

PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

“Balneabilidade, Índice de Qualidade da Água e Bioensaios de Toxicidade nas praias do Reservatório de Ilha Solteira/SP”

VINÍCIUS ALBERTO ADORNO VASILIO

Orientador: Prof. Dr. Maurício Augusto Leite

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Civil – Ênfase em Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais.

Ilha Solteira – SP
agosto/2006

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação/Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação da UNESP-Ilha Solteira

Vasílio, Vinícius Alberto Adorno

V334b Balneabilidade, índice de qualidade da água e bioensaios de toxicidade nas praias do reservatório de Ilha Solteira/SP / Vinícius Alberto Adorno Vasílio. – Ilha Solteira : [s.n.], 2006
145 p. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2006

Orientador: Maurício Augusto Leite

Bibliografia: p. 119-124

1. Balneabilidade. 2. Índice de qualidade da água. 3. Bioensaios de toxicidade.
4. Reservatório de Ilha Solteira.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: Balneabilidade, Índice de Qualidade da Água e Bioensaios de Toxicidade nas Praias do Reservatório de Ilha Solteira/SP

AUTOR: VINÍCIUS ALBERTO ADORNO VASILIO
ORIENTADOR: Prof. Dr. MAURÍCIO AUGUSTO LEITE

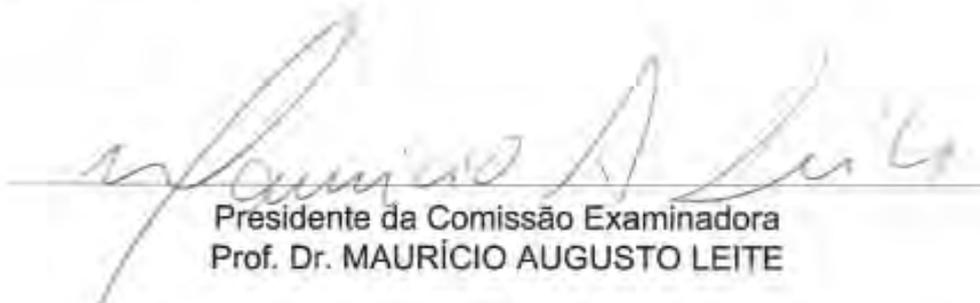
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE em ENGENHARIA CIVIL pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. MAURÍCIO AUGUSTO LEITE
Departamento de Engenharia Civil / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. FERNANDO BRAZ TANGERINO HERNANDEZ
Departamento de Fitos Eng Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. EDUARDO VON SPERLING
Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG - Belo Horizonte-MG

Data da realização: 22 de agosto de 2006.



Presidente da Comissão Examinadora
Prof. Dr. MAURÍCIO AUGUSTO LEITE

Dedico esta dissertação a todas as pessoas que estiveram ao meu lado durante este tempo, em especial meus pais Alberto e Cida, e a meus irmãos Dú e Juninho, pelo apoio e compreensão.

AGRADECIMENTOS

Ào Prof. Dr. Maurício Augusto Leite, pela paciência, dedicação, liberdade, orientação, e principalmente pela oportunidade a mim conferida, nesta etapa.

Ào Prof. Jorge Luiz Akasaki, coordenador do programa de pós-graduação em Engenharia Civil, pela atenção prestada em assuntos acadêmicos.

À Capes pela concessão de bolsa de estudo .

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela continuação da bolsa de estudos – processo n.º 04/06437-2.

Ào Projeto FAPESP 03/07355-7, Monitoramento da qualidade de água e avaliação dos recursos hídricos no aproveitamento múltiplo do reservatório de Ilha Solteira.

À Companhia Energética de São Paulo (CESP), na pessoa do Eng.º Euclides Cestari Júnior, pela aquisição de dados para a pesquisa.

Àos técnicos José Cavassano Ribeiro, Mário Roberto Correa Ferreira, Gilson Campus Corrêa, pela atenção e disposição no acompanhamento nas análises de granulometria e de qualidade da água.

À Carolina Buso Dornfeld, pela ajuda e orientação nos testes de toxicidade, e pela disponibilização do laboratório do Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada – USP para realização de algumas análises.

Ào Prof. Dr. Paulo M. Landim Barbosa, pela orientação na parte estatística deste trabalho.

Ào Prof. Dr. Evaldo Luiz Gaeta Espíndola e ao Prof. Dr. Fernando B. Tanagerino Hernandez, pelo auxílio, delineamento e sugestão no exame de qualificação.

Ào Prof. Dr. Paulo Fernando Soares, pela indicação do curso de pós-graduação e pelo acompanhamento prestado.

Ào Prof. Dr. Geraldo de Freitas Maciel pela ajuda no processo de bolsa da Fapesp e pela co-orientação, e a Prof. Dr.ª Mônica Pinto Barbosa

responsável pelas informações e divulgação do curso de pós-graduação, que chegaram até mim.

Às graduandos Mônica Paiano, Paulo Henrique e Luís Filipe Militão Igrecias, pela disposição para coleta e análise dos dados.

Às bolsistas de iniciação científica André Escremim de Paula e Rafael Rodrigues Freire, na realização dos bioensaios de toxicidade aguda.

À amiga Alessandra. Ossuna Pereira (xuxu), pelo apoio e dedicação tanto nas coletas e análises, quanto nas minhas idas e vindas de casa e das festas.

Às amigas da Pós: Aliene (Lili), Wagner, Hamilton, André, Joseane (Josi), Tarso (Guacho), Marcelo, Mário, Fernando, Décio, Nicanor, Bárbara, Michelli, Fabiana, Adriana.

Às amizades conquistadas nesses dois últimos anos: Lucas, Luciene, Leonardo (Ratão), Eduardo (Bundinha), Willian, Áquila, Rodrigo (Hall), Graziela, Júlio (Lagosta), Gabriel, e a todos que estiveram presentes durante o meu período de mestrado.

À minha família que sempre me apoiou nas minhas mais difíceis fases, Pai, Mãe, Dú, e Juninho, muito obrigado.

À Ana Tereza pela atenção, dedicação, paciência, complacência, ajuda, e apoio em todos os momentos durante o mestrado, obrigado Tetê.

À Deus que sempre esteve presente ao meu lado, nas minhas ações e pensamentos, me guiando em todos os meus passos.

Muito Obrigado.

APRESENTAÇÃO

Construída na década de 70 para a geração de energia elétrica, o reservatório de Ilha Solteira, está localizado no Rio Paraná, entre os municípios de Ilha Solteira (SP) e Selvíria (MS). É a maior usina da CESP e a terceira maior hidrelétrica do Brasil, formando com as usinas de Jupiá e Três Irmãos o sexto maior complexo hidrelétrico do mundo.

Desde 1997 recebe estudos nas áreas de Ecologia, Limnologia e Recursos Hídricos, sendo o reservatório um importante exemplo de usos múltiplos onde se destacam a geração de energia, transporte hidroviário, irrigação e lazer.

O reservatório tem uma bacia de contribuição com cerca 375.460,0 km² e o seu formador, o rio Paraná, possui uma vazão média de 5.206,0 m³.s⁻¹. O reservatório apresenta uma profundidade média de 17,00 m e uma área inundada de 1.195,0 km². Apesar da extensão, tamanho, usos múltiplos e crescimentos de atividades turísticas e recreacionais, o reservatório não consta em estudos ou redes de monitoramento da qualidade da água e sedimento.

Dessa forma, este trabalho teve como objetivos principais avaliar a qualidade da água e o sedimento das praias do reservatório de Ilha Solteira, em uma abordagem inédita dos componentes qualitativos e quantitativos, demonstrando a adequação das praias do reservatório dentro dos critérios de balneabilidade, índice de qualidade das águas e bioensaios de toxicidade do sedimento.

Assim sendo, optou-se pela formatação do trabalho em 4 Capítulos, com Introdução, Revisão Bibliográfica, Material e Métodos, Resultados, Discussões e Conclusões, com vistas a uma melhor compreensão dos assuntos abordados.

No Capítulo 1 encontra-se uma extensa caracterização da área, descrevendo os componentes da bacia hidrográfica do reservatório de Ilha Solteira, como clima, ventos,

geologia, geomorfologia, solos, vegetação, comportamento das margens. Traz também a localização e uma breve descrição dos pontos de coleta.

O Capítulo 2 traz uma abordagem da qualidade da água das praias do reservatório, buscando uma problemática sobre sua adequação para a realização de atividades recreacionistas de contato primário (balneabilidade), por meio de parâmetros indicados na Resolução 274/00 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Também são discutidos alguns aspectos sobre a qualidade dos sedimentos das praias com uma perspectiva à melhoria da atividade turística na região.

O índice de qualidade da água (IQA) é apresentado no Capítulo 3, no qual foram avaliadas as características químicas, físicas e biológicas deste índice, sendo comparadas com dados de outros locais, buscando-se assim, reconhecer a situação atual, além da evolução do sistema, diagnosticando os principais problemas e suas conseqüências ao longo do ano.

No Capítulo 4, são avaliados os sedimentos das praias, por meio de bioensaios de toxicidade aguda, relacionando-os com a qualidade da água, trazendo uma perspectiva mais ampla sobre a real condição das praias. Neste capítulo também é mostrada uma avaliação física do sedimento (granulometria), como parte desta avaliação global.

O Capítulo 5 tenta englobar dentro de uma visão específica, os principais pontos que influenciaram os índices, e como estes estão interligados entre si, tentando desenvolver uma lógica de análise baseada na balneabilidade, índice de qualidade das águas e toxicidade do sedimento.

SUMÁRIO

RESUMO.....	16
ABSTRACT.....	18
1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA.....	22
1.1 Clima	22
1.2 Geologia	24
1.3 Geomorfologia.....	25
1.4 Solos	26
1.5 Vegetação	26
1.6 Comportamento das Margens do Reservatório	26
1.7 Nível do Reservatório.....	27
1.8 Pontos de Coleta.....	29
2.0 BALNEABILIDADE.....	33
2.1 Introdução	33
2.2 Justificativa.....	37
2.3 Objetivos.....	39
2.4 Materiais e Métodos	40
2.4.1 Amostragem da Água	40
2.4.2 Coliformes fecais e totais na água	40
2.4.3 Coliformes fecais e totais no sedimento.....	41
2.4.4 pH	41
2.4.5 Classificação das águas	42
2.5 Resultados e Discussões	43
2.5.1 pH	44
2.5.2. Coliformes Fecais e Totais na água.....	45
2.5.3 Coliformes fecais e totais no sedimento.....	51
2.6 Conclusões.....	54
3 ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA (IQA).....	57
3.1 Introdução	57
3.2 Justificativa.....	61
3.3 Objetivos.....	62
3.4 Materiais e métodos.....	62
3.4.1 Amostragem	62
3.4.2 Temperatura da água e pH.....	63
3.4.3 Condutividade.....	63
3.4.5 Turbidez.....	63
3.4.6 Oxigênio Dissolvido.....	63
3.4.7 Coliformes Fecais	63
3.4.8 Demanda Bioquímica de Oxigênio.....	64
3.4.9 Cor Verdadeira e Aparente	64
3.4.10 Sólidos Totais	64
3.4.11 Demanda Química de Oxigênio (DQO).....	64
3.4.12 Fósforo Total (P_{total}).....	65
3.4.13 Nitrogênio Total (N_{total}).....	65

3.4.14 Cálculo do Índice de Qualidade de Água	65
3.4.15 Análise estatística	66
3.5 Resultados e Discussões	67
3.5.1 Temperatura, turbidez, condutividade e cor	67
3.5.2 Sólidos Totais	73
3.5.3 Nitrogênio Total	75
3.5.4 Fósforo Total	76
3.5.4 Coliformes Fecais	79
3.5.5 Demanda Bioquímica de Oxigênio e Oxigênio Dissolvido.....	81
3.5.6 Demanda Química de Oxigênio (DQO)	85
3.5.7 Potencial hidrogeniônico (pH).....	86
3.5.8 Índice de Qualidade das Águas (IQA).....	88
3.6 Análise Estatística	94
3.7 Conclusões.....	97
4 BIOENSAIOS DE TOXICIDADE NO SEDIMENTO.....	99
4.1 Introdução	99
4.2 Justificativa.....	103
4.3 Objetivos.....	104
4.4 Materiais e métodos.....	104
4.4.1 Amostragem	104
4.4.2 Bioensaios de toxicidade aguda com <i>Daphnia similis</i>	105
4.4.3 Granulometria	105
4.5 Resultados e discussões	106
4.5.1 Bioensaios de Toxicidade	106
4.5.2 Granulometria.....	107
4.6 Conclusões.....	115
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	117
6 REFERÊNCIAS.....	121
ANEXO A.....	127
ANEXO B.....	130
ANEXO C.....	135
ANEXO D.....	144

Índice de Figuras

Figura 1: Localização do município de Ilha Solteira-SP, e a área da bacia hidrográfica de influência do reservatório de Ilha Solteira.....	19
Figura 2: Controle das demandas das praias Catarina e Marina do reservatório de Ilha Solteira/SP.	20
Figura 3: Características gerais do tipo de clima Aw, segundo a classificação Koppen.....	21
Figura 4: Nível médio do Reservatório de Ilha Solteira e precipitação média, durante o período de estudo.....	26
Figura 5: Vista aérea das praias, com a localização dos pontos de coleta no reservatório de Ilha Solteira.....	27
Figura 6: Vista aérea das praias Catarina (P1) e Marina (P2), do reservatório de Ilha Solteira com os respectivos pontos de coleta.....	28
Figura 7: Mapa temático com a localização das fossas sépticas e sumidouros, das praias Catarina e Marina do Reservatório de Ilha Solteira..	28
Figura 8: Vista aérea do Recanto das Águas (P3), com a localização do ponto de coleta.	29
Figura 9: Mapa temático com a localização das fossas sépticas e sumidouros, do Recanto das Águas no Reservatório de Ilha Solteira.	30
Figura 10: Aproximação esquemática para comparar os perigos de saúde encontrados durante o uso recreacional da água, adaptado de WHO (2003).	33
Figura 11: Amostragem de água nas praias do reservatório de Ilha Solteira.	38
Figura 12: Exemplo de membrana <i>Chromocult</i> utilizada na determinação do grupo coliformes fecais e totais, e ampliação da colônia <i>Escherichia coli</i>	39
Figura 13: Determinação do pH da água nas praias do reservatório de Ilha Solteira durante o período de estudo.....	40
Figura 14: Gráficos da variação amostral do pH nas praias do reservatório de ilha Solteria durante o período de estudo.....	43
Figura 15: Porcentagem de permanência de tempo na classificação da balneabilidade segundo a Resolução CONAMA 274/00, nas praias do Reservatório de Ilha Solteira, durante o período de estudo.....	44
Figura 16: Índice de coliformes totais e chuvas ocorridas no período de pesquisa, nas praias do Reservatório de Ilha Solteira/SP.....	47

