugere que a transposição das águas do braço Taquacetuba possa influenciar a qualidade das águas da represa Guarapiranga, especialmente em relação às concentrações de nutrientes e densidades de cianobactérias potencialmente tóxicas. Embora funcionários da Sabesp, em comunicação pessoal, aleguem que nos períodos de reversão a qualidade das águas da represa Guarapiranga sofra melhoras.

5.6 Região de Parelheiros

Além da observação de compartimentos ao longo da represa Guarapiranga, fica evidente a condição mais crítica da qualidade da água na região de Parelheiros. Pesquisas sugerem a melhora da qualidade das águas que afluem à represa devido à presença da várzea de Parelheiros (ANDRADE, 2005), apesar disto, o presente trabalho sugere que mesmo com esta melhora as condições da qualidade da água nesta região ainda são críticas. Isto mostra mais uma vez a necessidade do controle das ocupações irregulares, e da implantação de rede coletora de esgotos nas áreas não atendidas pelo serviço. Além destas medidas a criação de um parque para proteger a várzea Parelheiros, como sugerido por ONG's em 2007, em reunião com o então secretário do meio ambiente seria uma alternativa conjunta para frear a degradação do manancial da Guarapiranga.

6 CONCLUSÕES

Foi possível identificar a presença de compartimentos na represa de Guarapiranga:

- Um compartimento localizado na região da entrada do córrego de Parelheiros, com características de zona fluvial, ou seja, com as maiores quantidades de partículas em suspensão, as quais limitam a entrada de luz;
- Um compartimento na região do braço da Guarapiranga onde ocorre a entrada do Rio Embu-Guaçu, onde foram observados os menores valores para condutividade elétrica, sólidos totais, fósforo total, nitrogênio total e MST ao longo do reservatório Guarapiranga;

- Um compartimento com características de zona de transição. Este compartimento tendeu a ser mais prolongado na campanha da época das chuvas, provavelmente pelo regime de operação do reservatório, o qual apresenta maior vazão no período das cheias. Isto acarretaria menor retenção das águas, prolongando a região de transição;
- Na primeira amostragem foi identificado um agrupamento nas proximidades da entrada do rio Embu-Mirim, na segunda amostragem, entretanto esta região não foi identificada, possivelmente pelo regime de operação do reservatório;
- A região que formou três agrupamentos na primeira amostragem caracterizou-se na segunda amostragem por formar apenas um agrupamento. E foi considerada como um compartimento distinto no reservatório. Tal região apresentou os maiores valores para o disco de Secchi, maiores concentrações de nitrogênio total, maior participação de MSO, sólidos totais e MST e pH;
- A diferença na formação dos agrupamentos ocorreu possivelmente pelas amostragens terem ocorrido em períodos distintos do ano (estação seca e chuvosa), o que altera o regime de operação do reservatório, e pelo fato de apenas a segunda amostragem ter tido influência da reversão das águas do braço Taquacetuba.

O IET apresentou padrão de decaimento no sentido montante-jusante na primeira amostragem, na segunda amostragem, entretanto não foi observado um padrão de decaimento nítido, provavelmente pelo regime de operação do reservatório. Além disso, deve-se considerar que os valores para o IET, devido à aplicação de algicidas, foram provavelmente inferiores ao real potencial produtivo do ecossistema.

Foi observada também condição mais crítica da qualidade da água na região de Parelheiros, o que aponta para a necessidade do controle das ocupações irregulares, e da implantação de rede coletora de esgotos.

Capítulo II

Qualidade das águas superficiais da represa Guarapiranga com base na Resolução CONAMA 357/05

RESUMO

O atual sistema brasileiro de gestão dos recursos hídricos, estabelecido pela lei 9433/97, apresenta entre os instrumentos de gestão o enquadramento dos corpos d'água. O enquadramento expressa o nível de classe da água, a ser alcançado ou mantido ao longo do tempo, com o propósito de assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas e diminuir os custos de combate à poluição das águas. A resolução CONAMA 357/05 classifica os corpos de água em treze classes e dá as diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Com o intuito de discutir a qualidade das águas superficiais do reservatório Guarapiranga com base na resolução CONAMA 357/05, foram analisadas as concentrações de variáveis limnológicas em duas épocas do ano, em 33 pontos distribuídos ao longo da represa de Guarapiranga. As concentrações de: fósforo total, clorofila 'a', oxigênio dissolvido e cádmio total, apresentaram-se fora das metas estabelecidas para os corpos hídricos classe 1, no qual a represa Guarapiranga foi enquadrada, salientando a necessidade da tomada de medidas que visem a redução dos aportes de nutrientes na represa. As concentrações totais de cádmio além de não estarem dentro das metas estabelecidas para corpos d'água classe 1, não seguiram os valores de referência estabelecidos pela USEPA (United States Environmental Protection Agency) pelo e CEPA (Canadian Environmental Protection Act) para proteção da vida aquática, sendo conveniente a revisão destes valores.

Palavras-chave: Enquadramento, resolução CONAMA 357/05, reservatório Guarapiranga, qualidade da água.

ABSTRACT

The actual Brazilian management system of water resources, established by law 9433/97, presents, between its managements instruments, the frame of water bodies. The frame express the level of water to be searched or maintained through the time, with the purpose of assuring to the waters, compatible quality with the most strict uses and to reduce the costs of pollution water. CONAMA 357/05 resolution, categorizes water bodies in thirteen classes and gives the environmental guidelines to the frame. To discuss Guarapiranga reservoir superficial water quality, based on CONAMA 357/05, limnological variables were collected during the dry and wet seasons in 33 stations in the Guarapiranga reservoir. Concentrations of: total phosphorus, chlorophyll 'a', dissolved oxygen and total cadmium were out of the established limits for water bodies class 1, according to CONAMA 357/05 legislation, where Guarapiranga reservoir was framed, pointing out the necessity of measurements to reduce the entrance of nutrients on the reservoir. Besides total cadmium concentrations being out of the recommendations for water bodies class 1, didn't follow the USEPA (United States Environmental Protection Agency) and CEPA (Canadian Environmental Protection Act) standards for aquatic life protection, being convenient to check such values.

Key words: frame, CONAMA 357/05 legislation, Guarapiranga reservoir, water quality.

1 INTRODUÇÃO

1.1 A gestão hídrica no Brasil e a Política Nacional de Recursos Hídricos

O Brasil apresenta sérios problemas relacionados à degradação da qualidade da água, principalmente nos centros urbanos. Nestas condições, é premente a implantação de um sistema de gestão apropriado, com o intuito de promover o suprimento adequado de água às populações e manter a saúde dos ecossistemas.

Os sistemas de gestão da qualidade da água, segundo Porto (2002), devem procurar permitir a ocupação das bacias hidrográficas e o uso da água e ao mesmo tempo conseguir um nível de controle de resíduos. Sabe-se que algum dano vai ocorrer, mas o sistema deve tentar manter a degradação do ambiente aquático em níveis aceitáveis de risco.

No Brasil a experiência na gestão dos recursos hídricos é relativamente recente. O primeiro instrumento legal de impacto que tratou sobre os recursos hídricos foi o Código das Águas, instituído em 1934, considerado mundialmente, de acordo com Pompeu (1999), uma das mais completas leis sobre as águas já produzidas. Embora o Código das Águas falasse sobre o controle de poluição e introduzisse o instrumento da outorga, tais ferramentas não foram regulamentadas. O enfoque dado ao Código das Águas esteve relacionado ao desenvolvimento econômico, e o provimento de água para a geração de energia hidrelétrica.

A partir da década de 1970, o aumento na degradação dos recursos hídricos começou a apontar para a necessidade de se atualizar o Código das Águas e se instaurar um sistema de gestão mais eficiente.

Em 1988, a Constituição Brasileira estabeleceu a competência privativa da União em legislar sobre as águas (artigo 22, inciso IV) e apontou para a União a responsabilidade de instituir o Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos e definir critérios de outorga de direitos de seu uso (artigo 21, inciso XIX) (BRASIL, 1988). Cumprindo tal artigo em 1997 foi sancionada a lei 9433/97, que estabelece a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e o Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (SNGRH) (BRASIL, 1997).

Entre os objetivos da PNRH destaca-se a garantia à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos.

Os fundamentos da PNRH são estabelecidos no 1º artigo da referida lei e são elencados a seguir:

- *A água é bem de domínio público*, ou seja, cabe ao poder público a responsabilidade de guarda e proteção sobre este recurso.
- *A água é recurso natural limitado e dotado de valor econômico*. Neste inciso, é importante deixar claro que a água é limitada e não finita, o grande problema associado a este recurso é a sua deterioração o que pode ter fim é água de boa qualidade à preservação dos ecossistemas e aos demais usos a que ela possa ser destinada.
- *A gestão dos Recursos Hídricos deve sempre atender aos usos múltiplos da água, deve ser descentralizada e contar com a participação do poder público, dos usuários e das comunidades*. Assim faz-se necessário a elaboração de mecanismos que estimulem a participação dos usuários no processo de gestão, para que todos os interessados estejam realmente envolvidos na aplicabilidade da lei. A conscientização dos envolvidos é fundamental neste processo.
- *Em situação de escassez, o uso prioritário da água é o consumo humano e dessedentação de animais*. Uma falha existe neste inciso, pois a legislação não deixa claro o que é consumo humano e qual seria este limite, poderia ser subentendido, por exemplo, que a indústria seja consumo humano.
- *A bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da PNRH e atuação do SNGRH*, segundo Porto (comunicação pessoal), esta é a melhor unidade de gestão, a vantagem está em se colocar o foco da gestão sobre problemas específicos da bacia, o que dá uma visão do conjunto de problemas e não uma visão individualizada. Além disso, vale atentar ao fato de que a legislação não define o conceito de bacia hidrográfica e isto é bom, pois o recorte da bacia fica atrelado à dimensão do problema.

A implementação da PNRH, de acordo com o artigo 32 da Lei 9433/97 é de responsabilidade do SNGRH o qual apresenta também como objetivos: coordenar a gestão integrada das águas; arbitrar administrativamente os conflitos relacionados com os recursos hídricos; planejar, regular e controlar o uso, a preservação e a recuperação dos recursos hídricos e promover a cobrança pelo uso de recursos hídricos.

Fazem parte do SNGRH: o Conselho Nacional de recursos Hídricos; a Agência Nacional de Águas; os Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados e do Distrito Federal; os Comitês de Bacia Hidrográfica; os órgãos dos poderes públicos federal, estaduais, municipais e do Distrito Federal cujas competências se relacionem com a gestão de recursos hídricos e as Agências de Água.