Figura 17: Valores de coliformes fecais (<i>E. coli</i>), nas praias do Reservatório de Ilha Solteira, durante o período de estudo.....	50
Figura 18: Valores de coliformes fecais (<i>E. coli</i>), nas praias do Reservatório de Ilha Solteira, durante o período de estudo.....	52
Figura 19: Temperatura média da água nos dias de coleta, nas praias do Reservatório de Ilha Solteira, durante o período de estudo.	66
Figura 20: Variação da Turbidez da água das praias do Reservatório de Ilha Solteira, durante o período de estudo.....	67
Figura 21: Variação da Condutividade Elétrica da água das praias do Reservatório de Ilha Solteira, durante o período de estudo.	68
Figura 22: Variação da cor aparente da água das praias do Reservatório de Ilha Solteira, durante o período de estudo.....	70
Figura 23: Variação da cor verdadeira da água das praias do Reservatório de Ilha Solteira, durante o período de estudo.....	71
Figura 24: Variação de sólidos totais nas praias do Reservatório de Ilha Solteira, durante o período de estudo.....	72
Figura 25: Ressuspensão do material de fundo na Praia da Marina ocasionada pela ação do vento.	73
Figura 26: Variação do Nitrogênio Total nas praias do Reservatório de Ilha Solteira, durante o período de estudo.....	73
Figura 27: Variação do Fósforo Total nas praias do Reservatório de Ilha Solteira, durante o período de estudo.....	76
Figura 28: Variação do número de coliformes fecais na água das praias do Reservatório de Ilha Solteira, durante o período de estudo.	77
Figura 29: Curva utilizada para a avaliação do parâmetro coliformes fecais no índice de qualidade das águas (CETESB, 2004).....	78
Figura 30: Variação da demanda bioquímica de oxigênio na água das praias do Reservatório de Ilha Solteira, durante o período de estudo.	80
Figura 31: Variação do oxigênio dissolvido na água das praias do Reservatório de Ilha Solteira, durante o período de estudo.	82
Figura 32: Variação da porcentagem de saturação de oxigênio dissolvido na água das praias do Reservatório de Ilha Solteira, durante o período de estudo.....	83
Figura 33: Variação da demanda química de oxigênio na água das praias do Reservatório de Ilha Solteira, durante o período de estudo.	84

Figura 34: Variação do pH na água das praias do Reservatório de Ilha Solteira, durante o período de estudo.....	85
Figura 35: Resumo geral da classificação da qualidade da água das praias do reservatório de Ilha Solteira/SP segundo a CETESB/SP, durante o período de estudo.....	89
Figura 36: Resumo geral da classificação da qualidade da água segundo a FEAM/MG, das praias do reservatório de Ilha Solteira/SP, durante o período de estudo.	90
Figura 37: Comparativo geral da classificação da qualidade da água segundo a FEAM/MG e CETESB/SP, das praias do reservatório de Ilha Solteira/SP, durante o período de estudo.....	91
Figura 38: Dendograma das variáveis do índice de qualidade das águas (IQA), variáveis meteorológicas, de controle do reservatório e número de visitantes, da Praia Catarina do reservatório de Ilha Solteira, durante o período de estudo.....	93
Figura 39: Dendograma das variáveis do índice de qualidade das águas (IQA), variáveis meteorológicas, de controle do reservatório e número de visitantes, da Praia Marina do reservatório de Ilha Solteira, durante o período de estudo.....	94
Figura 40: Dendograma das variáveis do índice de qualidade das águas (IQA), variáveis meteorológicas, de controle do reservatório e número de visitantes, do Recanto das Águas do reservatório de Ilha Solteira, durante o período de estudo.	95
Figura 41: Coleta do sedimento na praia da Catarina (esquerda), praia Marina (centro), Recanto das Águas (esquerda).....	102
Figura 42: Cultivo dos organismos <i>Daphnia similis</i> e realização dos bioensaios de toxicidade aguda.....	103
Figura 43: Gráfico das frações granulométricas da Praia Catarina (P1), e do nível da água do Reservatório de Ilha Solteira.	106
Figura 44: Faixa de valores medianos e extremos para as frações granulométricas da Praia Catarina, durante o período de estudo.	107
Figura 45: Gráfico das frações granulométricas da Praia Marina (P2), e do nível da água do Reservatório de Ilha Solteira.	108
Figura 46: Faixa de valores medianos e extremos para as frações granulométricas da Praia Marina (P2), durante o período de estudo.	109
Figura 47: Gráfico das frações granulométricas do Recanto das Águas), e do nível da água do Reservatório de Ilha Solteira.	109
Figura 48: Sedimento do ponto de coleta do Recanto das Águas (P3).	110

Figura 49: Faixa de valores medianos e extremos para as frações granulométricas do Recanto das Águas (P3), durante o período de estudo	111
Figura 50: Balneabilidade, índice de qualidade das águas, toxicidade no sedimento, precipitação, nível do reservatório e número de visitantes, da praia Catarina (P1), durante o período de análise.	116
Figura 51: Balneabilidade, índice de qualidade das águas, toxicidade no sedimento, precipitação, nível do reservatório e número de visitantes, da praia Marina (P2), durante o período de análise.	117
Figura 52: Balneabilidade, índice de qualidade das águas, toxicidade no sedimento, precipitação, nível do reservatório e número de visitantes, do Recanto das Águas, durante o período de análise.	118
Figura 53: Curva do parâmetro Oxigênio Dissolvido, para cálculo do IQA-NSF.....	140
Figura 54: Curva do parâmetro Temperatura, para cálculo do IQA-NSF.....	141
Figura 55: Curva do parâmetro Coliformes Fecais, para cálculo do IQA-NSF.....	142
Figura 56: Curva do parâmetro Potencial Hidrogeniônico, para cálculo do IQA-NSF.....	143
Figura 57: Curva do parâmetro DBO, para cálculo do IQA-NSF.....	144
Figura 58: Curva do parâmetro Nitrogênio Total, para cálculo do IQA-NSF.....	145
Figura 59: Curva do parâmetro Fósforo Total, para cálculo do IQA-NSF.....	145
Figura 60: Curva do parâmetro Turbidez, para cálculo do IQA-NSF.....	146
Figura 61: Curva do parâmetro Resíduos Totais, para cálculo do IQA-NSF.....	147

Índice de Tabelas

Tabela 1: Dados meteorológicos extremos e médios para o reservatório de Ilha Solteira/SP. 21	21
Tabela 2: Resumo das características meteorológicas dos pontos de coleta, durante o período de estudo.....	22
Tabela 3: Nível médio do Reservatório de Ilha Solteira, durante o período de estudo.	26
Tabela 4 : Classificação das águas para balneabilidade, segundo limite de coliformes fecais (Resolução CONAMA 274/00), NMP: número mais provável.	40
Tabela 5: Resumo da balneabilidade das praias do Reservatório de Ilha Solteira.	45
Tabela 6: Classificação da qualidade da água pela Cetesb /SP, segundo critérios de balneabilidade da Resolução Conama 274/00 de qualidade "Própria" e "Imprópria".	48
Tabela 7: Principais índices nacionais e internacionais de qualidade da água, suas aplicações e parâmetros (PNMA PE, 2004).....	56
Tabela 8: Porcentagem de influência de cada parâmetro no cálculo do IQA (CETESB, 2001).	64
Tabela 9: Classificação das águas para o Índice de Qualidade das Águas (CETESB, 2001). ..	64
Tabela 10: Índice de qualidade das águas (IQA), das praias do reservatório de Ilha Solteira/SP, durante o período de estudo.....	87
Tabela 11: Classificação da qualidade da água segundo a FEAM/MG.	89
Tabela 12: Exemplo de bioensaios padronizados mundialmente e teste de toxicidade aguda.	100
Tabela 13: Porcentagem de imobilidade para <i>Daphnia similis</i> no sedimento do Reservatório de Ilha Solteira, durante o período de estudo.	104
Tabela 14: Limites de toxicidade, segundo a imobilidade dos organismos testes.	104
Tabela 15: Resumo geral da classificação da granulometria das praias do reservatório de Ilha Solteira/SP, durante o período de estudo.....	112
Tabela 16: Dados de coliformes fecais e totais, da água das praias do reservatório de Ilha Solteira, durante o período de estudo.	126
Tabela 17: Dados de coliformes fecais e totais, do sedimento das praias do reservatório de Ilha Solteira, durante o período de estudo.	127

Tabela 18: Dados de temperatura, pH e condutividade, das praias do reservatório de Ilha Solteira, durante o período de estudo.	129
Tabela 19: Dados de turbidez, cor aparente e cor verdadeira, das praias do reservatório de Ilha Solteira, durante o período de estudo.	130
Tabela 20: Dados para a confecção do IQA, das praias do reservatório de Ilha Solteira, durante o período de estudo.	131
Tabela 21: Parâmetros q _i relativos aos dados para confecção do IQA, das praias do reservatório de Ilha Solteira, durante o período de estudo.	132
Tabela 22: Dados de toxicidade para as praias do reservatório de Ilha Solteira, durante o período amostrado.	143
Tabela 23: Fração granulométrica das praias do reservatório de Ilha Solteira durante o período	145

RESUMO

O presente estudo teve por objetivo a determinação semanal da balneabilidade, mensal do índice de qualidade da água (IQA) e do bioensaio de toxicidade aguda do sedimento (Outubro de 2004 à outubro de 2005). Os pontos monitorados foram às praias Catarina (P1), Marina (P2) e Recanto das Águas (P3), que contam com um grande afluxo de pessoas em períodos de verão. O método para a avaliação do número de coliformes fecais e totais tanto na água quanto no sedimento foi o *Chromocult*. Para a balneabilidade, os resultados para a água evidenciaram que, segundo a Resolução CONAMA 274/00, as praias do reservatório oferecem uma qualidade de água de “Muito Boa” à “Excelente” em pelo menos 70% do ano. Onde sua qualidade está condicionada ao nível do reservatório, sendo que no mês de abril, com a elevação do nível da água, sua classificação foi imprópria nas semanas amostradas. Já a elevação no número de coliformes totais pode estar relacionada com a atividade de pecuária extensiva inserida no entorno do reservatório, que com a chegada das chuvas pode carrear esse material para o corpo d’água. Os resultados de coliformes fecais e totais para o sedimento mantiveram-se baixos em todas as estações analisadas durante o período amostrado. O índice de qualidade da água é composto das variáveis: temperatura, pH, turbidez, coliformes fecais, DBO₅, porcentagem de saturação de oxigênio dissolvido, nitrogênio total, fósforo total e resíduos totais. Onde apresentou valores entre “Ótimo” e “Bom” durante o período de estudo, sendo que o ponto P3, foi o que apresentou melhor qualidade com uma média anual de 87,99, seguido do P2 com uma média anual de 86,48 e do ponto P1 com 83,25. Os valores que mais contribuíram para as mudanças nos parâmetros do IQA foram o número de coliformes fecais, turbidez e sólidos em suspensão, provocados basicamente pelo afluxo de pessoas às praias, período de chuvas, aumento do nível do reservatório e ação dos ventos. Com relação aos demais parâmetros complementares ao IQA, como condutividade, DQO, cor verdadeira e aparente, notou-se que durante o período de estudo apresentaram-se com valores compatíveis com sistemas aquáticos pouco impactados. O IQA, apesar de ser um índice relativamente simples e de fácil confecção, conseguiu mostrar a boa qualidade das águas das praias do reservatório, pois apresenta um bom número de parâmetros que podem inferir sobre a qualidade da água, conseguindo mostrar de maneira rápida a qualidade de um sistema aquático. Os bioensaios de toxicidade aguda no sedimento foram executados com o organismo *Daphnia similis*, e seguidos de uma avaliação granulométrica do material. Pode-se observar que a praia Catarina mostrou um pior desempenho dos três pontos amostrados, apresentou-se ao longo do período de estudo com

indícios de toxicidade em 36% do tempo, o Recanto das águas em 18,2% e a praia Marina em 9,1% do seu tempo nesta classificação. No restante do período amostrado a classificação das praias foi sem indícios de toxicidade, o que mostra a boa qualidade do sedimento das praias, corroborando com a qualidade da água. As frações granulométricas apresentaram uma classificação de areia fina à média, preponderante em todos os pontos.

Palavras-chave: Balneabilidade. Índice de qualidade da água. Bioensaios de toxicidade. Reservatório de Ilha Solteira.

ABSTRACT

The present study had for objective the weekly bathing water quality, monthly determination of the Water Quality Index (WQI), and the acute toxicity bioassays in the sediment (from October 2004 to October 2005). The monitored points were Catarina (P1), Marina (P2) beaches and Recanto das Águas (P3), which has a great affluence of people in the summer. The method for the evaluation of the number of fecal and total coliforms in the water and sediment was *Chromocult*. The bathing water quality results showed, according to Resolution CONAMA 274/00, that the beaches of the reservoir presented a bathing water quality varying from "Very Good" to "Excellent" in at least 70% of the year. Where your quality was conditioned to the level of the reservoir, in April, with the water level elevation, its classification was "Inappropriate". The number of total coliforms can be related to the extensive cattle breeding activity all around reservoir. With the rainy season, the material produced by such an activity can be carried to the body water. The fecal and total coliforms data on sediment remained low in all sampling stations. The water quality index (WQI) is composed of the variables: temperature, pH, turbidity, fecal coliforms, BOD₅, dissolved oxygen percentage saturation, total nitrogen, total phosphorus and total solids. The results showed WQI between "Very Good" and "Good" during the study period, where P3 presented the best water quality along the study period with an annual average of 87,99, followed by P2 with an annual average of 86,48 and by P1 with 83,25. The main contribution for changes in the WQI values were the fecal coliforms number, turbidity and total solids, caused by the people's affluence to the beaches, rainy season, water level increase and winds. Considering the other parameters, as conductivity, COD, true and apparent color, the data presented low values, which demonstrated an aquatic system with low impacts during the study period. Although the WQI is a relatively simple index and of an easy determination, it could show the good water quality of the beaches of Ilha Solteira's reservoir, because it presents a good number of parameters that can infer this quality, making it possible quickly. Acute toxicity bioassays in the sediment were executed with the organism *Daphnia similis*, and followed by an evaluation grain size compositions of the material. The sediment of the beaches presented a "Good Quality" regarding the acute toxicity bioassays during the study period. The results showed that Catarina beach presented "Toxicity indications" in 36% of the study period, Recanto das Águas in 18,2% and Marina beach in 9,1%. In the remaining period the classification was of "No Toxicity Indications" in the beaches what confirms the good quality

of the sediment, and its relation with water quality of the reservoir. The fractions of grain size composition presented a classification of fine sand and average, preponderant in all the points.

Keywords: Bathing Water Quality. Water Quality Index (WQI). Acute toxicity bioassays. Ilha Solteira's reservoir.

1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

O reservatório da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira localiza-se entre os estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul, nas coordenadas 20°25'42" S e 51°20'34" W, na altitude de 330,0 m, estando inserido na bacia hidrográfica do rio Paraná. O reservatório localiza-se em uma região com baixa densidade demográfica (34,24 hab.km⁻²), tendo no setor primário sua principal atividade, destacando-se a pecuária, cana-de-açúcar, laranja, café e culturas temporárias como milho, arroz, etc. Os usos da água estão destinados para abastecimento público, afastamento de efluentes domésticos, irrigação de plantações e para as principais atividades industriais como usinas, destilarias, curtumes, frigoríficos e laticínios (CETESB, 2001).

A área da bacia hidrográfica deste reservatório é de 375.460,0 km² e o seu maior afluente é o rio Paraná, que possui uma vazão média de 5.206,0 m³.s⁻¹. O reservatório apresenta uma profundidade média de 17,00 m e uma área inundada de 1.195,0 km².

O comprimento do reservatório é de aproximadamente 70,0 km, com volume máximo de 210,6x10⁸ m³. O comprimento da barragem de concreto é de 975,0 m, com uma altura máxima de 74,0 m (CESP, 2006).



Figura 1: Localização do município de Ilha Solteira-SP, e a área da bacia hidrográfica de influência do reservatório de Ilha Solteira.

Fonte: VASILIO (2006).

As praias da Catarina e Marina são os principais pontos de lazer no município de Ilha Solteira. Pela Figura 2 pode-se observar a época em que se desenvolve a maioria das atividades culturais e esportivas e o maior afluxo de pessoas ao local. As cidades que possuem maior incidência de visitação na estância turística de Ilha Solteira são: Andradina, Castilho, Dracena, Irapuru, Junqueirópolis, Mirandópolis, Pereira Barreto, Piracatu, Selvíria, Sud Menucci, Suzanópolis, Tupi e Valparaíso (SECRETARIA MUNICIPAL DE TURISMO DE ILHA SOLTEIRA, 2005).

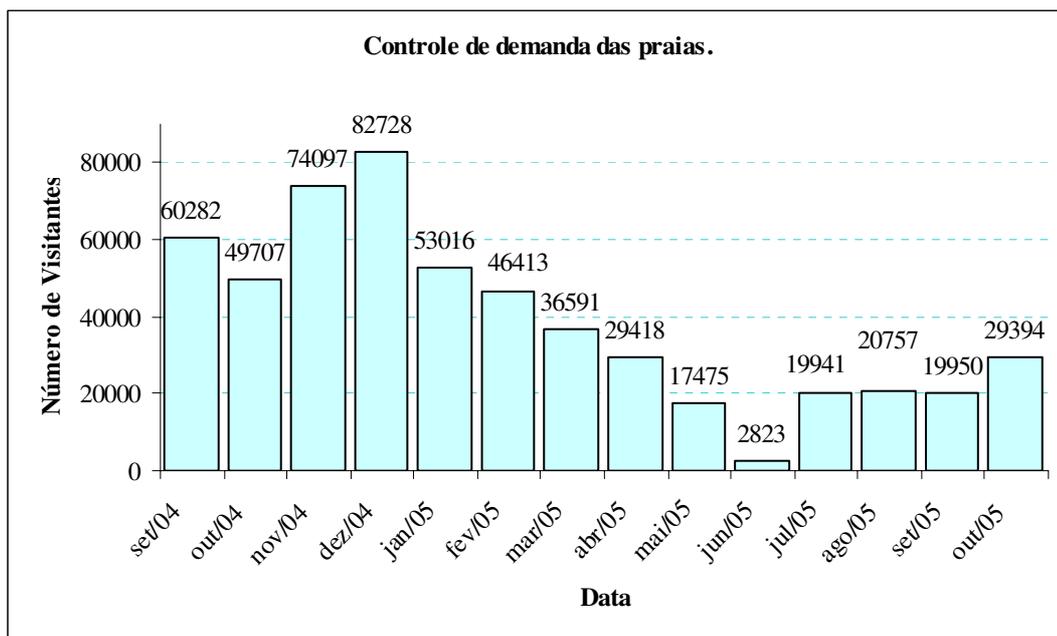


Figura 2: Controle das demandas das praias Catarina e Marina do reservatório de Ilha Solteira/SP.

Fonte: Secretaria Municipal de Turismo de Ilha Solteira (2005).

1.1 Clima

Segundo a classificação climática de KÖPEN, a região apresenta um clima tropical (Aw), ou seja, temperaturas elevadas com chuva no verão e seca no inverno. As médias de temperatura dos meses mais quentes são maiores que 20°C e no mês mais frio do ano as mínimas são menores que 18°C, sendo classificado pela efetividade da precipitação, como um clima úmido, variando com precipitações de menos de 60 mm nos meses de seca, a chuvas com mais de 260 mm nos meses com maior precipitação (SETZER, 1966) (Figura 3).

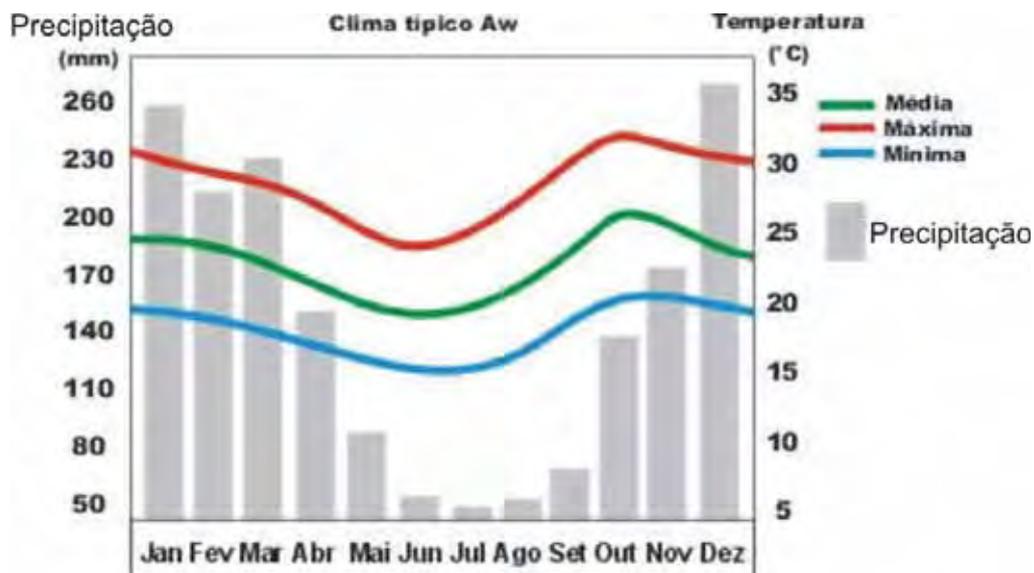


Figura 3: Características gerais do tipo de clima Aw, segundo a classificação Koppen.

Fonte: Informações climáticas brasileiras (2006).

A seguir serão apresentados os dados referentes ao período de pesquisa, que realizou-se de outubro de 2004 à outubro de 2005:

Tabela 1: Dados meteorológicos extremos e médios para o reservatório de Ilha Solteira/SP.

Fonte: Área de Hidráulica e Irrigação do Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos FEIS/UNESP (2005).

Temperatura	Mínima:	7,2 °C em agosto/05
	Média:	31,2 °C
	Máxima:	38,7 °C em Outubro/05
	Meses mais quentes:	fevereiro/março/abril/05
	Mês mais frio:	jul/ago/05
Pluviosidade	Mês mais chuvoso:	janeiro/05 com 300,5mm
	Mês mais seco:	agosto/05 sem chuvas
	Total:	1305,9 mm
Umidade relativa do ar	Mínima:	outubro/04 com 7,22 %
	Máxima:	maio/05 com 97,8%
	Média anual:	66,65%
Insolação	Mês mais ensolarado:	março 12,4 h/dia

O vento nos meses de janeiro a setembro tem uma direção predominante e apresenta uma leve, contínua e gradual rotação de WS passando por W até atingir o quadrante NW. Nos meses de outubro, novembro e dezembro essa rotação é gradualmente revertida pelo aumento do vento de SE (UNESP, 2005).

Considerando o período de estudo, a direção média do vento foi do quadrante WS e velocidade média diária é 1,48 m/s com oscilação ao redor de 20% superior no período de agosto a dezembro e inferior nos meses de fevereiro a junho (UNESP, 2005).

Tabela 2: Resumo das características meteorológicas dos pontos de coleta, durante o período de estudo.

Data mês	TEMP. DO AR °C <i>Média</i>	UMIDADE REL. AR % <i>Média</i>	PRECIPITAÇÃO <i>mm</i>	VENTO <i>m/s</i>
set/04	27,8	38,3	10,4	-
out/04	24,3	68,1	174,2	1,71
nov/04	25,8	67,1	198,6	1,49
dez/04	25,8	73,0	196,1	1,21
jan/05	25,8	82,7	300,5	1,11
fev/05	27,1	60,8	2,5	1,39
mar/05	27,3	68,5	95,8	1,26
abr/05	26,7	65,1	47,5	1,19
mai/05	23,8	63,3	71,4	1,48
jun/05	22,8	68,6	36,1	1,1
jul/05	20,3	64,5	44,4	1,57
ago/05	23,7	49,8	3,8	1,88
set/05	17,4	67,4	61,1	2,09
out/05	26,7	66,8	63,5	1,57

Fonte: UNESP (2005).

1.2 Geologia

O reservatório de Ilha Solteira apresenta-se sobre o Arenito Bauru, que possui sedimentos arenosos de granulação fina com teor variável de cimento calcário desde zero a 20%. Quanto mais alto este teor, tanto mais duro e consolidado o arenito e tanto maior sua resistência ao impacto do clima úmido. As litologias predominantes são os Arenitos, Lentes de Siltitos e Argilitos (IPT, 1997).

1.3 Geomorfologia

O reservatório de Ilha Solteira localiza-se na unidade morfoestrutural da Bacia Sedimentar do Paraná, no Planalto Centro Ocidental, com o relevo dominado por colinas amplas e baixas com topos convexos e topos aplanados ou tabulares. As altimetrias variam entre 300,0 e 600,0 m, e as declividades médias predominantes estão entre 10 e 20% (IPT, 1997).

1.4 Solos

Os tipos de solos encontrados no município de Ilha Solteira são: Solos hidromórficos (HI), Latossolo Roxo (LR), Latossolo Vermelho Escuro (LE), Podzólico–Var. Lins (PL) e Podzólico – Var. Marília (PM) (IPT, 1997).

O tipo de solo predominante no município é o latossolo vermelho-escuro (369,84 km²). Esse tipo de solo ocorre sobre rochas areníticas, apresentando como características principais: baixa fertilidade natural – são geralmente ácidos, apresentam forte propensão à erosão, quando expostos a chuvas intensas, sem proteção e alta permeabilidade. A maior parte do latossolo vermelho – escuro encontra-se em áreas de declividade entre 2% e 5% (CESP, 2001).

O latossolo roxo é de fertilidade natural alta, fraca propensão aos processos erosivos, pouco permeável e profundo, ocorrendo sobre os basaltos, que apresentam pequenas exposições junto aos fundos de vale mais aprofundados. O latossolo roxo foi em grande parte inundado pela Represa de Ilha Solteira. A maior parte desse solo situa-se em áreas com declividade entre 2% e 5% (CESP, 2001).

Os solos hidromórficos ocorrem nas várzeas, a maior parte ocupando terrenos com declividade entre 0% e 2%. Apresentam como principais características uma fertilidade

natural, média ou alta, presença constante de água e possibilidade de inundações. Grande parte desse tipo de solo foi também inundada pela Represa de Ilha Solteira (CESP, 2001).

As rochas areníticas do Grupo Bauru originaram também os solos podzolizados de Lins e Marília, e não apresentaram porções significativas de área inundadas, quando da formação da Represa de Ilha Solteira.

1.5 Vegetação

Os principais tipos de vegetação encontrados no município são as formações de mata e de cerrado. A cobertura vegetal original da região onde se localiza Ilha Solteira era representada pela mata tropical latifoliada semi - decídua, pelo cerrado e pelo cerradão (VELOSO et al., 1991).

Observa-se escassez de vegetação natural que recobre apenas cerca de 1% da área do município. Uma área de significativa importância em termos de vegetação corresponde a uma área adjacente ao Córrego do Pernilongo, representada por cerrado e mata. A maioria dos córregos encontra-se totalmente desprovida de mata ciliar, representada apenas por fragmentos, muitos deles de tamanho reduzido (CESP, 2001).

1.6 Comportamento das Margens do Reservatório

A fragilidade dos tipos de margem está condicionada aos diferentes tipos de ocupação, bem como ao comportamento das bacias de drenagem e o embate de ondas (WISCHMEIER e SMITH, 1978).

A altura das ondas é um aspecto importante no comportamento das margens dos reservatórios, uma vez que está associada, não só à direção, frequência, intensidade dos ventos, mas também à dimensão da lâmina de água afetada. Assim, nos locais onde o reservatório é mais largo ocorre formação de ondas de grande tamanho que provocam a

erosão das margens, gerando taludes altos e íngremes, independentemente do padrão das margens existentes.