Para sua instauração a lei 9433/97 prevê o estabelecimento de cinco instrumentos de gestão:

- O plano de Recursos Hídricos;
- O enquadramento dos corpos d'água em classes, segundo os usos preponderantes da água;
- A outorga dos direitos de uso de recursos hídricos;
- A cobrança pelo uso de recursos hídricos;
- O Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos.

O Plano de Recursos Hídricos, de acordo com o artigo 6 da Lei 9433/97, visa fundamentar e orientar a implementação da PNRH e o gerenciamento dos recursos hídricos. Os Planos de Recursos Hídricos serão elaborados por bacia hidrográfica, por Estado e para o País (artigo 8- Lei 9433/97). Os planos elaborados para o país, são de longo prazo e mais gerais, o que é desvantajoso, pois não há uma relação entre planejamento e execução, planos objetivos e de curto prazo como os estabelecidos pela Lei Estadual 7663/91 (SÃO PAULO, 1991) são mais factíveis de realização.

O segundo instrumento de gestão é o enquadramento dos corpos de água em classes, com o propósito de assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas e diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes. Cabe à legislação ambiental estabelecer as classes de corpos de

água (Art. 9º lei 9433/97). O enquadramento é feito pelo sistema de recursos hídricos e o setor do meio ambiente procura manter o corpo d' água na classe referida.

O regime de outorga de direitos de uso de recursos hídricos é um instrumento de gestão de caráter administrativo, tem como objetivos assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água (Art. 11º lei 9433/97). Ou seja, a outorga disciplina o uso da água.

Toda outorga estará condicionada às prioridades de uso estabelecidas nos Planos de Recursos Hídricos e deverá respeitar a classe em que o corpo de água estiver enquadrado (Art. 13º lei 9433/97). É importante deixar claro que a outorga é uma declaração de uso e não de propriedade. Ela é necessária uma vez que a água é um bem público.

O instrumento de cobrança pelo uso de recursos hídricos tem como objetivos: reconhecer a água como bem econômico e dar ao usuário uma indicação de seu real valor; incentivar a racionalização do uso da água e obter recursos financeiros para o financiamento dos programas e intervenções contemplados nos planos de recursos hídricos. São cobrados os usos de recursos hídricos sujeitos a outorga. Os valores arrecadados com a cobrança pelo uso de recursos hídricos devem ser aplicados prioritariamente na bacia hidrográfica em que foram gerados.

De acordo com SEMA (2004), a cobrança é um instrumento controverso, isto se deve, pois a água é considerada bem público cujo acesso deve ser garantido a todos. Por outro lado enquanto bem dotado de valor econômico, a água é passível de ser comercializada, com valor e preço. No Brasil, os principais argumentos a favor da aplicação deste instrumento referem-se à possibilidade de promover novos comportamentos voltados à racionalização do uso.

O último instrumento de gestão citado pela lei 9433/97 é o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos. O qual apresenta como objetivos: reunir, dar consistência e divulgar os dados e informações sobre a situação qualitativa e quantitativa dos recursos hídricos no Brasil; atualizar permanentemente as informações sobre disponibilidade e demanda de recursos hídricos em todo o território nacional; fornecer subsídios para a elaboração dos Planos de Recursos Hídricos.

Os instrumentos de gestão elencados na PNRH estão atrelados entre si, e possuem uma ordem lógica. É necessário que primeiramente seja elaborado o plano e a partir deste

efetuar o enquadramento. A outorga por sua vez só será possível a partir do momento em que o enquadramento for realizado e somente então a cobrança poderá ser efetuada. Para que estes instrumentos de gestão sejam coesos é importante a utilização do Sistema de Informações sobre os Recursos Hídricos com os propósitos já citados anteriormente.

1.2 O Enquadramento como instrumento da gestão hídrica

Diversos países utilizam o enquadramento como instrumento de gestão, entre eles: Japão, Índia, Inglaterra e Canadá (COSTA, 2005). O primeiro sistema de enquadramento no Brasil foi estabelecido pela Portaria Minnter 13/76, a qual foi substituída primeiramente pela resolução CONAMA 20/86 e posteriormente pela resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005).

Compete às agências de água no âmbito de sua área de atuação propor aos respectivos Comitês de Bacia Hidrográfica o enquadramento dos corpos d'água em classes de uso, para encaminhamento ao respectivo Conselho Nacional ou Conselhos Estaduais de Recurso Hídricos, de acordo com o domínio destes.

O enquadramento é um instrumento da gestão que expressa o nível de classe da água a ser alcançado ou mantido ao longo do tempo. A resolução CONAMA 357/05 classifica os corpos de água em treze classes e dá as diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluente. De acordo com a resolução CONAMA 357/05, as águas doces superficiais são classificadas em 5 classes de acordo com seus usos preponderantes (Tab. 12).

Tab. 12 Classes de águas doces, estabelecidas pela Resolução CONAMA 357/05 de acordo com seus usos preponderantes.

Classes de água	Usos a que se destina
Classe especial	a) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção; b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e, c) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.
Classe 1	a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000; d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e e) à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.
Classe 2	a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000; d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e e) à aqüicultura e à atividade de pesca.
Classe 3	a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; c) à pesca amadora; d) à recreação de contato secundário; e e) à dessedentação de animais.
Classe 4	a) à navegação; e b) à harmonia paisagística

No Brasil, a implementação do enquadramento apresenta uma situação bastante diversa entre as unidades da Federação. Com relação aos corpos d'água de domínio estadual, apenas nove das vinte e sete Unidades da Federação (Alagoas, Bahia, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraná, Pernambuco, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e São Paulo) possuem instrumentos legais que enquadram total ou parcialmente seus corpos d'água (ANA, 2006).

Entre as maiores dificuldades encontradas pelos Estados na implementação do enquadramento estão dúvidas sobre a legislação; limitações técnicas e instrumentais ligadas à falta de recursos financeiros; poucas experiências na área de gestão dos recursos hídricos e incertezas sobre como aplicar o instrumento, por falta de diretrizes e metodologias (LEEUESTEIN & CORDEIRO-NETTO, 2002). Além disso, os padrões discriminados na legislação, são estabelecidos com base em modelos internacionais, deveria haver uma adequação à realidade social, econômica, geológica e biológica das diferentes bacias hidrográficas brasileiras, atendendo aos objetivos prioritários locais. Outro obstáculo na aplicação deste instrumento é a falta de prazos estipulados pelos respectivos comitês de bacia para o alcance de metas progressivas intermediárias e obrigatórias recomendada pela Resolução CONAMA 357/05. Tal medida visou a efetivação do enquadramento, por permitir maior flexibilidade aos poluidores para adequarem-se progressivamente às metas exigidas, porém a falta de prazos não estimula o uso desta ferramenta.

A resolução CONAMA nº 357/05, estabelece também que os corpos d'água que não passarem por processo de enquadramento estarão automaticamente enquadrados como classe 2. Este artigo, que teve como objetivo estabelecer uma regra de transição até que o enquadramento fosse estabelecido, contribuiu para que os enquadramentos não fossem feitos. Neste caso, 'a não obrigatoriedade do enquadramento' induz:

- à falta de motivação para o enquadramento;
- à falta de proteção aos usos que necessitam de água de melhor qualidade;
- à inexistência de objetivos de qualidade adequados aos usos das águas e conseqüente falta de padrões de referência para o monitoramento das bacias;
- à prevalência dos usos das águas de maior interesse econômico sobre usos de caráter social e ecológico (COSTA, 2005).

Um outro entrave na aplicação do enquadramento é que este é um instrumento de planejamento e o sistema de gestão no Brasil prioriza as atividades de comando-controle. O comando-controle possui caráter disciplinador, neste instrumento o poder público estabelece os padrões e monitora a qualidade ambiental, regulando as atividades e aplicando penalidades, via legislação e normas (BERNSTEIN, 1993). A vantagem é que

este instrumento tem uma elevada eficácia ecológica, uma vez fixada a norma esta deverá ser cumprida. A desvantagem é que os poluidores não têm liberdade para selecionar e promover os ajustes no tempo que lhes convir; não é regra justa, uma vez que não leva em consideração as distintas situações dos agentes individuais para cumprir a obrigação (PEREIRA & TAVARES, 2005).

Outra questão que precisa ser considerada é o fato de que a situação do enquadramento não é imutável, pois as necessidades nas bacias hidrográficas podem mudar. É preciso que fique claro que este é um instrumento flexível. Porto (2002) sugere que a revisão do enquadramento seja freqüente, ocorrendo a cada revisão do plano de bacia. Assim, em São Paulo os corpos d'água enquadrados de acordo com a Portaria Minnter 13/76, poderiam ser reenquadrados de acordo com as necessidades de cada bacia hidrográfica.

Como exposto por Granziera (2001), o enquadramento pode ser útil na proteção dos Recursos Hídricos, principalmente em termos de saúde pública, mas o descaso da regra em vigor pode anular o mesmo, assim como qualquer outro instrumento concebido com a finalidade de garantir a preservação dos recursos hídricos para as atuais e futuras gerações. Cabe a nós profissionais e membros da comunidade participarmos ativamente no processo de gestão através da participação na elaboração dos planos de bacia hidrográfica para que possamos garantir um meio ambiente sustentável à atual e às futuras gerações.

2 OBJETIVOS

- Discutir a qualidade das águas superficiais do reservatório Guarapiranga com base na resolução CONAMA 357/05.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Foram analisadas as concentrações de variáveis limnológicas (Tab. 13), em duas épocas do ano, em 33 pontos distribuídos ao longo da represa de Guarapiranga (Figs. 3 e 4) com o intuito de averiguar se estes parâmetros estavam dentro dos padrões estabelecidos

para os corpos d'água classe 1, na qual a represa Guarapiranga foi enquadrada pelo anexo do decreto 10.755 de 22 de novembro de 1977.

As campanhas foram efetuadas em 01 de setembro de 2006 e 10 de abril de 2007 e os pontos georeferenciados com sistema de coordenadas UTM, Datum Sad69 e meridiano central 45°00, por GPS modelo Garmin 72 (Tab. 1).

Em laboratório foram determinados os teores de sólidos totais, clorofila "a", fósforo total e os metais totais: cádmio, níquel, zinco e chumbo. Os métodos e as variáveis analisadas estão descritos em tabela (Tab. 13).

Tab. 13 Variáveis, métodos empregados, equipamentos, limite de detecção e respectivas referências utilizadas.

Variáveis	Método utilizado	Limite de detecção	Equipamentos	Referência
PH	Sonda Multiparâmetros	-	YSI 63	-
Oxigênio dissolvido (mg/L)	Oxímetro	-	HI 9142 – Hanna	-
Fósforo Total (µg/L)	Espectrofotométrico	10 µg/L	Micronal B572	VALDERRAMA (1981)
Clorofila 'a' (µg/L)	Espectrofotométrico	-	Micronal B572	LORENZEN (1967)
Sólidos totais (mg/L)	Gravimetria	-	-	WETZEL & LIKENS (1990)
Cádmio total (mg/L)	ICP-AES	0,0001 mg/L	Spectroflame da Spectro	APHA (1998)
Zinco total (mg/L)	ICP-AES	0,02 mg/L	Spectroflame da Spectro	APHA (1998)
Níquel total (mg/L)	ICP-AES	0,0004 mg/L	Spectroflame da Spectro	APHA (1998)
Chumbo total (mg/L)	ICP-AES	0,1218 mg/L	Spectroflame da Spectro	APHA (1998)

A primeira coleta foi iniciada às dez horas da manhã com término às catorze horas e a segunda com início às nove horas da manhã e término às treze horas. As amostras de água superficial foram coletadas em garrafas de polietileno e mantidas sob refrigeração até o processamento em laboratório. Foram obtidos *in situ* os dados de pH e oxigênio dissolvido (apenas na segunda amostragem).

A distribuição dos pontos na análise gráfica foi baseada na primeira componente principal obtida por meio de Análise de Componentes Principais (ACP).

Os valores obtidos, para as variáveis analisadas, foram comparados com os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05, para os corpos hídricos Classe 1 (Tab. 14).

Tab. 14 Padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 para corpos hídricos classe 1, para as variáveis analisada no presente estudo.

Variáveis	Padrões estabelecido pela Resolução CONAMA 357 para corpos hídricos classe 1
Ph	Entre 6 e 9
Oxigênio dissolvido	Em qualquer amostra, não inferior a 6 mg/L
Fósforo Total	Valor máximo 0,025 mg/L
Clorofila 'a'	Valor máximo 10 µg/L
Sólidos totais	Valor máximo 500 mg/L
Cádmio total	Valor máximo 0,001 mg/L
Zinco total	Valor máximo 0,18 mg/L
Níquel total	Valor máximo 0,025 mg/L
Chumbo total	Valor máximo 0,01 mg/L

4 RESULTADOS

A distribuição dos pontos na análise gráfica foi feita a partir da primeira componente principal obtida por meio ACP e os valores estão expressos em tabela (Tab 15).

Com base na resolução CONAMA 357 todas as variáveis analisadas estiveram dentro dos padrões estabelecidos para os corpos d'água enquadrados na classe 1, exceto as concentrações de fósforo total, clorofila 'a', zinco total, cádmio total e oxigênio dissolvido.

Tab. 15 Escores resultantes no eixo 1 por meio de Análise de Componentes Principais (ACP) com base numa matriz de correlações, de variáveis limnológicas das águas superficiais de 33 pontos de coleta no reservatório Guarapiranga, em amostragem efetuada em 01 de setembro de 2006 (Campanha 1) e 10 de abril de 2007 (Campanha 2).

Campanha 1				Campanha 2			
Pontos	Eixo 1	Pontos	Eixo 1	Pontos	Eixo 1	Pontos	Eixo 1
1	-1,00	18	0,07	1	-1,26	18	0,09
2	-0,72	19	0,10	2	-0,25	19	0,12
3	-0,22	20	0,12	3	-0,26	20	-0,10
4	-0,09	21	0,08	4	-0,20	21	0,05
5	0,31	22	0,00	5	0,05	22	0,05
6	-0,14	23	0,06	6	0,21	23	-0,18
7	-0,13	24	0,02	7	-0,07	24	0,36
8	-0,09	25	0,25	8	-0,06	25	0,08
9	-0,07	26	0,19	9	0,02	26	0,17
10	-0,11	27	0,32	10	0,02	27	0,16
11	-0,10	28	0,20	11	-0,05	28	0,20
12	-0,10	29	0,22	12	-0,02	29	0,07
13	-0,04	30	0,30	13	-0,05	30	0,24
14	0,01	31	0,37	14	0,07	31	0,19
15	-0,03	32	0,22	15	-0,05	32	0,13
16	0,01			16	-0,06	33	0,25
17	0,01			17	0,07		

O fósforo total, esteve fora do padrão estabelecido (25µg/L) na primeira campanha nos pontos 3, 7, 12 e 13, 21, 23 a 25 e 30 (Fig. 24), além dos pontos 1 e 2, os quais apresentaram concentrações de corpos d'água classe 4 e 3 respectivamente. Na segunda campanha apenas os pontos 3 a 6, 10 e 12 estiveram dentro dos padrões estabelecidos para a classe 1 para as concentrações de fósforo total (Fig. 25).

As concentrações de clorofila 'a' estiveram fora do padrão para a classe 1 (10 µg/L) em alguns pontos tanto na primeira quanto na segunda campanha. Na primeira campanha os pontos 17 a 23, 25 e 27 a 32 estiveram fora do padrão para a classe 1 (Fig. 26) e na segunda campanha os pontos: 3, 4, 7 a 13, 16 a 18, 20 a 23, 28, 32 e 33 (Fig. 27). Os pontos 1 e 2, apresentaram na segunda campanha concentrações de corpos d'água classe 4 (68,7 µg/L) e 3 (39,8 µg/L) respectivamente.

Fig. 24 Distribuição de fósforo total ($\mu\text{g/L}$) nas águas superficiais do reservatório e sua classificação de acordo com a resolução CONAMA 357/05. Distribuição dos pontos com base no arranjo de ACP. Campanha efetuada em 01 de setembro de 2006.

Fig. 25 Distribuição de fósforo total ($\mu\text{g/L}$) nas águas superficiais do reservatório e sua classificação de acordo com a resolução CONAMA 357/05. Distribuição dos pontos com base no arranjo de ACP. Campanha efetuada em 10 de abril de 2007.

Fig. 26 Distribuição de clorofila 'a' (µg/L) nas águas superficiais do reservatório e sua classificação de acordo com a resolução CONAMA 357/05. Distribuição dos pontos com base no arranjo de ACP. Campanha efetuada em 01 de setembro de 2006.

Fig. 27 Distribuição de Clorofila 'a' (µg/L) nas águas superficiais do reservatório e sua classificação de acordo com a resolução CONAMA 357/05. Distribuição dos pontos com base no arranjo de ACP. Campanha efetuada em 10 de abril de 2007.

As concentrações de cádmio estiveram dentro dos limites estabelecidos para os corpos d'água enquadrados na classe 1 (0,001mg/L) na primeira campanha, entretanto na segunda amostragem em todos os pontos estes valores estiveram acima do permitido pela resolução CONAMA 357/05, com características de corpos d'água classe 3 (Fig. 28).

Fig. 28 Distribuição de cádmio total (mg/L), nas águas superficiais do reservatório Guarapiranga e sua classificação de acordo com a resolução CONAMA 357/05. Distribuição dos pontos com base no arranjo de ACP. Campanha efetuada em 10 de abril de 2007.

As concentrações de zinco total estiveram fora do estabelecido para os corpos d'água classe 1 (0,18mg/L) apenas nos pontos 5 (0,34 mg/L) e 27 (0,19mg/L) na primeira amostragem.

As concentrações de oxigênio dissolvido foram obtidas apenas na segunda amostragem. A grande maioria dos pontos permaneceu fora dos padrões estabelecidos para a Classe 1 (Fig. 29). Apenas os pontos 6, 8, 12, 18, 19, 22 a 25, 27 e 29 a 33 estiveram dentro dos padrões estabelecidos para a classe 1.

Fig. 29 Distribuição de oxigênio dissolvido (mg/L), nas águas superficiais do reservatório Guarapiranga e sua classificação de acordo com a resolução CONAMA 357/05. Distribuição dos pontos com base no arranjo de ACP. Campanha efetuada em 10 de abril de 2007.

5 DISCUSSÃO

O enquadramento dos corpos de água deve estar baseado não necessariamente no seu estado atual, mas nos níveis de qualidade que deveriam possuir para atender às necessidades da comunidade. As classes nas quais os corpos hídricos são enquadrados são metas a serem atingidas. Assim, no presente estudo os dados analisados com valores fora dos padrões estabelecidos pela resolução CONAMA 357/05, mostram que a meta estabelecida ainda não foi atingida e aponta para a necessidade da tomada de medidas para que a mesma seja alcançada.

As concentrações de fósforo total, clorofila 'a' e oxigênio dissolvido, acima do recomendado pela legislação vigente, sugerem a grande descarga de efluentes sem tratamento na bacia Guarapiranga, o que aponta para a necessidade do controle da ocupação urbana irregular na área e da implantação de medidas apropriadas de saneamento básico, as quais já estariam sendo executadas, segundo Cetesb (2008) pela segunda fase do projeto

Tietê. Contudo apesar destes esforços, caso a ocupação irregular não seja controlada a entrada de efluentes sem tratamento continuará, e a meta para corpos d'água classe 1 não será alcançada. Seria então conveniente que os comitês de bacia estabelecessem prazos para o alcance dos objetivos propostos.

A descarga de efluentes sem tratamento nos corpos hídricos é um dos maiores problemas enfrentados, em âmbito nacional (ANA, 2005). Isto mostra a necessidade de se investir no setor de saneamento. As conseqüências causadas pela falta de tratamento nos efluentes, além dos problemas econômicos e de saúde pública como aumento nos custos para tratamento da água, floração de algas potencialmente tóxicas e doenças de veiculação hídrica, traz sérios transtornos ao ambiente, entre eles, a perda da biodiversidade.

Fator preocupante também está associado ao fato de que as concentrações de clorofila 'a', foram provavelmente inferiores ao real potencial produtivo do sistema. De acordo com dados da Cetesb (2007; 2008) a represa Guarapiranga apresentou concentrações de cobre dissolvido, em todos os meses, acima do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 (0,009 mg/l para classe 1), evidenciando a utilização de algicidas, fato que reduz as concentrações de clorofila 'a', e que poderia inserir o reservatório Guarapiranga numa classe inferior à encontrada no presente estudo. O uso de algicidas é apenas uma medida paliativa, e pode segundo Beyruth (2000) estimular o crescimento de alguns grupos de cianobactérias potencialmente tóxicas. Visando controlar o crescimento de algas, o ideal é que seja limitada a entrada de nutrientes no reservatório.