A análise integrada dos atributos e fragilidades do substrato rochoso, do relevo e dos solos permite identificar quatro tipos básicos de margens no reservatório. Mais especificamente o local de amostragem se encontra numa zona de margens suaves, inclinação < 5%, onde, na sua constituição, são sustentadas por saprolito de basalto e de arenitos, podendo apresentar afloramentos de arenitos alterado e níveis de laterita (CESP, 2001).

A dinâmica superficial e os problemas observados nos pontos de amostragem são:

- Erosão laminar e em sulcos de baixa intensidade e frequência;
- Pequenos abatimentos, que são localizados em função da direção preferencial de embate das ondas, principalmente na Praia Marina;

1.7 Nível do Reservatório

O nível médio do reservatório (Tabela 3) é tomado com base ao nível médio do mar, o qual oscilou com uma variação máxima de 2,54 m, em uma cota máxima em abril/05 com 328,08 m e mínima em setembro/05 com 325,54 m. No período de outubro/04 a janeiro/05, correspondente ao período chuvoso, o reservatório manteve-se constante numa média de 325,95 m para a manutenção dos principais usos múltiplos com geração de energia elétrica e navegação.

Tabela 3: Nível médio do Reservatório de Ilha Solteira, durante o período de estudo.

Data	N.A. médio do Reservatório
out/04	325,95
nov/04	325,89
dez/04	325,92
jan/05	326,02
fev/05	325,97
mar/05	326,69
abr/05	327,86
mai/05	327,6
jun/05	326,56
jul/05	327,12
ago/05	326,32
set/05	325,66
out/05	325,71
nov/05	325,36

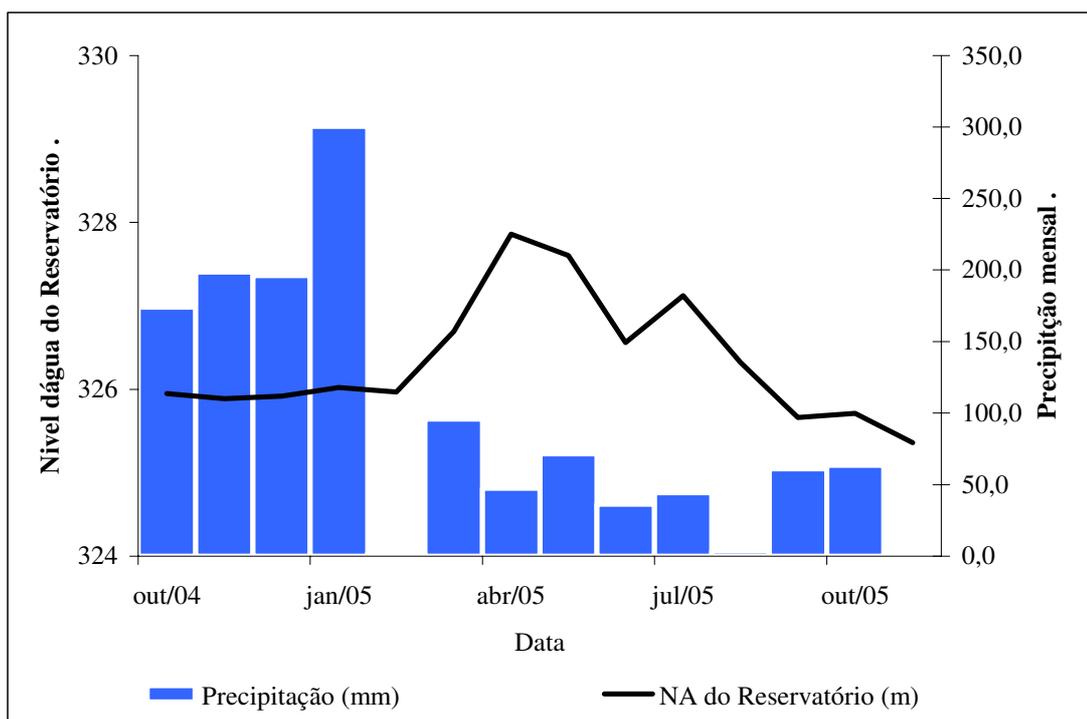


Figura 4: Nível médio do Reservatório de Ilha Solteira e precipitação média, durante o período de estudo.

1.8 Pontos de Coleta

O município de Ilha Solteira possui um Parque Balneário que apresenta mais de 100 ha de área dividida em três Praias: Catarina , Marina e Recanto das Águas.

Foram escolhidos três pontos de coleta em função das áreas de maior uso pelos turistas, sendo distribuídos como indicado na Figura 5, seguindo a avaliação descrita:

P1: Praia Catarina: S20°23.144' e W51°20.686';

P2: Praia Marina: S20°22.969' e W51°20.500';

P3: Recanto das Águas: S20°22.864' e W51°19.675';



Figura 5: Vista aérea das praias, com a localização dos pontos de coleta no reservatório de Ilha Solteira.

Fonte: Secretaria de Turismo de ilha Solteira (2005).

A Praia Catarina (Figura 5 e 6) possui infra-estrutura de acesso pavimentado com iluminação, duchas, lanchonetes, quadras poli esportivas, estacionamento para ônibus e carros, calçadão iluminado, telefone público, ancoradouro, área para camping, 26 quiosques, 3 sanitários (masculino e feminino) além do prédio da Administração das Praias, para atendimento a primeiros-socorros, salva-vidas e segurança, feita pelo Corpo de Bombeiros e Guarda Municipal respectivamente.

A Praia Marina (Figura 6 e 7) possui infra-estrutura voltada somente para o lazer náutico, com um abrigo para pequenas embarcações de aproximadamente 700 m², e uma rampa náutica de acesso ao reservatório. Consta ainda de uma lanchonete que atualmente se encontra desativada e um par de banheiros, além de uma residência em alvenaria de aproximadamente 150 m².



Figura 6: Vista aérea das praias Catarina (P1) e Marina (P2), do reservatório de Ilha Solteira com os respectivos pontos de coleta.

Fonte: PEREIRA (2006).



Figura 7: Mapa temático com a localização das fossas sépticas e sumidouros, das praias Catarina e Marina do Reservatório de Ilha Solteira. Fonte: VASILIO (2006).

O Recanto das Águas (Figura 7 e 8) é um conjunto de pequenas propriedades rurais (ranchos) voltados ao lazer, pesca e náutica. Foi criado em 1995, e seus lotes possuem aproximadamente 2.600 m², com frente mínima de 20 m e 130 m de profundidade. Existem 108 lotes na orla do reservatório, sendo que estes não contam com sistema de esgoto público, adotando um sistema de tratamento de esgoto do tipo fossa séptica (sumidouro). Cerca de 50% das propriedades estão irregulares perante os órgãos ambientais, e não respeitam a faixa de 100 m de Área de Proteção Permanente. O conjunto conta ainda com uma área de lazer com aproximadamente 109.000,00 m² e mais sete áreas que juntas somam 36.311,54 m² intermediando as quadras marginais à água, que servem de acesso ao reservatório.



Figura 8: Vista aérea do Recanto das Águas (P3), com a localização do ponto de coleta.

Fonte: PEREIRA (2006).

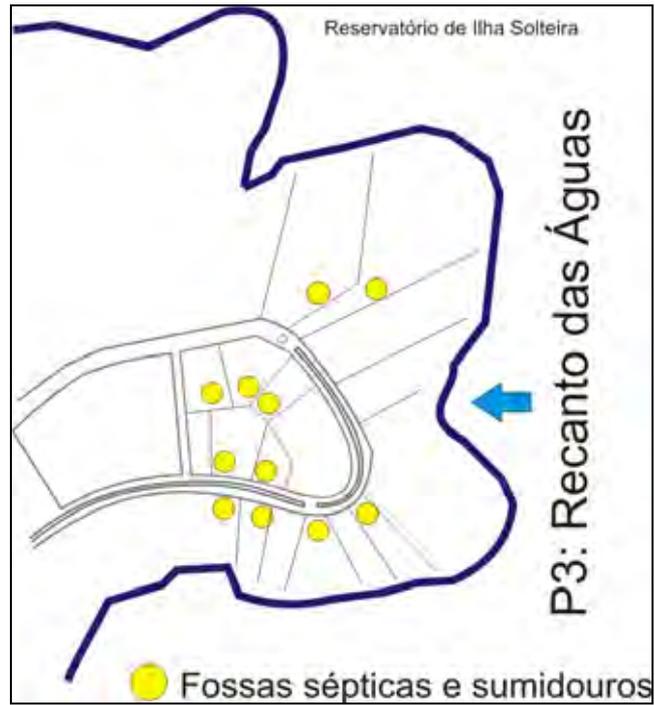


Figura 9: Mapa temático com a localização das fossas sépticas e sumidouros, do Recanto das Águas no Reservatório de Ilha Solteira.

Fonte: VASILIO (2006).

2.0 BALNEABILIDADE

2.1 Introdução

Segundo a CETESB (2004), balneabilidade é a qualidade das águas destinadas à recreação de contato primário (natação, mergulho, esqui-aquático, etc), sendo este entendido como um contato direto e prolongado com a água, onde a possibilidade de ingerir quantidades apreciáveis de água é elevada. O parâmetro indicador básico para a classificação das praias quanto à sua balneabilidade em termos sanitários é a densidade de coliformes fecais onde diversos são os fatores que condicionam a presença de esgotos nas praias, tais como: sistemas de coleta e disposição de despejos gerados nas proximidades, afluência turística durante períodos de temporada, fisiografia da praia, ocorrência de chuvas, entre outros.

No Brasil, a Resolução CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente – 20/86, que determina especificidades para a classificação e o enquadramento dos corpos de água, estabelecia os critérios relacionados a balneabilidade nos Artigos 26 a 34. Estes foram revogados pela Resolução CONAMA 274/00, que trata especificamente da balneabilidade. A inovação ocasionada pela nova Resolução refere-se à possibilidade da utilização de outros, e mais específicos, microrganismos indicadores de contaminação fecal, como a *Escherichia coli* e os *enterococos* (CONAMA, 2000).

Escherichia coli é o organismo utilizado mundialmente, pois satisfaz as exigências de um indicador ideal de poluição. Outras bactérias têm sido sugeridas e algumas vezes utilizadas como indicadores de poluição, como *Streptococcus faecalis* e *Clostridium perfringens*, ambas habitantes normais do intestino grosso do homem e de outros animais.

Existe também, um considerável interesse no desenvolvimento de uma metodologia de rotina para a evidenciação de um vírus como indicador de poluição (PELCZAR et al. 1996)

Segundo a Resolução CONAMA 274/00, a qualidade das águas doces, salobras e salinas destinadas à balneabilidade terá sua condição avaliada nas categorias própria e imprópria. As águas consideradas próprias poderão ser subdivididas nas categorias Excelente, Muito Boa e Satisfatória. A classificação dar-se-á de acordo com as densidades de coliformes fecais (termotolerantes), *Escherichia coli* ou *enterococos* (em águas marinhas) amostrados durante cinco semanas consecutivas ou cinco amostragens com intervalo mínimo de 24 horas entre elas. As águas são consideradas impróprias quando ultrapassarem os índices bacteriológicos admitidos e houver incidências elevadas de enfermidades transmissíveis por via hídrica, presença de resíduos como esgotos sanitários, óleos, graxas e outras substâncias capazes de oferecer riscos à saúde, floração de algas ou outros organismos ou presença de transmissores potenciais de esquistossomose e outras doenças de veiculação hídrica.

Segundo a WHO (2003), os perigos associados com o uso de ambientes recreacionais aquáticos estão relacionados em grupos:

- Perigos físicos (por exemplo, afogamentos ou ferimentos);
- Frio, calor e luz solar;
- Algas e seus produtos tóxicos;
- Agentes químicos e físicos;
- Organismos aquáticos perigosos.
- Qualidade de água (especialmente exposição à água contaminada pelo esgoto, mas também exposição aos microorganismos patogênicos que vivem na água recreacional);
- Contaminação da areia da praia;

A Figura 10 fornece uma aproximação esquemática para comparar os perigos de saúde encontrados durante o uso recreacional da água. Um resultado grave para a saúde, tal como

paralisia permanente ou morte, em consequência de mergulhar na água rasa, pode afetar somente um número pequeno de banhistas anualmente, mas pode demonstrar uma prioridade elevada do monitoramento das águas. As irritações de pele, encontradas no extremo oposto da escala, podem afetar um número mais elevado de banhistas por ano, mas não resultam em nenhuma incapacidade e não requerem assim uma prioridade mais elevada de monitoramento (WHO, 2003).

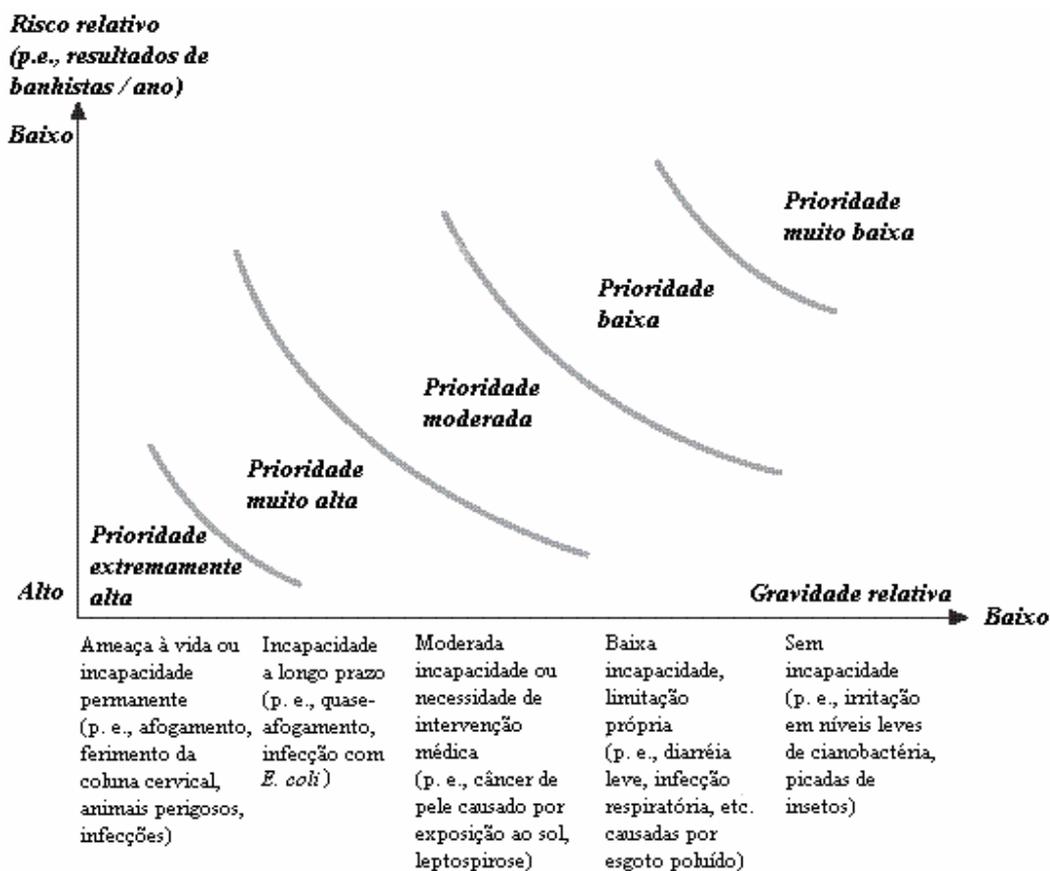


Figura 10: Aproximação esquemática para comparar os perigos de saúde encontrados durante o uso recreacional da água, adaptado de WHO (2003).