Em relação às concentrações de cádmio, os valores observados acima dos padrões estabelecidos pela legislação (CONAMA 357/05) apontam para a atividade antrópica na bacia. Este é um fator preocupante uma vez que alguns metais tendem à bioacumulação e o cádmio, particularmente, é metal nocivo tanto ao homem quanto às comunidades aquáticas. A agravante é que segundo Pizella (2005), os padrões estabelecidos para o cádmio, nas classes 1 e 2 na resolução CONAMA 357/05, não permitem o atendimento à proteção de comunidades aquáticas contra efeitos crônicos, de acordo com os valores referência estabelecidos pela United States Environmental Protection Agency (US EPA) e pelo Canadian Environmental Protection Act (CEPA). Assim, além dos valores encontrados para o cádmio ainda não terem atingido a meta estabelecida para os corpos hídricos classe 1,

estes valores não cumprem o atendimento às comunidades aquáticas. Sendo então necessária a revisão dos padrões estabelecidos para este parâmetro.

Apesar deste aspecto falho a resolução CONAMA 357/05 apresentou importante avanço ao acrescentar a análise dos teores de clorofila 'a' e recomendar em seu artigo 8º, a opção de se utilizar bioindicadores na avaliação da qualidade da água, e sugerindo também que os sedimentos e/ou biota aquática sejam investigados quanto à presença eventual de substâncias, quando a metodologia analítica disponível for insuficiente para quantificar as concentrações de substâncias nas águas. A utilização de bioindicadores é medida eficiente, pois dá indícios do estado real do ambiente. A leitura apenas de parâmetros químicos e físicos evidencia uma situação momentânea, uma vez que, segundo Pizella (2005), os componentes não mais lançados há longa data podem ainda demonstrar seus efeitos nocivos à biota por meio da bioacumulação.

Apesar dos avanços na área ambiental, o atual modelo de gestão brasileiro prioriza os usos e não a proteção dos ecossistemas aquáticos, diferentemente do modelo de gestão utilizado pela comunidade europeia, a Diretiva Quadro Água (DQA). Na DQA a gestão não está atrelada ao uso, mas à qualidade ecológica.

A DQA foi promulgada pela União Europeia com o intuito de simplificar o gerenciamento de recursos hídricos. A comunidade europeia fornece as diretrizes gerais e os estados membros, adequam as metas estabelecidas às suas respectivas realidades locais. A DQA estabelece o critério de estados ecológicos e os estados é que definem o que é estado ecológico excelente, bom ou ruim em suas localidades (Normas diretivas comunitárias). Esta é uma vantagem, pois os corpos d'água apresentam características distintas, devido às condições geológicas e ambientais locais.

No interior de São Paulo, por exemplo, as concentrações de alumínio nos corpos d'água estão acima dos limites estabelecidos pela resolução CONAMA 357, entretanto esta é uma condição natural, devido às características do solo da região (PORTO, comunicação pessoal, ZAMBETTA, 2006). Outro exemplo é observado nos rios amazônicos os quais apresentam muitas vezes baixos valores de pH devido à alta quantidade de matéria orgânica (ESTEVES, 1998), o que poderia conferir a estas características de corpos d'água impactados por atividade antrópicas.

Nossa legislação parece não considerar as características naturais dos ecossistemas. Assim um corpo hídrico, embora não tenha apresentado degradação por impactos antrópicos, pode apresentar concentrações de substâncias as quais poderiam enquadrá-lo numa classe de ambientes fortemente impactados. Nestas condições seria importante a participação dos profissionais em ecologia no processo de gestão, na elaboração dos planos de gerenciamento hídricos. Seria conveniente também, como sugerido por Camargo (2006), a inclusão da qualidade ecológica, presente na legislação europeia, nas leis estaduais as quais podem ser e assim seriam mais restritivas que as leis federais.

Caso tal proposta fosse feita e aprovada seria conveniente, a exemplo da DQA, a fixação de prazos para o alcance de objetivos finais. Embora o instrumento brasileiro de enquadramento apresente a idéia de metas progressivas, não são estipulados prazos para o alcance dos objetivos finais. A tomada de medidas punitivas de alto custo econômico tem colaborado para o cumprimento das metas estabelecidas pela legislação europeia (mecanismo comando-controle), o mesmo podendo ser seguido pela legislação brasileira.

Camargo (2006) salienta que a inclusão de alguns dos conceitos estabelecidos pela DQA permitiria que o estudo da água passasse a ser avaliado através de uma abordagem ecológica para a gestão sustentável dos ecossistemas aquáticos e não apenas para o consumo humano.

Embora se apresente ambicioso o modelo de gestão da comunidade europeia parece que apresentará resultados promissores por abordar justamente a questão ecológica.

É importante que as autoridades levem em conta as questões ecológicas no processo de gestão dos recursos hídricos no Brasil. O que se observa na verdade é um afastamento do ecólogo nos processos de tomada de decisão. Talvez isto ocorra pelo fato de que o papel do ecólogo tenha sido mais o de alertar sobre os perigos da poluição do que propor soluções técnicas para os problemas ambientais, atividade esta desempenhada por químicos e engenheiros (GLIWICZ, 1992). De acordo com Monteiro-Júnior (2004), a incerteza nas respostas dadas pela ecologia como um todo e da Limnologia em particular, devido às suas limitações e fragilidades, perante as perguntas geradas pela crise ambiental podem também contribuir com o afastamento do ecólogo nos processos de tomada de decisões. É preciso que os profissionais em ecologia considerem, além das questões éticas, os aspectos econômicos e factíveis de realização para que seja feita a ponte entre os formuladores de

políticas e a teoria ecológica. Para Risser (1996), devemos nos empenhar em responder as questões colocadas pelos tomadores de decisão, nos termos deles. A pesquisa ecológica só terá impacto significativo quando as teorias gerais forem aplicadas onde as decisões são tomadas, o que garantirá a sustentabilidade às gerações futuras.

6 CONCLUSÕES

- No reservatório Guarapiranga os teores de clorofila 'a', fósforo total e oxigênio dissolvido indicam que ao menos para tais variáveis as metas para corpos d'água enquadrados na classe 1 ainda não foram atingidas. Salientando a necessidade da tomada de medidas que visem a redução dos aportes de nutrientes ao reservatório.
- As concentrações totais de cádmio além de não estarem dentro das metas estabelecidas para corpos d'água classe 1, não seguem os valores de referência estabelecidos pela USEPA e CEPA para proteção da vida aquática, sendo conveniente a verificação destes valores pela resolução CONAMA 357.
- Seria interessante que as leis estaduais aplicassem, a modelo da DQA, instaurada pela comunidade européia, conceitos de qualidade ecológica aos ambientes. Considerando as peculiaridades naturais dos ecossistemas no processo de gestão dos recursos hídricos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB SABER, A. N. *Geomorfologia do sítio urbano de São Paulo*. (Tese). FFLCH, USP, São Paulo. 1957. 343p.
- ACIESP- Academia de Ciências do Estado de São Paulo. *Glossário de ecologia*. São Paulo: Academia de Ciências do Estado de São Paulo/ Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. 1997. 352p.
- AKAISHI, F., SATAKE, N; OTAKI, M. & TOMINAGA, N. Surface water quality and information about the environment surrounding Inle lake in Myanmar. *Limnology*, v. 7, p. 57-62. 2006.
- AKINYEMI, S.A. & NWANKWO, D.I. Effect of seasons on phytoplankton of the Asejire Reservoir (Nigeria). *International Journal on Algae*, v. 9, n.1, p.81-89. 2007.
- AMARASINGHE, P.B. & VIJVERBERG, J. Primary production in a tropical reservoir in Sri Lanka. *Hidrobiologia*, v. 487, p.85-93. 2002
- ANA- Agência Nacional Água- *Panorama da qualidade das águas superficiais no Brasil*. Brasília. ANA/MMA. 2005. 179p.
- ANA. Agência Nacional de Águas. *Panorama do Enquadramento dos Corpos d'Água do Brasil*. Cadernos de Recursos Hídricos 5. Brasília: ANA/MMA. 2006.126p.
- ANDRADE, A. A. S. *Análise da eficiência da várzea do ribeirão Parelheiros na melhoria da qualidade das águas que afluem à represa Guarapiranga, São Paulo*. (Dissertação). USP, São Carlos, 2005. 105p.
- APHA- American public health association. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. Whashington: American Public Health Association. 1998.
- ARFI, R. The effects of climate and hydrology on the trophic status of Sélingué Reservoir, Mali, West Africa. *Lakes & Reservoirs: Research and Management*, v.8, p. 247–257. 2003.
- ARMENGOL, J., J. C. GARCIA, M. COMERMA, M. ROMERO, J. DOLZ, M. ROURA, B. H. HAN, A. VIDAL & K. SIMEK. Longitudinal Processes in Canyon Type Reservoirs: the case of Sau (N.E. Spain). In: Tundisi, J. G. & M. Straskraba (org.), *Theoretical Reservoir Ecology and its Applications*. Backhuys Publishers. Leiden. The Netherlands. p. 313–345. 1999.

- AVILA-PÉREZ, P.; BALCAZAR, M. ZARAZÚA-ORTEGA, G.; BARCELÓ-QUINTAL, I.; DÍAZ-DELGADO, C. Heavy metal concentrations in water and bottom sediments of a Mexican reservoir. *The Science of Total Environmet*, v.234, p.185-196. 1999.
- AYRES, M.; AYRES Jr., M.; AYRES, D.L. & SANTOS, A.S. *BioEstat 2.0:Aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas*. Brasília: CNPq. 2000.
- BALTRUSIS, N. & ANCONA, A. L. Recuperação Ambiental e Saúde Pública: o programa Guarapiranga. *Saude soc.*, vol.15, n°.1, p.9-21. 2006.
- BARBIER, O., JACQUILLET, G., TAUC, M., COUGNON, M., & POUJEOL, P. Effect of heavy metals on, and handling by, the kidney. *Nephron Physiology*, v.99, p.105–110. 2005.
- BEGON, M.; TOWNSEND, C. R. & HARPER, J. L. *Ecology: From Individuals to Ecosystems*. Oxford: Blackwell Publishing. 2006.746p.
- BERNSTEIN, J.P. *Alternative Approaches to pollution control and wastewater management: regulatory and economic instruments*. Whashington: Urban Management Programme/ Worl Bank. 1993. 64p.
- BEYRUTH, Z. *Comunidade fitoplanctônica da represa de Guarapiranga: 1991-92. Aspectos ecológicos, sanitários e subsídios para reabilitação da qualidade ambiental*. (Tese). FSP, USP, São Paulo, 1996. 276p.
- BEYRUTH, Z. Periodic disturbances, trophic gradient and phytoplankton characteristics related to cyanobacterial growth in Guarapiranga reservoir, São Paulo; state, Brasil. *Hydrobiologia*, v.424, p.51-65. 2000.
- BRANCO, C. W. C. ; ROCHA, M.I. A.; PINTO, G. F. S.; GÔMARA, G. A. & FILIPPO, R. Limnological features of Funil Reservoir (R.J., Brazil) and indicator properties of rotifers and cladocerans of the zooplankton community. *Lakes & Reservoirs: Research and Management*, v.7, p.87–92. 2002.
- BRANDIMARTE, A. L., ANAYA, M., SHIMIZU, G.Y., MEIRELLES, S. T. & CANEPPELE, D. Impact of damming the Mogi-Guaçu River (São Paulo State, Brazil) on reservoir limnological variables. *Lakes & Reservoirs: Research and Management* v.13, p. 23–35. 2008.
- BRASIL. Constituição Federal da República Federativa do Brasil. Brasília (DF). 1988.

_____. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. *Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos*. Brasília (DF). Diário Oficial da República Federativa do Brasil. 1997.

_____. Resolução CONAMA nº 357. *Classificação das águas doces, salobras e salinas do território nacional*. Brasília (DF): Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 17 de março de 2005.

_____. Portaria nº 518. *Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências*. Brasília (DF): Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 25 de março de 2004.

CAMARGO, A. F.M. Eventos científicos - 1ª Oficina Nacional de biomonitoramento de ambientes aquáticos. *Boletim da Sociedade Brasileira de Limnologia*. v.1, nº 35, p.28-30, 2006.

CALIJURI, M.C. & DOS SANTOS, A.C.A. Temporal variations in phytoplankton primary production in a tropical reservoir (Barra Bonita, SP – Brazil). *Hydrobiologia*, n.445, p.11–26, 2001.

CALIJURI, M. C. & OLIVEIRA, H.T. Manejo da qualidade da água: uma abordagem metodológica. In: CATELLANO, E. G. & CHAUDHRY, F.H.(org). *Desenvolvimento sustentado: problemas e estratégias*. São Carlos: EESC-USP. 2000. p39-58.

CALLENDER, E. Heavy metals in the environment- historical trends. In: Lollar, B. S. *Treatise on geochemistry- Environmental Geochemistry*. Vol 9. Spain: Elsevier Pergamon. 2004. p.67-105.

CALLISTO, M.; GOULART, M.; BARBOSA, F. A. R. & ROCHA, O. Biodiversity assessment of benthic macroinvertebrates along a reservoir cascade in the lower São Francisco River (Northeastern Brazil). *Braz. J. Biol.*, v.65, n.2, p.229-240. 2005.

CAPOBIANCO, J.P.R & WHATELY, M. *Billings 2000: Ameaças e perspectivas para o maior reservatório de água da região metropolitana de São Paulo- Relatório do Diagnóstico Socioambiental Participativo da Bacia Hidrográfica da Billings no Período 1989-99*. São Paulo: ISA. 2000. 60p.

CARVALHO, L.R; SANT'ANNA, C. L.; GEMELGO, M.C.P. & AZEVEDO, M.T.P. Cyanobacterial occurrence and detection of microcystin by planar Chromatography in

surface water of Billings and Guarapiranga Reservoirs (SP- Brazil). *Revista Brasil. Bot.*, v.30, n. 1, p. 141-148. 2007.

CDHU, Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano do estado de São Paulo. *Programa Guarapiranga*. Disponível em: <http://www.habitacao.sp.gov.br/http/prohab/recuperacao/guarapiranga/teguarapiranga.asp2008> Acesso em 07 Jul de 2008.

CETESB, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. *Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo 2001*, São Paulo: CETESB, Secretaria de Estado do Meio Ambiente, p.232. 2002.

_____. *Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo 2003*, São Paulo: CETESB, Secretaria de Estado do Meio Ambiente, p.264. 2004.

_____. *Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo 2005*, São Paulo: CETESB, Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 320 p. 2006.

_____. *Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo 2006*, São Paulo: CETESB, Secretaria de Estado do Meio Ambiente, p.327. 2007.

_____. *Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo 2007*, São Paulo: CETESB, Secretaria de Estado do Meio Ambiente, p.536. 2008.

CLETO-FILHO, S.E.N & ARCIFA, M.S. Horizontal distribution and temporal variation of the zoobenthos of a tropical Brazilian lake. *Acta Limnol.Brasil.*, v.18, n°4, p. 407-421, 2006.

COSTA, M.P. A regulação dos recursos hídricos e a gestão da qualidade da água: o caso da bacia do Rio São Francisco. (Tese). IB, USP, São Paulo, 2005. 176 p.

DA SILVA, A.M.M. & SACOMANI, L.B. Using chemical and physical parameters to define the quality of pardo river water (Botucatu-SP-Brazil) *Water Research*, v. 35, n. 6, p. 1609-1616, 2001.

DAE. Para salvar o manancial. *DAE*, v. 52, n.164, p.8-17.1992.

DAVIES, K.F.; CHESSON P.; HARRISON, S.; INOUE, B. D., MELBOURNE, B.A.; RICE, K. J. Spatial Heterogeneity Explains the Scale Dependence of the Native-Exotic Diversity Relationship. *Ecology*, v. 86, n. 6, p. 1602-1610. 2005.

DESHMUCK, I. *Ecology and tropical biology*. Oxford: Blackwell Scientific Publications. 1986. 387p.

- DOMINGOS, M.D. Heterogeneidade espacial (Horizontal) da represa do Guarapiranga (São Paulo) e a distribuição da comunidade zooplantônica. (Dissertação). USP, São Carlos, 1993. 156p.
- DOWNING, J.A. Biological heterogeneity in aquatic ecosystems. In: Kolasa, J. & Pickett, S.T. A. *Ecological Heterogeneity*. New York: Springer-Verlag. 1991. p.160-180.
- DUTILLEUL, P. Spatial heterogeneity and the design of ecological field experiments. *Ecology*, v.74, n.6, p.1646-1658. 1993.
- EL-ENANY, A.E. & ISSA, A.A. Cyanobacteria as a biosorbent of heavy metals in sewage water. *Environmental Toxicology and Pharmacology* v.8, p. 95–101. 2000.
- ELHATIP, H. & GÜLLÜ, O. Influences of wastewater discharges on the water quality of Mamasin damwatershed in Aksaray, Central Anatolian part of Turkey. *Environ. Geol.* v.48, p.829–834. 2005.
- EMAE, Empresa Metropolitana de Águas e Energia S.A. Disponível em: <<http://www.emae.sp.gov.br/>>, Acesso em 30 Ago. 2006.
- ESPÍNDOLA, E.L.G., ROCHA, O. RIETZLER. Caracterização Limnológica do Reservatório de Salto Grande (Americana, SP): Uma análise Espacial e Temporal. In: Espíndola, E.L.G., Leite, M.A. & Dornfeld, C. (org). *Reservatório de Salto Grande (Americana, SP): uma análise da degradação ambiental por meio da abordagem espacial e temporal*. São Carlos: RiMa. 37-54p. 2004.
- ESTEVES, F.A. Limnologia. Rio de Janeiro: INEP: Interciência. 1998. 602p.
- GARCIA-SANTOS, S.; FONTAÍNHAS-FERNANDES, A.; WILSON, J. M. Cadmium Tolerance in the Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Following Acute Exposure: Assessment of Some Ionoregulatory Parameters. *Environmetal Toxicology*, v 21, nº1, p. 36-46.
- GÁRCIA-VILLADA, L.; RICO, M., ALTAMIRANO, M.; SÁNCHEZ-MARTÍN, L.; LÓPEZ RODAS, V. & COSTAS, E. Occurrence of copper resistant mutants in the toxic cyanobacteria *Microcystis aeruginosa*: characterization and future implications in the use of copper sulphate as algacide. *Water Research*, v.38, p. 2207-2213. 2004.
- GAUR, V. K.; GUPTA, S. K.; PANDEY, S.D.; GOPAL, K., & MISRA, V. Distribution of heavy metals in sediment and water of River Gomti. *Environmental Monitoring and Assessment*, v.102, p. 419–433. 2005.

- GERALDES, A. M. & BOAVIDA, M. J. L. Limnological variations of a reservoir during two successive years: One wet, another dry. *Lakes & Reservoirs: Research and Management*, v.9, p. 143–152. 2004.
- GLIWICZ, M. Z. Interactions Between Trophic Levels. *Hydrobiologia*, n.1, p. 283-291. 1992.
- GOMES, L.C. & MIRANDA, L.E. Hydrologic and climatic regimes limit phytoplankton biomass in reservoirs of the Upper Paraná River Basin, Brazil. *Hydrobiologia* v. 457, p. 205-217. 2001.
- GRANZIERA, M.L.M. *Direito das águas: disciplina jurídica de águas doces*. São Paulo: Atlas. 2001.245p.
- GUARINO, A.W.S.; BRANCO, C.W.C.; DINIZ, G.P. & ROCHA, R. Limnological characteristics of an old tropical reservoir (Ribeirão das Lajes reservoir, RJ, Brazil). *Acta limnol. Bras.* v.12, n.2, p.129-141. 2005.
- HART, B.T., DOK, W. DJUANGSIH. Nutrient budget for Saguling Reservoir, west Java, Indonesia. *Water Research*, v.36, p.2152-2160. 2002.
- HENRY, R. A variabilidade de alguns fatores físicos e químicos da água e implicações para amostragem: estudos de caso em quatro represas do estado de São Paulo. In: Bicudo, C.E.M. & Bicudo, D.C. *Amostragem em limnologia*. São Carlos: RiMa. 2004. p.245-262.
- HENRY, R., NUNES, M. A., MITSUKA, P. M., LIMA, N. & CASANOVA, S. M. C. Variação espacial e temporal da produtividade primária pelo fitoplâncton na represa de Jurumirim (rio Paranapanema, sp). *Rev. Brasil. Biol.*, v.58, n.4, p.571-590. 1998.
- ISA- Instituto Sócio Ambiental. *Para a Sabesp, incorporar novos mananciais será inevitável para abastecer São Paulo*. Disponível em: <<https://www.socioambiental.org/nsa/detalhe?id=1949>>, Acesso em 23 Mar. 2007.
- KEMDIRIM, E.C. 2005. Studies on the hydrochemistry of Kangimi reservoir, Kaduna state, Nigeria. *African Journal of Ecology*, v.43, p.7-13.
- KIBICHII, S.; SHIVOGA, W. A.; MUCHIRI, M. & MILLER, S. N. Macroinvertebrate assemblages along a land-use gradient in the upper River Njoro watershed of Lake Nakuru drainage basin, Kenya. *Lakes & Reservoirs: Research and Management*, v.12, p.107–117. 2007.