As águas recreacionais contêm geralmente uma mistura de microorganismos patogênicos e não-patogênicos. Estes microorganismos podem ser derivados dos efluentes do esgoto, da população recreacional usando a água (de defecação e/ou do derramamento), animais de criação (gado, carneiro, etc.), processos industriais, atividades de cultivo, animais

domésticos e animais selvagens. Além disso, as águas recreacionais podem também conter microorganismos patogênicos de vida livre. Estas fontes podem incluir os organismos patogênicos que causam infecções gastrointestinais depois da ingestão, ou infecções respiratórias, dos ouvidos, dos olhos, da cavidade nasal e da pele. As infecções e doenças devido ao contato recreacional da água são geralmente suaves e assim difíceis de detectar por meio dos sistemas médicos rotineiros. Estudos epidemiológicos, mostraram um número de resultados adversos da saúde (incluindo infecções gastrointestinais e respiratórias) a serem associados com água recreacional poluída por fezes (WHO, 2003).

Apesar da preditiva evolução nos métodos de avaliação da balneabilidade, a resolução 274/00 CONAMA é baseada em estudos desenvolvidos por agências internacionais, como a EPA e WHO, e estes baseados em estudos desenvolvidos nas décadas de 70 e 80 (CABELLI et al 1975,1979,1982; DUFOUR 1984). A atual recomendação de indicadores bacterianos está fundamentada em métodos microbiológicos que envolvem culturas de indicadores fecais, como *Enterococcus* spp. ou *Escherichia coli*, e a contagem das unidades formadoras de colônias. Uma falha destes métodos é que, o grupo de bactérias necessitada de pelo menos 24 horas para o crescimento visível das colônias, tornando impossível para os agenciadores locais das praias fazer uma avaliação da qualidade da água no momento em que ela é coletada.

Estudos desenvolvidos por Boehm et al. (2002), dizem que a qualidade microbiana da água muda rapidamente, seus resultados demonstraram que esta é afetada por uma série de fatores complexos, tanto locais quanto externos, e que recomendações baseadas em organismos que requerem no mínimo 24 horas de desenvolvimento, são suficientemente demoradas para se realizar uma intervenção no local.

Atualmente, alguns métodos mais rápidos têm sido desenvolvidos para a avaliação da balneabilidade. A modificação da versão da reação em cadeia da polimerase (PCR), tem sido

aperfeiçoada para quantificar indicadores de bactérias em águas recreacionais em menos de 2 horas. Esse método é baseado na decodificação genética das bactérias através da extração total de DNA, onde posteriormente a reação em cadeia da polimerase é estimulada, e é possível obter-se cópias de uma parte do material genético em quantidade suficiente que permita detectar e analisar a seqüência que é alvo de estudo (GENESIS, 2006). Fornecendo uma rápida avaliação da qualidade da água, com o potencial para reduzir significativamente doenças relacionadas à exposição de águas recreacionais contaminadas, e também reduzir erros em relatórios de avaliações e notificações públicas (WADE et al.,2006).

Esses estudos estão em sua fase inicial e foram desenvolvidos na região dos Grandes Lagos (Lago Michigan/USA e o Lago Erie/USA), onde tentou-se associar a balneabilidade com a ocorrência de doenças gastrointestinais. Os resultados obtidos mostram associações de bacteróides (gênero de bactérias gram-negativas, patogênicas e habitantes intestinais e urogenitais de humanos, animais e insetos) e de *Enterococcus* com a qualidade da água, e tem um potencial promissor no desenvolvimento de futuras pesquisas desta área.

2.2 Justificativa

Segundo a CETESB (2001), as margens do reservatório de Ilha Solteira apresentam elevado potencial turístico, sendo extremamente importante a coleta de dados e o monitoramento da qualidade da água visando o seu aproveitamento pleno. A cidade de Ilha Solteira apresenta a denominação de Estância Turística, o que remete à extrema importância que uma boa qualidade da água do reservatório teria para que as atividades turísticas do município fossem ampliadas de modo sustentável.

Devido a este potencial turístico, observa-se a necessidade de assegurar um acompanhamento da qualidade da água e da balneabilidade do reservatório, visto o grande número de visitantes com picos de 17.000 pessoas por dia em alta temporada.

As praias da Catarina e Marina são os principais pontos de recreação no município de Ilha Solteira, atingindo no verão picos de aproximadamente 82.728 pessoas/mês (Figura 2 Cap. 1) devido basicamente à prática de esportes náuticos, campeonatos de pesca e recreação de contato primário (SECRETARIA MUNICIPAL DE TURISMO, 2004). Deve-se salientar que esta população flutuante das praias é cerca de quatro vezes superior à população do município de Ilha Solteira, que atualmente apresenta 22.641 habitantes.

Outro fator que deve ser levado em consideração é a existência de um trabalho preliminar das condições de balneabilidade das praias de Ilha Solteira, realizado pelo Departamento de Química da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP. Este trabalho determinou a densidade de Coliformes totais e *Escherichia coli* no período de setembro de 2000 a junho de 2001, onde as coletas foram executadas quinzenalmente. Os resultados obtidos demonstraram que, embora o número de coliformes fecais estivesse dentro dos padrões da Resolução CONAMA 274/00, notou-se que durante o período seco ocorreu uma variação significativa no número de coliformes fecais em relação ao período chuvoso, atingindo o número superior a 150 colônias de coliformes (KIRYU, 2001).

Deve-se salientar que este estudo foi realizado quinzenalmente e somente nas praias da Marina e Catarina, não contemplando o bairro Recanto das Águas, que é uma região a montante das praias citadas e apresenta uma utilização com contato primário com a água, esportes náuticos e pesca esportiva.

A Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) realiza um monitoramento da qualidade das águas interiores do estado, com 388 pontos de amostragem de água em todo o estado, desses 31 pontos são dedicados à balneabilidade de águas doces. O

reservatório de Ilha Solteira, está inserido como uma unidade de gerenciamento de recursos hídricos que é predominantemente agropecuária, e esta compreende uma área de aproximadamente 104.877 Km² (43% do estado), e apesar de seu tamanho e importância, consta com apenas 39 pontos de amostragem (12% do total), e em nenhum destes, é executado a balneabilidade de águas doces (CETESB, 2006).

Sendo assim, tenta delinear um quadro atual e realístico da balneabilidade, trazendo à tona todos seus problemas e qualidades das águas interiores do estado.

2.3 Objetivos

O estudo tem por objetivo a determinação da balneabilidade, durante o período de outubro de 2004 a outubro de 2005 (52 semanas), da água das praias Catarina (P1), Marina (P2) e Recanto das Águas (P3), localizadas no reservatório de Ilha Solteira. Para tanto, as atividades realizadas foram:

- Determinação semanal do nível de coliformes fecais (*Escherichia coli*) e totais das praias, utilizando como referência os parâmetros da Resolução CONAMA 274/00;
- Determinação semanal do potencial hidrogeniônico (pH) das praias, utilizando como referência os parâmetros da Resolução CONAMA 274/00;
- Determinação semanal do nível de coliformes fecais e totais do sedimento das praias, como subsídio para a avaliação da balneabilidade.

2.4 Materiais e Métodos

2.4.1 Amostragem da Água

As amostras foram coletadas segundo as recomendações da Resolução CONAMA 274/00, que diz que a amostragem deverá ser efetuada em local que apresentar a isóbata de um metro e onde houver maior concentração de banhistas. A amostragem da água ocorreu sub-superficialmente (Figura 11), a aproximadamente 20 cm de profundidade, onde foram coletados um litro de água para as análises em laboratório.



Figura 11: Amostragem de água nas praias do reservatório de Ilha Solteira.

Fonte: VASILIO (2006).

2.4.2 Coliformes fecais e totais na água

Os Coliformes totais e *Escherichia coli*, foram identificadas pelo método *Chromocult*, onde foram filtrados cerca de 5 à 10 mL em média de água, e as análises foram realizadas até 24 horas após a coleta do material, seguindo o padrão da Resolução 274/00 (CONAMA, 2000).

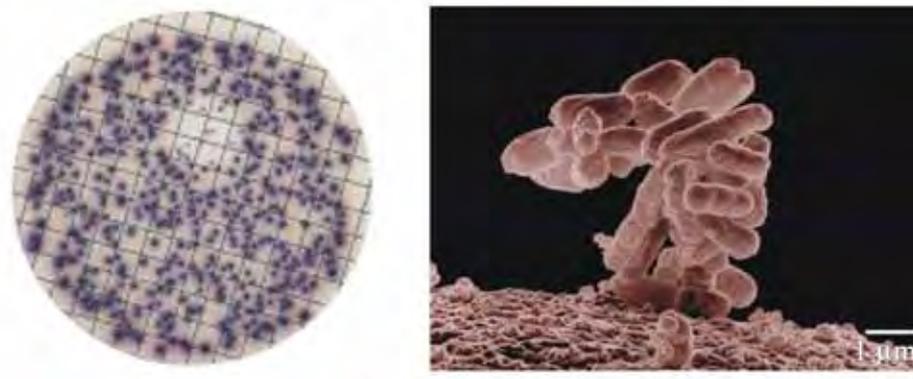


Figura 12: Exemplo de membrana *Chromocult* utilizada na determinação do grupo coliformes fecais e totais, e ampliação da colônia *Escherichia coli*.

2.4.3 Coliformes fecais e totais no sedimento.

Seguindo a metodologia de Bramorski (2004), foram retiradas alíquotas de 5mL de sedimento (sedimento+água intersticial), sendo repassadas a provetas de 500mL e misturadas a água destilada e agitadas durante 1 minuto. Alíquotas de 100mL serão extraídas das provetas e diluídas 3 vezes em água destilada. Desta forma, cada amostra apresentará 3 diluições, as quais serão submetidas a técnica do filtro de membrana para o diagnóstico bacteriológico, pelo método *Chromocult*, que deverá ser realizado em até 24 horas após a coleta do material, seguindo o padrão da Resolução CONAMA 274/00 (2000).

2.4.4 pH

As medidas *in situ* deste parâmetro foram realizadas com o método de célula eletrolítica que utiliza o equipamento de medição HANNA modelo 8314 (Figura 13)



Figura 13: Determinação do pH da água nas praias do reservatório de Ilha Solteira durante o período de estudo.

2.4.5 Classificação das águas

A classificação das águas em próprias (excelente, muito boa ou satisfatória) ou impróprias à balneabilidade segue o parâmetro do número de coliformes fecais, indicado na Resolução CONAMA 274/00. A água amostrada durante cinco semanas consecutivas ou em cinco amostragens em um intervalo de 24 horas é enquadrada nas categorias Excelente, Muito Boa, Satisfatória e Imprópria, conforme indicado na Tabela 4.

Tabela 4 : Classificação das águas para balneabilidade, segundo limite de coliformes fecais (Resolução CONAMA 274/00), NMP: número mais provável.

Categoria	Porcentagem do Tempo	Limite de <i>Coliforme Fecal</i> (NMP/100ml)	Limite de <i>E. coli</i> (UFC/100ml)	Limite de <i>Enterococos</i> (UCF/100 ml)
PRÓPRIA				
Excelente	valor máximo em	250	200	25
Muito Boa	80% ou mais do	500	400	50
Satisfatória	tempo	1000	800	100
IMPRÓPRIA				
	superior ao valor indicado em 20% do tempo	1000	800	100
	superior ao valor indicado na última amostragem	2500	2000	400

Segundo a mesma Resolução CONAMA 274/00, as águas serão consideradas impróprias quando no trecho avaliado for verificada uma das seguintes ocorrências:

- a) não atendimento aos critérios estabelecidos para as águas próprias;
- b) valor obtido na última amostragem for superior a 2500 coliformes fecais (termotolerantes) ou 2000 *Escherichia coli* ou 400 enterococos por 100 mililitros;
- c) incidência elevada ou anormal, na região, de enfermidades transmissíveis por via hídrica, indicada pelas autoridades sanitárias ;
- d) presença de resíduos ou despejos, sólidos ou líquidos, inclusive esgotos sanitários, óleos, graxas e outras substâncias, capazes de oferecer riscos à saúde ou tornar desagradável à recreação;
- e) pH < 6,0 ou pH > 9,0 (águas doces), à exceção das condições naturais;
- f) floração de algas ou outros organismos, até que se comprove que não oferecem riscos à saúde humana;
- g) outros fatores que contra-indiquem, temporária ou permanentemente, o exercício da recreação de contato primário.

2.5 Resultados e Discussões

Os resultados de coliformes fecais, coliformes totais na água e no sedimento estão no Anexo A, os dados de pH estão presentes no anexo B.

2.4.1 pH

A Figura 14 apresenta a maioria dos valores de pH dentro da faixa da Resolução CONAMA 274/00 ($\text{pH} < 6,0$ ou $\text{pH} > 9,0$ (águas doces), sendo que apenas dois valores do ponto P2 estiveram abaixo deste valor, com 5,99 em 31/jan/05 e 5,91 dia 04/abr/05. O ponto P3 obteve apenas um único valor acima com 9,06 em 17/out/05, sendo que o ponto P1 apresentou-se sempre dentro da faixa da referida Resolução.

Se for adotada uma distribuição normal dos dados com um intervalo de confiança de 99,7% chega-se à $P1 = 6,88 \pm 1,65$, $P2 = 6,90 \pm 1,79$, e $P3 = 6,99 \pm 1,73$. Devido à proximidade e representatividade das condições naturais do rio e pela distribuição normal de probabilidade com um grande intervalo de confiança exposta acima, essa amostra pode ser considerada normal. Se utilizarmos a recomendação da Organização Mundial da Saúde (WHO, 2003) que faz uma recomendação de $6,5 < \text{pH} < 8,5$, nota-se que 16% dos valores da praia Catarina estão fora deste intervalo, 10% na praia Marina e 14% dos valores de pH do Recanto das águas extrapolam essa recomendação.

Os valores obtidos quando comparados com estudos realizados por Rocha e Thomaz (2004), na planície de inundação ao alto rio Paraná, entre a foz do rio Paranapanema e a primeira ligação do rio Ivinhema com o rio Paraná, mostram-se semelhantes com valores de pH, que oscilaram entre 6,6 e 7,5 no rio Paraná e entre 6,3 e 8,1 na lagoa das Garças. Isso mostra um padrão relativamente básico do pH não só nas praias do reservatório, mas ao longo do rio Paraná.

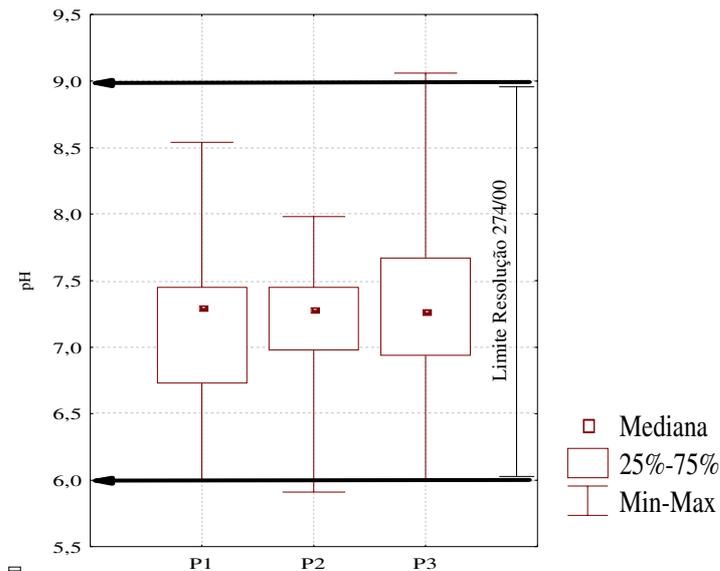


Figura 14: Gráficos da variação amostral do pH nas praias do reservatório de ilha Solteria durante o período de estudo

2.5.2. Coliformes Fecais e Totais na água

Com relação ao número de coliformes fecais, a (Figura 15) demonstra que a balneabilidade para o P3 (Recanto das Águas) em 90% do tempo manteve-se com classificação “Excelente”, e em 10% do tempo “Imprópria”. Para o P2 (Praia Marina), este índice manteve-se em 70% do tempo “Excelente”, 20% com classificação “Muito Boa” e 10% de “Imprópria”. A Praia Catarina (P1), em 50% do tempo apresentou-se com classificação “Excelente”, 20% do tempo com classificação “Muito boa”, 10 % do tempo “Satisfatória” e 20% do tempo com qualidade “Imprópria”, o que representou a pior balneabilidade das três praias monitoradas.

Esse fato pode ser explicado pelo maior afluxo de visitantes à Praia Catarina, por esta oferecer melhor infra-estrutura balneária aos usuários. O período de 22/nov/04 a 20/dez/04 (Tabela 5) condicionou ao ponto P1 uma classificação “Imprópria”, com um pico de 1500UFC.100 mL⁻¹ devido ao maior afluxo de pessoas nas praias, como se pode observar na Figura 2 no Capítulo I . No período de 18/abr/05 à 16/mai/05, determinou-se qualidade “Imprópria” em todos os pontos amostrados (Tabela 2), ou seja, pelo menos 20% do tempo de cinco semanas consecutivas os valores estiveram acima dos permitidos pela Resolução CONAMA 274/00 (até 800UFC.100m mL⁻¹), com picos de: P1 = 1400UFC.100 mL⁻¹, P2 = 1014UFC.100 mL⁻¹ e P3 = 1443UFC.100 mL⁻¹ (Figura 5). Este fato pode estar relacionado ao aumento do nível do reservatório neste período, alagando as margens anteriormente utilizadas para vários fins e incorporando o material do sedimento para a água.

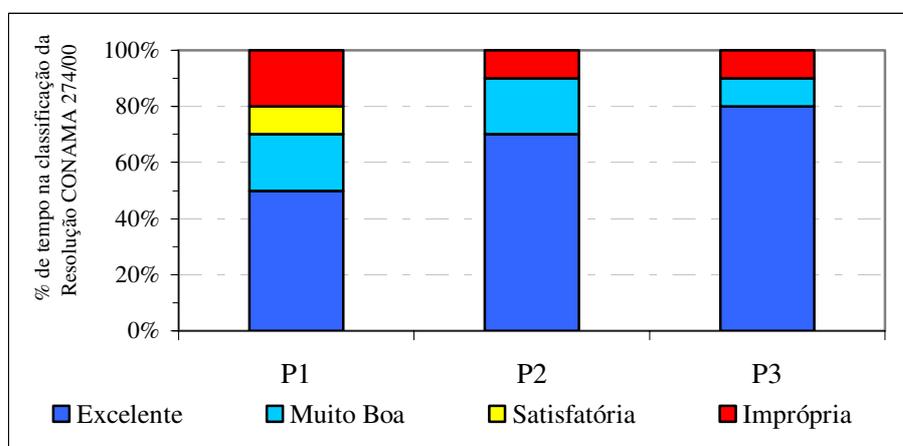


Figura 15: Porcentagem de permanência de tempo na classificação da balneabilidade segundo a Resolução CONAMA 274/00, nas praias do Reservatório de Ilha Solteira, durante o período de estudo.

Tabela 5: Resumo da balneabilidade das praias do Reservatório de Ilha Solteira.

Coleta	Data	Balneabilidade			Categorias	% do tempo	Coliforme Fecal (NMP/100ml)	E. coli (UCF/100ml)
		P1	P2	P3				
1	18/out/04				Próprias	Valor máx. em 80% ou mais do tempo		
2	25/out/04							
3	01/nov/04	Excelente	Excelente	Excelente				
4	08/nov/04							
5	15/nov/04							
6	22/nov/04							
7	29/nov/04							
8	06/dez/04	Imprópria	Excelente	Excelente				
9	13/dez/04							
10	20/dez/04							
11	03/jan/05							
12	10/jan/05							
13	17/jan/05	Excelente	Excelente	Excelente				
14	24/jan/05							
15	31/jan/05							
16	07/fev/05				Sup. ao valor			
17	14/fev/05				em 20% do	1000	800	
18	21/fev/05	Excelente	Excelente	Excelente	tempo			
19	28/fev/05				Sup. o valor			
20	07/mar/05				na última	2500	2000	
21	14/mar/05				amostragem			
22	21/mar/05							
23	28/mar/05	Excelente	Excelente	Excelente				
24	04/abr/05							
25	11/abr/05							
26	18/abr/05							
27	25/abr/05							
28	02/mai/05	Imprópria	Imprópria	Imprópria				
29	09/mai/05							
30	16/mai/05							
31	23/mai/05							
32	30/mai/05							
33	06/jun/05	Muito Boa	Muito Boa	Muito Boa				
34	13/jun/05							
35	20/jun/05							
36	26/jun/05							
37	04/jul/05							
38	11/jul/05	Muito Boa	Muito Boa	Excelente				
39	18/jul/05							
40	25/jul/05							
41	01/ago/05							
42	08/ago/05							
43	15/ago/05	Excelente	Excelente	Excelente				
44	22/ago/05							
45	29/ago/05							
46	05/set/05							
47	12/set/05							
48	19/set/05							
49	26/set/05	Satisfatória	Excelente	Excelente				
50	03/out/05							
51	10/out/05							
52	17/out/05							

OBS.:

■ = dias de coleta de IQA

Balneabilidade referente ao período de 5 semanas consecutivas.

Outros fatores para a condição de águas Impróprias para os requisitos da balneabilidade:

- incidência elevada ou anormal, na Região, de enfermidades transmissíveis por via hídrica, indicada pelas autoridades sanitárias ;
- presença de resíduos ou despejos, sólidos ou líquidos, inclusive esgotos sanitários, óleos, graxas e outras substâncias capazes de oferecer riscos à saúde ou tornar desagradável a recreação;
- pH < 6,0 ou pH > 9,0 (águas doces), à exceção das condições naturais;
- floração de algas ou outros organismos, até que se comprove que não oferecem riscos à saúde humana;
- outros fatores que contra-indiquem, temporária ou permanentemente, o exercício da recreação de contato primário.

Um fator que deve ser levado em conta é, que a balneabilidade, com exceção do alto índice de visitantes, que aconteceu nos meses de novembro e dezembro de 2004, está condicionada ao nível do reservatório, o que se pode observar nos meses seguintes ao pico de

abril, onde a qualidade da água passou de Imprópria para Muito Boa e posteriormente Excelente, conforme o nível do reservatório foi abaixando .

No geral, segundo a Resolução CONAMA 274/00, o parâmetro balneabilidade indicou, que apesar de algumas exceções, as praias do reservatório oferecem uma qualidade de água “Muito Boa” a “Excelente” em pelo menos 70% do ano.

Segundo dados da CETESB (2005), que realiza o monitoramento das praias interiores, dentro do período de 1996 à 2004, cerca de 24 % das praias apresentaram uma má condição de balneabilidade, ou seja, valores superiores a $800\text{UFC}.100\text{mL}^{-1}$ em pelo menos 20 % do tempo, com um pico de 40% das amostras acima da Resolução CONAMA 274/00 na represa de Guarapiranga/SP, e com certos pontos de amostragem acima desse limite durante todo o período da série histórica. Um estudo recente nos Estados Unidos ,estima que mais do que 40% das praias norte americanas estão com limites acima do permitido (KIM & GRANT, 2004) .

O mesmo comportamento encontrado no grupo de coliformes fecais se reflete também com a concentração de coliformes totais, mas em valores bem mais elevados que os coliformes fecais, tendo sido encontrados respectivamente os valores máximos de:

- Praia Catarina: $48.700\text{UFC}.100\text{ mL}^{-1}$, em 20/12/2004;
- Praia Marina: $47.400\text{UFC}.100\text{ mL}^{-1}$, em 20/12/2004;
- Recanto das Águas $24.100\text{UFC}.100\text{ mL}^{-1}$, em 18/04/2005.

Esta elevação nos coliformes totais pode estar relacionada com a atividade de pecuária extensiva inserida no entorno do reservatório, que com a chegada das chuvas e o aumento do

volume do reservatório no início do período de estiagem, pode carrear material das margens para o corpo d'água (Figura 16).

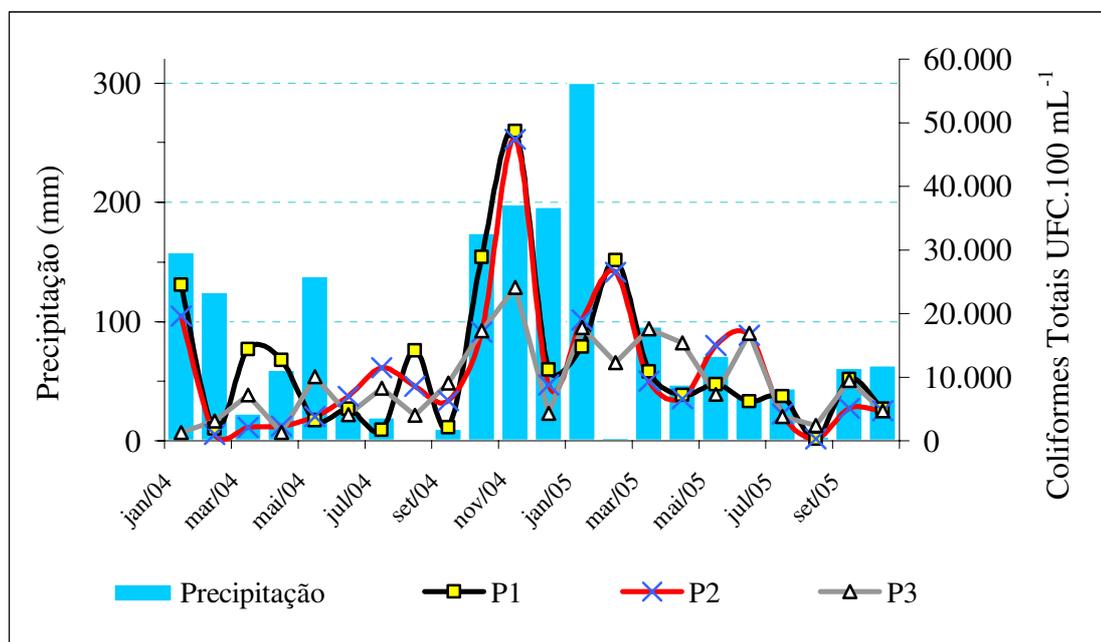


Figura 16:Índice de coliformes totais e chuvas ocorridas no período de pesquisa, nas praias do Reservatório de Ilha Solteira/SP.

Adotando a classificação de reservatório classe 2, expedido pela resolução CONAMA 357/05, onde o limite de coliformes totais é de 5000UFC.100 mL⁻¹, percebe-se que 32% dos dados ultrapassam esse valor. Já para os coliformes fecais esse limite é de 1000UFC.100mL⁻¹, apenas 2% dos dados ultrapassam esse valor.

A Cetesb/SP (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo), realiza um monitoramento de balneabilidade nas praias interiores do estado, onde é definido um índice de balneabilidade (IB), como sendo uma síntese da distribuição das classificações obtidas ao longo das 52 semanas ou 12 meses do ano. As praias com frequência mensal possuem um IB calculado a partir das determinações do número de coliformes termotolerantes mensais. Baseada em critérios estatísticos simplificados, a qualificação anual expressa não apenas a qualidade mais recente apresentada pelas praias, mas aquela que apresenta com mais constância ao longo do tempo. O índice de balneabilidade (IB) será designado como sendo a qualificação anual da praia (CETESB, 2006).