- KIM, B.; PARK, J.H.; HWANG, G.; JUN, M.S. & CHOI, K. Eutrofication of reservoirs in south Korea. *Limnology* v.2, p.223-229. 2001.
- KIMMEL, B. L.; LIND, O.T. & PAULSON, L. J. Reservoir primary production. In: Thorton, K.W; Kimmel, B. L. & Payne, F.E. *Reservoir limnology: ecological perspectives*. New York : John Wiley. 1990. p.133-193.
- KLEEREKOPER, H. Estudo limnológico da represa de Santo Amaro. *Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras USP. Botânica*, n.2, p.11-151. 1939
- KOLLASA, J. & ROLLO, C.D. Introduction: The heterogeneity of heterogeneity: A glossary. In: Kolasa, J. & Pickett, S.T,A. (org.) *Ecological Heterogeneity*. New York: Springer-Verlag. p.1-23. 1991.
- KOTUT, K., KRIENITZ, L. & MUTHURI, M.M. Temporal changes in phytoplankton structure and composition at Turkwel Gorge Reservoir, Kenya. *Hydrobiologia* v. 368, p. 41-59. 1998.
- KOTUT, K.; NJUGUNA, S.G.; MUTHURI, F.M. & KRIENITZ, L. The Physico-chemical Conditions of Turkwel Gorge Reservoir, a New Man Made Lake in Northern Kenya. *Limnologica*, v.29, p.377-392. 1999.
- KREBS, C. J. *Ecology*. New York: Harper Collins College. 1994. 801p.
- KUREYSHEVICH, A.V.; SIRENKO, L.A. & MEDVED, V.A. Long-term dynamics of the content of chlorophyll 'a' and peculiarities of development of phytoplankton in the Dneprodzerzhinsk reservoir. *Hydrobiological Journal*, v.36, n5.p.128-142. 2000.
- KUWABARA, R. Long-term changes in the aquatic biota of Lake Abashiri, a meromictic lake in northeastern Hokkaido, Japan. *Lakes & Reservoirs: Research and Management*, v.6, p.175–181. 2001.
- LAMPARELLI, M.C. *Graus de trofia em corpos d'água de estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento*. (Tese). IB, USP, São Paulo. 2004. 238p.
- LEEUWESTEIN, J.M.; CORDEIRO NETTO, O.M. *Avaliação da aplicação do instrumento de enquadramento de corpos d'água em países selecionados*. Anais do II Simpósio de Recursos Hídricos do Centro – Oeste. Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Campo Grande, MS. 2002.
- LEGENDRE, P. & LEGENDRE, L. *Numerical Ecology*. Amsterdam: Elsevier Science. 1998. 853p.

- LEITE, M.A.; ESPÍNDOLA, E.L.G.; DORNFELD, C.B. & TONISSI, F.B. Quantificação de metais na água do reservatório de Salto Grande (Americana, SP) In: Espíndola, E.L.G., Leite, M.A. & Dornfeld, C. (org). *Reservatório de Salto Grande (Americana, SP): uma análise da degradação ambiental por meio da abordagem espacial e temporal*. São Carlos: RiMa. p.55-70. 2004.
- LIND, O.T. TERREL, T.T & KIMMEL, B.L. Problems in reservoir trophic-state classification and implications for reservoir management. In: STRAŠKRABA, M. & TUNDISI, J.G. (org.). *Comparative reservoir limnology and water quality management*. Netherlands: Kluwer Academic publishers.1993. p57-67
- LORENZEN, C. J. Determination of chlorophyll and pheo-pigments: Spectrophotometric equations. *Limnol. Oceanogr.*, v 12, p. 343-346. 1967.
- MAIER, M.H. Limnologia de reservatórios do sudoeste do estado de São Paulo, Brasil. II Circulação e estratificação da água. *B.Inst.Pesca*, v.12, n. 1, p.11-43. 1985.
- MAIER, M.H.& TAKINO, M. Limnologia de reservatórios do sudoeste do estado de São Paulo, Brasil. III - Qualidade da água. *B.Inst.Pesca*, v.12, n. 1, p.45-73. 1985
- MARGALEF, R. *Ecologia*. Barcelona: Omega. 1991. 951p.
- MARIANI, C.F. *Reservatório Rio Grande: caracterização limnológica da água e biodisponibilidade de metais-traço no sedimento*. (Dissertação). USP, São Paulo. 2005. 138p.
- MASTOI, G. M.; SYED, G. S. S. & KHUHAWAR, M. Y. Assessment of water quality of Manchar Lake in Sindh (Pakistan). *Environ Monit Assess.*, v. 141, n°1-3, p. 287-296. 2008.
- MATSUMURA-TUNDISI, T & TUNDISI, J. G. Plankton richness in a eutrophic reservoir (Barra Bonita Reservoir, SP, Brazil). *Hydrobiologia*, v. 542, p. 367–378. 2005.
- MATSUZAKI, M. Transposição das águas do braço Taquacetuba da represa Billings para a represa Guarapiranga: aspectos relacionados à qualidade de água para abastecimento. (Tese). FSP, USP, São Paulo, 2007. 181p.
- MELCHOR, A.; SILVEIRA, A.; LOPEZ, G.M.; ARAUJO, R. Preservação de mananciais para abastecimento: Guarapiranga- um modelo para preservação. *DAE*, v.35 p. 14-25. 1975.
- MÉNDEZ-ARMENTA, M. & RÍOS, C. Cadmium neurotoxicity. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, v.23, p.350–358. 2007.

- MILNE, B.T. Heterogeneity as a multiscale characteristic of landscapes. In: Kolasa, J. & Pickett, S.T.A. (org.). *Ecological Heterogeneity*. New York: Springer-Verlag. 1991.p.69-84.
- MONTEIRO-JÚNIOR, A. J. Estudo de impacto ambiental - uma avaliação crítica. In: JACOBI, P. R. (org.). *Ciência Ambiental: Os desafios da interdisciplinariedade*. São Paulo: Annablume, FAPESP. 1999. p.83-155.
- MOORE, J.W. *Inorganic Contaminants of surface Water: Research and monitoring priorities*. New York: Springer-Verlag. 1991. 334p.
- MOZETO, A. A, BEVILACQUA, J.E. DE PAULA F.C. Biogeoquímica de metais pesados e nutrientes dos sedimentos e particulados de mananciais eutróficos da região metropolitana de São Paulo. XI Reunião Chemrawn em Química Ambiental, Congresso Latino Americano de Química Analítica Ambiental. Montevideo, Uruguai, Março de 1998. 115p.
- MWAURA, F. The spatio-temporal characteristics of water transparency and temperature in shallow reservoirs in Kenya *Lakes & Reservoirs: Research and Management*, v.8, p. 259–268. 2003.
- NES, E. H. & SCHEFFER M. Implications of Spatial Heterogeneity for Catastrophic Regime Shifts in Ecosystems. *Ecology*, v. 86, n. 7, p. 1797-1807. 2005.
- NOGUEIRA, M. G., HENRY, R. & MARICATTO, F.E.. Spatial and temporal heterogeneity in the Jurumirim reservoir, São Paulo Brazil. *Lakes & Reservoir: Research and management*, v.4, p.107-120. 1999
- NOGUEIRA, M. G. Phytoplankton composition, dominance and abundance as indicators of environmental compartmentalization in Jurumirim Reservoir (Paranapanema River), São Paulo, Brazil. *Hydrobiologia*, v.431, p.115–128. 2000.
- NOGUEIRA, M.G. Zooplankton composition, dominance and abundance as indicators of environmental compartmentalization in Jurumirim reservoir (Paranapanema River), São Paulo, Brazil. *Hydrobiologia*, v.455, p.1-18. 2001.
- NWEZE, N.O. Seasonal variations in phytoplankton populations in Ogelube Lake, a small natural West African Lake. *Lakes & Reservoirs: Research and Management* v.11, p.63–72. 2006.
- OCHIENG E.Z.; LALAH; J.O. & WANDIGA S.O. Analysis of Heavy Metals in Water and Surface Sediment in Five Rift Valley Lakes in Kenya for Assessment of Recent Increase in Anthropogenic Activities. *Bull Environ Contam. Toxicol.* v.79, p.570-576. 2007.

OLIVEIRA, M.C.C. Estudo da exposição ambiental a metais e radionuclídeos em crianças do entorno da represa Guarapiranga. (Tese) PROCAM-USP, São Paulo, 2005. 73p.

OUYANG, T.P.; ZHU, Z.Y.; KUANG, Y.Q.; HUANG, N.S.; TAN, J.J.; GUO, G.Z.; GU, L.S. & SUN, B. Dissolved trace elements in river water: spatial distribution and the influencing factor, a study for the Pearl River delta Economic zone, China. *Environ. Geol.*, v. 49, p.733-742. 2006.

PADIAL, P.R. *Qualidade, heterogeneidade espacial e biodisponibilidade de metais do sedimento de um reservatório tropical urbano eutrofizado (Reservatório Guarapiranga, SP)*. (Dissertação). USP, São Paulo, 2008.

PAGIORI, T.A.; ROBERTO, M.C.; THOMAZ, S.M.; PIERINI, S.A. & TAKA, M. Zonção longitudinal das variáveis limnológicas abióticas em reservatórios. In: Rodrigues, L.; Thomaz, S.M. Agostinho, A. A. ; Gomes, L.C. *Biocenoses em Reservatórios: Padrões Espaciais e Temporais*. São Carlos: Rima. 2005. p.39-46.

PANARELLI, E.A.; NOGUEIRA, M. G. & HENRY, R. Short term variability of copepod abundance in Jurumirim reservoir, São Paulo, Brazil. *Braz. J. Biol.* v.61, n.4, p.577-598. 2001.

PEREIRA, J.A. & TAVARES, V.E. Instrumentos de gestão ambiental: uma análise para o setor de recursos hídricos. Disponível em: http://www.ufrgs.br/fce/rae/edicoes_anteriores/pdf_edicao31/Microsoft%20Word%20-%202005Jaildo.pdf Acesso em 01 Jul. 2008.

PIMENTEL-GOMES, F. Curso de estatística experimental. Piracicaba: Esalq. 2000. 477p.

PIZZELA, D. G. *Análise da sustentabilidade ambiental do sistema de classificação das águas doces superficiais*. (Dissertação). USP, São Carlos, 2006. 172p.

POMPEU, C.T. Águas doces no direito brasileiro. In: Rebouças, A.C.; Braga, B. & Tundisi, J.G (org.). *Águas doces no Brasil, capital ecológico, uso e conservação*. São Paulo: Escrituras. 1999. p. 601-636.

PORTO, M.A.F. Sistemas de gestão da qualidade das águas: uma proposta para o caso brasileiro. (Tese livre docência). USP, São Paulo, 2002.131p.

RICKLEFS, R. E. *A economia da natureza*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 1996. 470p.