Apresentam-se, na Tabela 6, as especificações que determinam a qualificação anual para as praias com coleta semanal e com coleta mensal.

Tabela 6: Classificação da qualidade da água pela Cetesb /SP, segundo critérios de balneabilidade da Resolução Conama 274/00 de qualidade "Própria" e "Imprópria".

Qualidade	Praia com Coleta Semanal	Praia com Coleta Mensal
<i>Ótima</i>	Praias classificadas como Excelentes 100% do ano	Número de resultados de coliformes termotolerantes menores do que 250 em 100% do ano
<i>Boa</i>	Praias próprias 100% do ano, exceto as classificadas como Excelentes 100% do ano	Número de resultados de coliformes termotolerantes menores do que 1.000 em 100% do ano, exceto a condição de menores
<i>Regular</i>	Praias classificadas como Impróprias em porcentagem de tempo inferior a 50% do ano	Número de resultados de coliformes termotolerantes maiores do que 1.000 em porcentagem
<i>Má</i>	Praias classificadas como Impróprias em porcentagem de tempo igual ou superior a 50% do ano	Número de resultados de coliformes termotolerantes maiores do que 1.000 em porcentagem igual ou superior a 50% do ano

Utilizando-se desta classificação para avaliar os dados das praias do reservatório de Ilha Solteira, pode-se dizer que a praia Catarina permaneceu 80,8% do seu tempo com valores de coliformes fecais abaixo de $260\text{UFC}.100\text{mL}^{-1}$, a praia Marina com valores abaixo de $250\text{UFC}.100\text{mL}^{-1}$ em 86,5% do seu tempo, e o Recanto das Águas com resultados abaixo de $200\text{UFC}.100\text{mL}^{-1}$ em pelo menos 76,9% do seu tempo. Portanto todos os pontos de amostragem apresentam uma classificação regular (Tabela 6).

Comparando os dados obtidos neste estudo, com os resultados encontrados nos Reservatórios Jaguari, Cachoeira e Atibainha, mostram que 33,3% dos pontos se encontram na classificação regular, com elevadas concentrações de *E.coli*, provavelmente em função da carga difusa advinda do entorno dessa praia (CETESB, 2006).

Já os resultados das represas de Rio Grande e Billings, mostram que 75% dos pontos amostrados apresentaram a classificação regular, e onde os pontos que obtiveram classificação imprópria são relativos à floração de algas no reservatório, e que não houve alterações significativas da qualidade da água quando comparado com os anos anteriores, mas

a represa apresenta evolução na balneabilidade, definindo uma qualidade superior a encontrada no reservatório de Ilha Solteira (CETESB, 2006).

Por outro lado os dados da represa Guarapiranga mostram que 62% estão com qualidade regular, e 31% classificados com má qualidade, onde também não mostraram mudanças significativas com os anos anteriores (CETESB, 2006), e são resultados inferiores aos encontrados nas praias do reservatório de Ilha Solteira.

Estudos realizados por Brigante et al (2003) no rio Mogi-Guaçu demonstraram que os valores tanto de coliformes fecais, quanto de coliformes totais, estão próximos aos encontrados nas praias do reservatório de Ilha Solteira, com exceção de um ponto de amostragem, onde seus índices estiveram numa faixa de:

Coliformes fecais : 3NMP.100mL^{-1} a $1.986\text{NMP.100mL}^{-1}$;

Coliformes Totais : $1.046\text{NMP.100mL}^{-1}$ a $77.010\text{NMP.100mL}^{-1}$;

Segundo CETESB (2005), o rio Mogi-Guaçu é considerado com classificação regular (Tabela 3), refletindo seu grau de similaridade com as praias do reservatório de Ilha Solteira, no quesito balneabilidade.

2.5.3 Coliformes fecais e totais no sedimento

Os valores de coliformes fecais e totais avaliados para o sedimento das praias do reservatório de Ilha Solteira, encontram-se no Anexo A.

Os resultados de coliformes fecais (Figura 17) para o sedimento mantiveram-se baixos em todas as estações analisadas durante o período amostrado. Pode-se observar que a Praia Catarina (P1) apresentou um melhor resultado com uma média de $121,1\text{UFC.100mL}^{-1}$, e em 90% do tempo teve valores menores que $500,0\text{UFC.100mL}^{-1}$. A Praia Marina (P2) apresentou uma média de $150,0\text{UFC.100mL}^{-1}$, com um pico máximo de $1400,0\text{UFC.100mL}^{-1}$

Em trabalho similar realizado em praias de água salgada, pesquisadores do Campus do Litoral Paulista da UNESP analisaram a contaminação de duas praias de São Vicente (SP) pelas bactérias *Escherichia coli* e *Enterococcus*, tendo como novidade que a investigação não se restringe apenas às águas desses locais, mas inclui também a areia, tanto em sua parte úmida como na área seca. Como resultado, observou-se que na areia seca foram obtidas as maiores densidades de microrganismos, tanto na Praia do Gonzaguinha como na Praia da Ilha Porchat, o que indica que, nesse caso, a poluição possivelmente ocorre por via terrestre (OLIVEIRA, 2006)

Os valores de coliformes totais (Figura 18) demonstraram que o ponto P2 (Praia Marina), obteve os melhores resultados com uma média de 9418,5 UCF.100mL⁻¹, com valores que variaram de 300,0 UCF.100mL⁻¹ à 83000,0 UCF.100mL⁻¹. Com relação ao ponto P1 (Praia Catarina), determinou-se um pico de 60000 UCF.100mL⁻¹ em outubro/05, e uma média geral de 10960,0 UCF.100mL⁻¹. De maneira semelhante ao grupo de coliformes fecais, o Recanto das Águas demonstrou o pior valor com uma média de 18007,2 UCF.100mL⁻¹, e pico de 110000,0 UCF.100mL⁻¹, em outubro/05.

Como o grupo formado por coliformes fecais é um grupo de bactérias indicadoras de organismos originários do trato intestinal humano e outros animais, isso nos fornece indícios de contaminação antropogênica, e o grupo coliformes totais, segundo Thomann & Mueller¹ *apud* Sperling (1996), constitui-se em um grande grupo de bactérias que têm sido isoladas de amostras de águas e solos poluídos e não poluídos, bem como de fezes de seres humanos e outros animais de sangue quente. Pode-se inferir que, as praias apresentam nos sedimentos ações tanto antropogênica, quanto sob influência de animais de sangue quente.

¹ THOMANN, R ; MUELLER, J. *Principles of Surface Water Quality and Control*. New York: Harper&Row, Publishers, 1987.

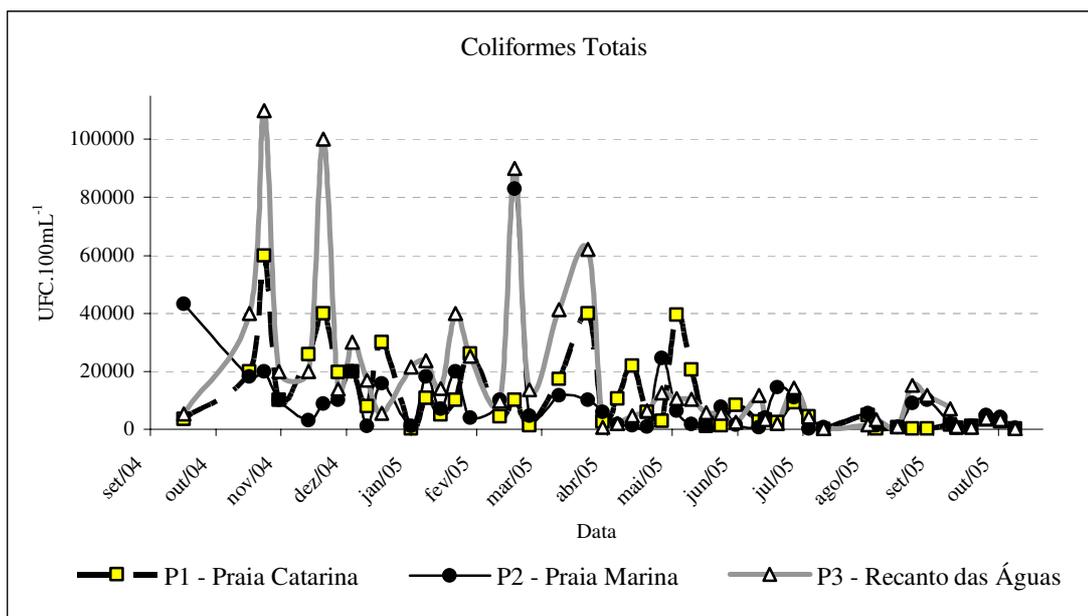


Figura 18: Valores de coliformes fecais (*E. coli*), nas praias do Reservatório de Ilha Solteira, durante o período de estudo.

Os dados obtidos no Reservatório de Ilha Solteira apresentaram-se baixos quando comparados aos dados obtidos por Bramorski (2004), no sedimento do reservatório de Barra Bonita (Rio Tietê), onde para coliformes fecais foram determinados valores entre 1×10^5 a 5×10^5 UFC.100mL⁻¹, e para coliformes totais foram determinados valores entre 1×10^7 e 1×10^9 UFC.100mL⁻¹.

2.6 Conclusões

De forma geral, as praias do reservatório de Ilha Solteira apresentam uma condição no mínimo ótima a muito boa em 70% dos casos. Apesar desta boa qualidade o local ainda não dispõe de dispositivos básicos para informar o usuário da qualidade e/ou riscos que pode enfrentar ao se utilizar dos balneários.

Embora haja instrumentos e políticas para a manutenção da qualidade da água o monitoramento e a fiscalização, são indispensáveis, e devem fazer parte do grupo de ações que tanto a prefeitura quanto o estado deveriam se ater. Cabe lembrar que em nível estadual, a empresa que faz os levantamentos de qualidade da água do estado a CETESB, tem um ponto de amostragem no rio São José dos Dourados, que é o mais próximo das praias do Reservatório, e se encontra a uma distância de aproximadamente 80 km da praia mais próxima, e onde não se realiza a balneabilidade, nem estudos de sedimento. O reservatório está incluído em uma área com predominância agropecuária, onde a relação ponto de amostragem por área é de 0,15 pontos/1000 km².

Frente aos fatos e resultados apresentados, algumas ações para o acompanhamento da balneabilidade nas praias do reservatório são sugeridas:

- Elaboração de um plano para o monitoramento, com parceria do poder público, e colocar o reservatório dentro do monitoramento de balneabilidade de águas doces, realizado pela Cetesb/SP;
- Fornecer um canal de informação com o usuário, através de placas de sinalização da qualidade da água, rádio e internet;
- Realizar de maneira mais minuciosa uma pesquisa de acompanhamento dos tipos de usuários do balneário;
- Pesquisar informações sobre a relação entre doenças gastrointestinais e freqüentadores das praias;
- Estabelecer um programa de pesquisa contínua para a contribuição das metodologias, tanto de amostragem e incubação dos organismos indicadores quanto dos métodos de classificação adotados;

- O desenvolvimento de técnicas para um melhor aprimoramento tanto dos métodos mais rápidos e eficazes, quanto a tomada de decisão dos riscos à população é uma ação que precisa ser estimulada;

3 ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA (IQA)

3.1 Introdução

O monitoramento pode ser definido como a coleta contínua ou periódica, comparação e análise de dados e informações para propósitos de efetivo gerenciamento das águas de reservatórios. O monitoramento da qualidade da água é um dos principais instrumentos de sustentação de uma política de planejamento e gestão de recursos hídricos, constituindo-se em um sensor que possibilita o acompanhamento dos processos de utilização dos cursos d'água, delineando seus efeitos sobre as características quantitativas das águas, de forma a subsidiar ações de controle ambiental (PRADO, 2002).

Segundo Biswas (1991), o monitoramento tem sido um componente integral de todo o processo de planejamento e manejo, sendo até anterior ao manejo por si só. O autor ainda menciona que nenhum sistema de recursos hídricos pode ser eficientemente planejado, delineado e manejado sem dados adequados e confiáveis do sistema, e os reservatórios não são uma exceção a esta regra.

Straškraba e Tundisi (2000) enfatizam que qualquer campanha para a determinação da qualidade da água, seja em reservatórios ou em outros corpos hídricos, deve primeiramente definir o objetivo e propor a metodologia ótima para atingi-lo. A experiência demonstra que é fácil acumular dados sobre qualidade de águas, porém, sem uma adequada análise, interpretação e aplicação da informação coletada, tudo torna-se sem efeito.

A qualidade do ambiente aquático pode ser determinada por meio de medidas quantitativas, com determinações físicas e químicas (na água, no material particulado e nos organismos) e testes bioquímicos/biológicos (medidas de DBO, testes de toxicidade, aspectos visuais, inventário de espécies, odor, etc.), ou por meio de medidas semiquantitativas e

qualitativas tais como índices bióticos, aspectos visuais, inventário de espécies, odor, etc., sendo estas determinações realizadas no campo e no laboratório, reproduzindo vários tipos de dados que fornecem diferentes interpretações técnicas (MEYBECK; HELMER, 1992).

Segundo Peláez-Rodríguez (2000) os índices de qualidade de água vêm sendo propostos desde a metade do século XX, considerando um conjunto semelhante de variáveis físicas e químicas (incluindo o componente microbiológico dos coliformes), sendo a principal diferença entre eles a forma estatística de integrar e interpretar essas variáveis. Outros índices levam em conta somente o componente biológico e, no caso dos sistemas lóticos, a comunidade dos macroinvertebrados bentônicos é a mais utilizada.

Os índices de qualidade da água são bastante úteis para transmitir informação a respeito da qualidade da água ao público em geral, podendo dar uma idéia da tendência de evolução da qualidade ao longo tempo, permitindo comparação entre diferentes cursos d'água (PORTO, 1991). A Tabela 7 a seguir mostra alguns tipos de índices utilizados:

Tabela 7: Principais índices nacionais e internacionais de qualidade da água, suas aplicações e parâmetros (PNMA PE, 2004).