- RISSER, P.G. Decision makers must lead in defining some environmental science. *Ecological applications*, v. 6, n. 1, p. 24-26. 1996.
- ROCHA 1976 A. A. *A limnologia, os aspectos ecológicos-sanitários e a macrofauna bentônica da represa do Guarapiranga na região metropolitana de São Paulo*. (Tese). USP, São Paulo, 1976.194p.
- ROCHA, S.M. *Macroinvertebrados bentônicos como indicadores de poluição na represa do Guarapiranga-SP*. (Dissertação). FSP, USP, São Paulo.1999. 200p.
- ROLLA, M. E., DEBÉS, M.B.G.S, FRANÇA, R.C. FERREIRA, E.M.V.M. Inventário limnológico do Rio Grande na área de influência da futura usina hidrelétrica (UHE) de Igarapava. *Acta limnol. Bras.*, v. 4, p.139-162. 1992.
- SABESP- Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Disponível em: <<http://www.sabesp.com.br>>, Acesso em 01 Out. de 2007.
- SANTO , L.E. & PAULO, M. S. Limnologia de reservatórios do sudeste do estado de São Paulo. I.Climatologia. *B.Inst.Pesca*, v.12, n.1, p.1-10. 1985.
- SANTOS, A. C. A. Heterogeneidade espacial e a variabilidade temporal de dois reservatórios com diferentes graus de trofia, no estado de São Paulo. (Tese). EESC, USP, São Carlos. 2003. 208p.
- SÃO PAULO. Lei nº 7.663, de 30 de dezembro de 1991 *Estabelece normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos bem como ao Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos*. Diário Oficial da República Federativa do Brasil.1991.
- SZAJUBOK, A.L.F.R. *O desenvolvimento da comunidade fitoplanctônica na Represa Guarapiranga no período de 1994 a 1997*. (Dissertação). FSP, USP, São Paulo, 2000. 182p
- SEMA- Secretaria do Estado do Meio Ambiente. *Gestão Participativa das águas*. São Paulo: SEMA. 2004. 96p.
- _____ *Lei estadual nº 9866/97: Uma nova política de mananciais- diretrizes e normas para a proteção e recuperação das bacias hidrográficas dos mananciais de interesse regional do estado de São Paulo*. São Paulo: SEMA. 1997. 23p.
- SETTACHARNWIT, S.; BUCKNEY, R. T. & LIM, R. P. The nutrient status of Nong Han, a shallow tropical lake in north-eastern Thailand: Spatial and temporal variations. *Lakes & Reservoirs: Research and Management*, v. 8, p.189–200. 2003.

- SHCHERBAK, V.I. & BONDARENKO, O.V. Spatial and Temporal Dynamics of Phytoplankton in the "River-Reservoir-River" System. *Hydrobiological Journal*, v. 41, n. 2, p.36-41.2005.
- SIPAÚBA-TAVARES, L.H, LIGEIRO, S.R. & DURIGAN, J.G. Variação de alguns parâmetros limnológicos em um viveiro de piscicultura em função da luz. *Acta limnol. Brás.*, v.7, p. 138-150. 1995.
- SMIL, V. Phosphorus in the environment: natural flows and human interferences. *Ann. Ver. Energy Environ.*, v.25, p.53-88.2000.
- STRAŠKRABA, M. & TUNDISI, J.G. *Diretrizes para o gerenciamento de lagos- vol. 9: Gerenciamento da qualidade da água de represas*. São Carlos: ILEC/ IIE. 2000. 280p.
- SVENNING, J.C. On the Role of Microenvironmental Heterogeneity in the Ecology and Diversification of Neotropical Rain-Forest Palms (Arecaceae). *The Botanical Review*, v. 67 n.1, p. 1-53. 2001.
- TALLING, J. F. & LEMOALLE, J. *Ecological Dynamics of tropical inland waters*. Cambridge: Cambridge University. 1998. 441p.
- TEIXEIRA, C.; TUNDISI, J.G; & KUTNER, M.B. Plankton studies in a mangrove II. The standing stock and some ecological factors. *Bol. Inst. Oceanogr.*, v.24, p.23-41. 1965.
- THORTON, K.W. Perspectives on reservoir limnology. In: Thorton, K.W; Kimmel, B. L. & Payne, F.E. *Reservoir limnology: ecological perspectives*. New York: John Wiley. 1990. p1-13.
- TOWNSEND, S. A. The seasonal pattern of dissolved oxygen, and hypolimnetic deoxygenation, in two tropical Australian reservoirs. *Lakes & Reservoirs: Research and Management*, v.4, p.41-53. 1999.
- TUNA, A. L.; YILMAZ, E. & DEMIRAK, A. Sources and distribution of trace metals in the saricay stream basin of southwestern turkey. *Environ. Monit. Assess.* v.125, n°1-3, p.47-57. 2007.
- TUNDISI, J.G. Reservoirs as complex systems. *Ciência e cultura Journal of the Brazilian association for the advancement of science*, v. 48, n.5/6, p.383-387. 1996.
- TUNDISI, J.G. *Produção primária, "standing stock" e fracionamento do fitoplankton na região lagunar de Cananéia*. (Tese). USP, São Paulo, 1969. 131p.

- VALDERRAMA, J.C. The simultaneous analysis of total nitrogen and phosphorus in natural waters. *Mar. Chem.*, v.10, p.109-122. 1981.
- VIVEIROS, M. Esgoto dobra custo de tratamento da água. Folha de S.Paulo. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/folha/cotidiano/ult95u97316.shtml>>, Acesso em 25 Jul. 2004.
- WANG, X.; LU, Y.; HE, G.; HAN, J. & WANG, T. Multivariate Analysis of Interactions Between Phytoplankton Biomass and Environmental Variables in Taihu Lake, China. *Environ Monit Assess*, v.133, p.243–253. 2007.
- WHATELY M. & CUNHA, P.M. Guarapiranga 2005: Como e por que São Paulo está perdendo este manancial: resultados do diagnóstico socioambiental participativo da bacia hidrográfica da Guarapiranga. São Paulo: Instituto Sócio Ambiental. 2006. 51p.
- WETZEL, R.G. *Limnology: lake and river ecosystems*. San Diego: Academic Press. 2001. 1006p.
- WETZEL, R.G. & LIKENS, G.E. *Limnological Analyses*. New York: Springer –Velage. 1991. 391p.
- ZAMBETTA, R.T.A. *Espécies químicas inorgânicas (Al, As, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb e Sn) no sedimento e nos sólidos em suspensão do rio Corumbataí, SP*. (Dissertação). USP, Piracicaba. 2006. 74p.
- ZINABU, G.M. The effects of wet and dry seasons on concentrations of solutes and phytoplankton biomass in seven Ethiopian rift valley lakes. *Limnologica*, v.32, p.169-179. 2005.

ANEXOS

Anexo 1 Planilha de dados obtida a partir da análise das águas superficiais de 32 pontos de coleta distribuídos ao longo do reservatório Guarapiranga. Campanha efetuada em 01 de setembro de 2006. As variáveis analisadas foram profundidade do reservatório (P), disco de Secchi (DS), temperatura (T), pH, condutividade elétrica (CE), sólidos totais (ST), material particulado em suspensão total (MST), material particulado em suspensão orgânico (MSO), material particulado em suspensão (MSI), fósforo total (PT), nitrogênio (NT), clorofila 'a' (Cla), feofitina (Feo), zinco total (Zn), cádmio total (Cd) e índice de estado trófico (IET).

Ponto	P (m)	DS (m)	T (°C)	pH	CE (µS/cm)	ST (mg/L)	MST (mg/L)	MSO (mg/L)	MSI (mg/L)	MSO (%)	MSI (%)	NT (µg/L)	PT (µg/L)	Cla (µg/L)	Feo (µg/L)	Zn (mg/L)	Cd (mg/L)	IET
1	1,4	0,4	17,8	7,2	219,4	162,0	20,0	11,4	8,6	57,1	42,9	830,7	134,3	2,9	16,4	*	*	61
2	2,2	0,7	17,9	7,1	235,0	124,5	8,2	4,0	1,9	48,8	51,2	757,5	99,1	*	29,6	*	*	64
3	2,4	1,2	18,0	7,4	147,6	92,5	4,3	3,6	2,4	84,0	16,0	723,7	42,9	*	15,6	0,0356	0,0016	57
4	6,9	1,3	18,5	7,4	122,8	84,0	2,9	1,7	1,1	60,0	40,0	441,0	23,3	2,7	9,1	0,0411	*	53
5	5,0	1,2	18,5	7,6	99,7	68,0	3,3	1,5	2,2	45,0	55,0	399,0	12,7	0,9	5,3	0,3410	*	56
6	2,7	1,0	18,3	7,4	125,0	85,5	5,8	3,2	3,2	54,3	45,7	402,4	23,7	*	19,6	*	*	57
7	5,6	0,9	18,9	7,5	127,0	83,0	4,8	3,2	2,0	65,5	34,5	445,1	30,7	*	26,7	*	*	58
8	7,4	1,3	18,8	7,4	129,4	79,0	1,5	1,5	0,0	100,0	0,0	547,2	19,2	0,9	23,1	*	0,0002	56
9	5,7	1,3	18,6	7,5	130,5	84,5	4,3	2,5	2,2	57,7	42,3	385,2	20,8	*	30,1	0,0318	*	54
10	2,5	1,1	18,4	7,5	131,9	84,5	5,0	3,0	2,4	60,0	40,0	394,8	23,7	*	37,3	*	*	56
11	7,5	1,5	18,6	7,5	132,0	81,0	3,5	3,3	0,2	95,2	4,8	390,3	25,7	*	29,4	*	*	54
12	6,5	1,4	19,2	7,6	129,5	86,5	3,5	3,3	0,2	95,2	4,8	300,1	26,1	*	46,6	*	*	55
13	6,3	1,5	18,8	7,6	130,6	79,5	3,5	3,5	0,0	100,0	0,0	347,3	25,9	*	51,3	0,0385	*	54
14	7,5	1,5	19,8	7,6	128,1	86,0	3,7	3,7	0,0	100,0	0,0	302,2	23,1	22,0	15,6	*	0,0003	46
15	8,0	1,4	19,2	7,7	129,6	82,0	4,3	3,5	1,0	80,8	19,2	423,2	24,9	*	36,2	0,0228	*	55
16	4,8	1,4	19,4	7,7	128,5	81,0	4,3	4,0	0,4	92,3	7,7	319,7	16,6	*	63,6	0,0291	*	53
17	4,5	1,2	19,2	7,7	128,3	83,5	3,8	3,8	0,0	100,0	0,0	237,9	24,9	14,6	29,5	*	*	48
18	3,8	1,3	19,2	7,7	128,2	84,5	5,8	5,5	0,4	94,3	5,7	313,7	17,6	23,3	24,4	*	0,0007	45
19	2,8	1,2	19,3	7,8	128,4	82,5	5,3	5,0	0,4	93,8	6,2	524,3	10,7	11,4	35,0	0,0228	*	47
20	9,5	1,4	19,3	7,8	128,6	79,5	3,8	3,8	0,0	100,0	0,0	537,5	23,3	28,4	12,8	*	*	45
21	9,0	1,3	19,3	7,8	127,1	81,0	4,7	4,7	0,0	100,0	0,0	263,0	33,4	29,7	18,7	*	0,0003	46
22	8,5	1,5	19,4	7,9	128,6	123,5	5,3	5,0	0,4	93,7	6,3	230,7	24,5	37,1	15,7	0,0437	*	44
23	9,0	1,6	19,3	7,9	126,4	87,5	4,8	4,8	0,0	100,0	0,0	508,6	28,7	15,1	24,4	0,0359	*	48

Ponto	P (m)	DS (m)	T (°C)	pH	CE (µS/cm)	ST (mg/L)	MST (mg/L)	MSO (mg/L)	MSI (mg/L)	MSO (%)	MSI (%)	NT (µg/L)	PT (µg/L)	Cla (µg/L)	Feo (µg/L)	Zn (mg/L)	Cd (mg/L)	IET
24	9,6	1,4	19,4	8,0	126,8	80,0	5,5	5,0	0,6	90,9	9,1	343,8	29,9	*	51,8	*	*	55
25	10,0	1,5	19,3	8,0	125,2	79,5	5,8	5,7	0,2	97,1	2,9	495,0	25,7	35,7	11,4	0,0763	0,0015	44
26	9,0	1,5	19,1	8,2	128,5	76,0	5,2	4,8	0,4	93,5	6,5	489,9	23,5	7,3	36,8	0,0541	*	50
27	4,9	1,5	19,1	8,0	127,9	86,5	5,0	5,0	0,0	100,0	0,0	610,3	23,3	37,1	15,3	0,1853	0,0003	44
28	2,0	1,3	19,1	8,0	127,2	86,5	5,8	5,3	0,6	91,4	8,6	534,8	12,7	14,2	35,6	0,1078	*	46
29	5,4	1,3	19,1	8,0	126,7	89,0	5,5	5,3	0,2	97,0	3,0	658,9	19,2	33,9	10,3	0,0661	0,0006	44
30	8,9	1,3	19,0	8,5	127,1	86,0	4,8	4,7	0,2	96,6	3,4	248,5	27,9	40,3	10,8	*	*	45
31	5,8	1,5	18,7	8,7	126,0	101,5	5,2	5,0	0,2	96,8	3,2	532,4	24,1	31,6	10,9	0,1421	0,0011	45
32	5,8	1,5	18,4	8,1	128,1	82,5	4,2	3,7	0,6	88,0	12,0	611,6	24,7	31,1	16,0	0,0364	0,0013	45

* Valores não detectados pelo método

Anexo 2 Planilha de dados obtida a partir da análise das águas superficiais de 33 pontos de coleta distribuídos ao longo do reservatório Guarapiranga. Campanha efetuada em 10 de abril de 2007. As variáveis analisadas foram profundidade do reservatório (P), disco de Secchi (DS), oxigênio dissolvido (OD), temperatura (T), pH, condutividade elétrica (CE), sólidos totais (ST), material particulado em suspensão total (MST), material particulado em suspensão orgânico (MSO), material particulado em suspensão (MSI), fósforo total (PT), nitrogênio (NT), clorofila 'a' (Cla), feoftina (Feo), zinco total (Zn) e cádmio total (Cd), níquel total (Ni) e índice de estado trófico (IET).

Ponto	P	DS	OD	T		CE	ST	MST	MSO	MSI	MSO	MSI	PT	NT	Cla	Feo	Zn	Cd	Ni	IET
	(m)	(m)	(mg/L)	(°C)	pH	(µS/cm)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	%	%	(µg/L)	(µg/L)	(µg/L)	(µg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	
1	4,2	0,7	3,9	22,5	6,8	170,1	98,5	11,8	8,5	3,3	71,8	28,2	318,4	1355,6	68,7	21,0	0,0236	0,0047	0,0014	51
2	3,4	1,1	5,0	23,3	6,4	116,7	69,0	5,5	4,7	0,8	84,8	15,2	71,0	312,7	39,8	6,0	*	0,0033	*	48
3	5,5	1,2	4,7	23,8	6,6	110,5	85,5	3,8	2,7	1,2	69,6	30,4	23,1	206,8	16,9	19,6	0,0752	0,0023	0,0045	47
4	8,7	1,3	5,0	23,8	6,6	103,9	77,5	4,5	2,8	1,7	63,0	37,0	18,6	519,4	18,8	11,6	0,1021	0,0017	*	46
5	7,1	1,5	5,3	24,0	6,4	83,9	64,5	2,7	1,7	1,0	62,5	37,5	14,8	394,2	7,3	3,2	0,0396	0,0028	0,0060	49
6	6,3	1,6	6,3	24,2	6,4	76,6	63,0	2,0	1,3	0,7	66,7	33,3	13,6	304,3	5,0	8,8	0,0260	0,0018	*	49
7	4,0	1,3	5,0	24,0	6,3	104,1	82,5	5,7	4,7	1,0	82,4	17,6	26,7	468,4	10,3	5,2	*	0,0023	*	49
8	7,2	1,3	6,0	24,1	6,3	109,1	81,0	3,5	2,8	0,7	81,0	19,0	32,6	653,4	18,8	14,8	0,0234	0,0029	*	48
9	7,9	1,4	5,4	24,2	6,4	106,3	69,5	4,0	2,7	1,3	66,7	33,3	26,5	557,2	16,9	15,0	*	0,0030	*	47
10	8,1	1,5	5,2	24,3	6,3	104,0	70,5	7,3	6,2	1,2	84,1	15,9	22,9	476,3	10,1	21,9	0,0385	0,0058	0,0029	49
11	4,6	1,4	5,7	24,4	6,3	111,2	80,5	4,7	4,0	0,7	85,7	14,3	26,9	487,8	12,8	10,9	0,0272	0,0047	0,0026	48
12	8,9	1,4	6,0	24,4	6,4	109,7	80,0	3,2	2,8	0,3	89,5	10,5	24,5	554,1	15,6	13,1	0,0440	0,0056	*	47
13	7,3	1,4	5,8	24,4	6,5	110,3	81,0	9,3	8,7	0,7	92,9	7,1	29,3	479,0	18,8	12,9	*	0,0046	0,0018	47
14	8,8	1,4	5,4	24,6	6,4	109,5	79,5	6,7	6,5	0,2	97,5	2,5	27,5	617,5	*	26,2	*	0,0028	*	37
15	8,4	1,5	5,0	24,2	6,5	108,0	79,5	3,0	2,8	0,2	94,4	5,6	27,1	714,4	6,4	20,3	0,0242	0,0030	*	50
16	9,3	1,5	5,1	24,5	6,5	109,6	76,0	10,5	10,2	0,3	96,8	3,2	25,7	631,1	18,8	14,2	*	0,0048	0,0007	47
17	7,6	1,5	5,8	24,5	6,6	110,6	68,0	4,3	3,8	0,5	88,5	11,5	28,3	576,8	15,6	17,1	*	0,0017	*	48
18	3,5	1,3	6,0	24,4	6,6	110,9	63,5	2,3	2,3	0,0	100,0	0,0	28,5	580,2	24,3	7,4	*	0,0055	*	46
19	3,9	1,3	6,8	24,4	6,6	110,4	83,0	8,8	8,5	0,3	96,2	3,8	25,1	611,0	0,0	0,0	0,0318	0,0049	*	37
20	2,3	1,5	5,5	24,5	6,5	109,5	86,0	4,0	3,7	0,3	91,7	8,3	27,9	600,0	12,4	22,9	0,0258	0,0040	*	48
21	10,2	1,5	5,1	24,6	6,6	111,1	64,5	3,5	3,2	0,3	90,5	9,5	28,5	866,0	13,7	14,3	*	0,0048	0,0023	48
22	10,5	1,4	6,0	24,6	6,7	111,3	82,0	2,7	2,7	0,0	100,0	0,0	27,7	695,8	10,1	24,2	*	0,0064	*	49
23	9,3	1,4	6,2	25,1	6,3	112,4	88,0	9,2	9,2	0,0	100,0	0,0	35,4	609,3	16,0	13,6	0,0892	0,0070	0,0075	48
24	10,4	1,6	7,0	25,1	6,4	111,3	63,5	5,3	4,8	0,5	90,6	9,4	27,1	605,8	*	31,3	*	0,0045	0,0014	37

Ponto	P	DS	OD	T		CE	ST	MST	MSO	MSI	MSO	MSI	PT	NT	Cla	Feo	Zn	Cd	Ni	
	(m)	(m)	(mg/L)	(°C)	pH	(µS/cm)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	%	%	(µg/L)	(µg/L)	(µg/L)	(µg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	IET
25	10,2	1,4	6,2	25,1	6,3	112,0	83,5	7,5	7,2	0,3	95,6	4,4	27,3	713,5	3,2	23,5	*	0,0043	0,0007	53
26	11,2	1,5	5,7	25,2	6,4	113,5	80,5	11,2	10,5	0,7	94,0	6,0	27,9	504,8	*	34,7	*	0,0044	0,0009	37
27	10,4	1,3	7,2	24,8	6,7	110,7	88,5	12,7	11,8	0,8	93,4	6,6	27,7	628,3	*	41,4	*	0,0047	0,0014	37
28	3,5	1,3	6,9	24,9	6,7	110,8	69,0	10,3	10,3	0,0	100,0	0,0	26,7	724,2	14,6	18,6	*	0,0052	0,0015	48
29	3,6	1,3	7,5	25,0	6,9	111,3	81,0	4,7	4,2	0,5	89,3	10,7	26,3	653,2	17,8	15,1	0,0406	0,0049	*	47
30	7,7	1,3	7,2	24,9	6,9	103,9	81,0	4,3	3,8	0,5	88,5	11,5	29,3	629,0	*	35,6	*	0,0034	*	37
31	7,4	1,5	7,1	24,9	6,8	111,3	80,0	4,0	4,0	0,0	100,0	0,0	27,7	625,2	3,2	28,8	*	0,0046	*	53
32	11,7	1,3	7,1	24,9	6,9	110,6	73,0	4,2	4,2	0,0	100,0	0,0	28,3	669,2	22,4	11,5	*	0,0054	0,0006	47
33	7,3	1,5	7,6	25,1	6,9	110,9	64,0	4,3	4,3	0,0	100,0	0,0	26,5	657,4	19,2	13,7	*	0,0033	*	47

* Valores não detectados pelo método