Índice	Uso	Alguns exemplos de aplicação Aplicação	Parâmetros
PRATI	Lótico	Rio Taquari/Antas/UFRS	OD, pH, DBO, DQO, permanganato, sólidos suspensos, amônia, nitratos, cloretos, ferro, manganês, ABS ¹ , CCE ²
	Índice implícito de poluição	Bacia do Paraíba do Sul / COPPE / UFRJ	
DINIUS	lótico	Bacia do Paraíba do Sul / COPPE / UFRJ	Condutividade elétrica, cor, pH, temperatura, alcalinidade, cloretos, DBO, dureza, OD, coliforme fecal, coliforme total.
McDUFFIE	Lótico Índice da poluição dos Rios (RPI)	Bacia do Paraíba do Sul / COPPE / UFRJ	OD, DBO, DQO, sólidos suspensos, coliforme fecais, nitrogênio total, fosfato total, e temperatura. podem incluir ou excluir parâmetros.
STONER	Lótico		<i>Para abastecimento público</i> :cor, pH, ABS, cloretos, cobre, fenóis, ferro, fluoreto, amônia, nitrito, sulfato, zinco, coliforme fecais.
	Índice de abastecimento e irrigação		<i>Para irrigação</i> o: condutividade elétrica, alumínio, arsênio, belírio, boro, cádmio, cobalto, cobre, cromo, fluoreto, manganês, níquel, sódio, vanádio, zinco, coliforme fecais.

² ABS – Alquil benzeno sulfonado

Tabela 8: Continuação

Índice	Uso	Alguns exemplos de aplicação	Parâmetros
O'CONNOR	lótico		<i>Para sustentação da vida selvagem e peixes (FAWL):</i> OD, sólidos dissolvidos, turbidez, fenóis, fosfato, níquel, nitrogênio amoniacal, pH, temperatura.
	Índice p/ sustentação da vida selvagem		<i>Para abastecimento público (PWS):</i> cor, pH, turbidez, alcalinidade, cloretos, dureza, fenóis, fluoretos, nitrato, OD, sólidos suspensos, coliformes fecais, sulfatos.
DEININGER & LADWEHR	Lótico		OD, DBO, cor, pH, temperatura, turbidez, dureza, fenóis, ferro, fluoreto, nitrato, sólidos, fluoreto, nitrato, sólidos, dissolvidos, coliformes fecais.
	Índice para abastecimento público.		
WALSKI & PARKER	lótico		Cor, pH, temperatura, turbidez, DBO, dureza, fenóis, fluoreto, nitrato, oxigênio dissolvido, sólidos dissolvidos, coliformes fecais.
NUMEROW & SUMIMOTO	Lótico	Vários pontos da cidade de Nova York	composto de três índices para usos específico:
	Contato humano indireto, remoto; navegação; refrigeração industrial; recreação.		OD, pH, temperatura, turbidez, dureza, sulfatos, metais (ferro e manganês), cor, cloretos, nitrogênio total, sólidos dissolvidos, sólidos em suspensão, alcalinidade, coliformes fecais.
IQAD	Lótico	Sanepar (Cia. de saneam. do PR), Copasa (Cia. de saneam. de MG) e Caesb (Cia. de saneam. do DF)	Cloro residual, cor aparente, ferro, fluor, pH, turbidez, coliformes totais.
IGQA	lótico	Índice de qualidade da água distribuída	De potabilidade: bacteriológico: coliformes totais.
			<i>Que podem afetar a saúde da população:</i> cádmio, chumbo, cloro residual livre, cromo total, trihalometano, fluor .
			<i>Que podem interferir na qualidade organoléptica da água:</i> alumínio, cor aparente, ferro total, pH, turbidez.
IQAR	Lênticos	IAP - Instituto Ambiental do Paraná	Déficit de oxigênio, fósforo total, nitrogênio inorgânico total, clorofila "a", disco de secchi, DQO, tempo de residência, profundidade média, fitoplâncton (diversidade), fitoplâncton (floração).
IQA	Lóticos e lêntico	Almplamente utilizado tanto no Brasil quanto no Exterior	Temperatura, pH, turbidez, coliformes fecais, DBO ₅ , nitrogênio total, fosfato total, resíduo total, OD.
	Índice de Qualidade das águas brutas.		

³ CCE – Carbono cloriforme extraído

Tabela 8: Continuação

Índice	Uso	Alguns exemplos de aplicação	Parâmetros
IPMCA	Lótico e lântico	Cetesb (Cia de Tecnologia de Saneamento Ambiental de SP)	<i>Grupo de substâncias tóxicas:</i> Cobre, zinco, chumbo, mercúrio, níquel, cádmio, surfactantes e fenóis.
	Índice para a preservação da vida aquática.		<i>Grupo essenciais:</i> OD, pH e toxicidade
IET _M	Lênticos Índice para avaliação do estado trófico de lagos, estuários e reservatórios.	Amplamente utilizado no Brasil	Fósforo total, nitrogênio total, transparência, clorofila, ortofosfato solúvel.
Dist. Prob. de ESTADO TRÓFICO	Lêntico Índice para avaliação do estado trófico.	UFES (Univ. Fed. do Espírito Santo)	Fósforo total
Modelo Simplificado para a Avaliação do ESTADO TRÓFICO	Lêntico	UFPE (Depto. De Eng. Civil)	Fósforo total
	Índice para avaliação do estado trófico.	Compesa Brasília, Rio de Janeiro e São Paulo.	
IVA	Lótico e Lêntico	Cetesb	$IVA = (IPMCA \times 1,2) + IET_M$
	Índice de proteção a vida aquática		Todos do IET _M + todos do IPMCA
IT	Lótico e Lêntico Índice de toxicidade	Cetesb	Cádmio, chumbo, cobre, cromo total, mercúrio, níquel e zinco.
Avaliação de TOXICIDADE AGUDA	Lótico	IAP (Inst. Amb. do PR) e CPRH	Fator de diluição para a <i>Daphnia magna</i> .
IAP	Lótico e Lêntico	Cetesb	três grupos:
			1. <i>IQA</i> : temperatura d'água, pH, OD, DBO ₅ , coliformes fecais, nitrogênio total, fósforo total, resíduo total e turbidez;
	2. <i>Parâmetros que avaliam a presença de substâncias tóxicas</i> : teste de mutagenicidade.		
Abastecimento Público	3. <i>Parâmetros que afetam a qualidade organoléptica</i> : fenóis, ferro, manganês, alumínio, cobre e zinco.		

A Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental de São Paulo (CETESB), a partir de um estudo realizado em 1970 pela "National Sanitation Foundation" dos Estados Unidos, adaptou e desenvolveu o Índice de Qualidade das Águas – IQA, sendo que este vem sendo utilizado para avaliar a qualidade das águas do Estado de São Paulo. O IQA incorpora nove parâmetros, que são considerados relevantes para a avaliação da qualidade das águas,

tendo como determinante principal à utilização das mesmas para abastecimento público (vide anexo C). Os critérios para seleção do tipo mais adequado de índice a ser adotado devem atender:

- aplicação aos ecossistemas de interesse e usos pretendidos;
- consistência (aplicação por órgãos ambientais responsáveis pelo monitoramento, densidade de aplicação);
- disponibilidade dos dados (disponibilidade atual, dificuldade de ampliação);
- facilidade de aplicação.

3.2 Justificativa

Segundo a ANEEL (2001) não existem pontos de monitoramento da qualidade da água nas bacias hidrográficas do estado do Mato-grosso do Sul, ligadas diretamente ao reservatório de Ilha Solteira. No estado de Minas Gerais, existem dois pontos de monitoramento (um no rio Paranaíba e outro no rio Grande) distantes da zona de influência do reservatório. No estado de São Paulo, as bacias hidrográficas do Turvo/Grande e do São José dos Dourados estão diretamente ligadas ao reservatório, mas apresentam pontos de monitoramento distantes do reservatório de Ilha Solteira. No sistema Turvo/Grande, o ponto mais próximo ao reservatório está localizado à montante do reservatório de Água Vermelha e na bacia do rio São José do Dourados o ponto de monitoramento dista aproximadamente 44,0 km da zona de influência do reservatório. Assim é de extrema relevância o monitoramento da águas desse sistema, devido sua elevada extensão e potencialidade para diversos usos.

Segundo a CETESB (2001), as margens do reservatório de Ilha Solteira apresentam um elevado potencial turístico, sendo extremamente importante a coleta de dados e o monitoramento da qualidade da água visando o seu aproveitamento pleno. A própria cidade

de Ilha Solteira apresenta a denominação de Estância Turística, o que remete à extrema importância que uma boa qualidade da água do reservatório teria para que as atividades turísticas do município fossem ampliadas de modo sustentável.

Dessa forma, este estudo contribuirá para a formação de um banco de dados importantes e inéditos sobre as características físicas, químicas e biológicas das praias do reservatório de Ilha Solteira, que poderão servir de base para o planejamento da Orla Turística do Município, visando a utilização racional dos usos múltiplos deste reservatório.

3.3 Objetivos

O estudo teve por objetivo a determinação mensal (outubro de 2004 a outubro de 2005) dos parâmetros para confecção do Índice de Qualidade da Água nas praias do reservatório de Ilha Solteira (Praia Catarina, Marina e Recanto das Águas), sendo eles: temperatura, pH, turbidez, coliformes fecais, demanda bioquímica de oxigênio, porcentagem de saturação de oxigênio dissolvido, nitrogênio total, fósforo total e resíduos totais.

Além destes parâmetros, foram realizadas as medidas mensais de condutividade, cor aparente, cor verdadeira e demanda química de oxigênio, para uma melhor avaliação da qualidade da água das praias.

3.4 Materiais e métodos

3.4.1 Amostragem

As amostras de água foram coletadas segundo a indicação da Resolução CONAMA 274/00, que diz a amostragem deverá ser efetuada em local que apresentar a isóbata de um metro e onde houver maior concentração de banhistas. A amostragem ocorreu sub-

superficialmente, a aproximadamente 20 cm de profundidade, onde foi coletado um litro de água.

3.4.2 Temperatura da água e pH

As medidas *in situ* destes parâmetros foram realizadas com o método de célula eletrolítica que utiliza o equipamento de medição HANNA modelo 8314.

3.4.3 Condutividade

As medidas destes parâmetros foram realizadas com o método de célula eletrolítica, pelo aparelho MARCONI 150.

3.4.5 Turbidez

As medidas destes parâmetros foram realizadas com o método de espectrofotometria, com turbidímetro HACH modelo AN2100.

3.4.6 Oxigênio Dissolvido

As amostras de água coletadas em campo e fixadas com azida sódica (NaN_3) e sulfato manganoso ($\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$), sendo em seguida levadas ao laboratório onde alíquotas foram retiradas para determinação do oxigênio dissolvido pelo método titulométrico de Winkler, como descrito em APHA (1995).

3.4.7 Coliformes Fecais

Os coliformes fecais, *Escherichia coli*, foram identificadas pelo método *Chromocult*, que foi realizado em até 24 horas após a coleta do material, seguindo o padrão da Resolução CONAMA 274/00, onde foram filtrados de 5 a 15 mL de água.

3.4.8 Demanda Bioquímica de Oxigênio

As amostras de água foram coletadas e levadas ao laboratório, onde foram incubadas em ambiente a 20 °C para determinação da DBO₅ pelo método de Winkler, como descrito em APHA (1995).

3.4.9 Cor Verdadeira e Aparente

As amostras de água foram coletadas e levadas ao laboratório, onde a determinação da cor da água foi realizada segundo APHA (1995), no aparelho de espectrofotometria HACH DR 2500.

3.4.10 Sólidos Totais

As amostras de água foram coletadas e levadas ao laboratório, onde alíquotas foram retiradas para determinação de resíduos totais, primeiramente em estufa a 103-105 °C, e posteriormente em mufla a 550 °C para determinação dos sólidos fixos e voláteis, segundo APHA (1995).

3.4.11 Demanda Química de Oxigênio (DQO)

Este parâmetro seguiu a metodologia de análise da digestão de reator (JIRKA, A.M; CARTER, M.J., 1975), por meio de espectrofotometria pelo aparelho HACH modelo DR2500, segundo a APHA (1995).

3.4.12 Fósforo Total (P_{total})

Este parâmetro seguiu a metodologia de análise da digestão de ácido persulfato seguido de espectrofotometria pelo aparelho HACH modelo DR2500, segundo a APHA (1995).

3.4.13 Nitrogênio Total (N_{total})

Este parâmetro seguiu a metodologia de análise da digestão de persulfato seguido de espectrofotometria pelo aparelho HACH modelo DR2500, segundo a APHA (1995).

3.4.14 Cálculo do Índice de Qualidade de Água

O IQA foi calculado pelo produtório ponderado da qualidade de água correspondente aos parâmetros: temperatura da amostra, pH, oxigênio dissolvido (% de saturação), demanda bioquímica de oxigênio (cinco dias, 20°C), coliforme fecal, nitrogênio total, fósforo total, resíduo total e turbidez (CETESB, 2001).

As curvas de cada parâmetro bem como as suas equações, que foram usadas para calcular o IQA, encontram-se no Anexo C.

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

IQA: Índice de Qualidade das Águas, um número entre 0 e 100;

q_i : qualidade do i -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva "curva média de variação de qualidade", em função de sua concentração ou medida;

w_i : peso correspondente ao i -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade, sendo que:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

n = número de parâmetros que entram no cálculo do IQA.

Tabela 8: Porcentagem de influência de cada parâmetro no cálculo do IQA (CETESB, 2001).

Pesos relativos ao IQA	
<i>Parâmetro (q_i)</i>	<i>Peso (w_i)</i>
Oxigênio Dissolvido	17%
Coliformes Fecais	15%
pH	12%
DBO	10%
Fosfato Total	10%
Temperatura	10%
Nitrogênio Total	10%
Turbidez	8%
Sólidos Totais	8%

Tabela 9: Classificação das águas para o Índice de Qualidade das Águas (CETESB, 2001).

Classificação segundo CETESB / SP		
<i>Valor</i>	<i>Qualificação</i>	<i>Cor</i>
80 < IQA ≤ 100	Ótima	
52 < IQA ≤ 79	Boa	
37 < IQA ≤ 51	Aceitável	
21 < IQA ≤ 36	Ruim	
0 < IQA ≤ 19	Péssima	

3.4.15 Análise estatística

Para a avaliação estatística dos dados, utilizou-se uma análise de agrupamentos (*cluster analysis*) cujo propósito fundamental é classificar os valores de uma matriz de dados em estudo em grupos discretos. Este método procura por agrupamentos homogêneos de itens, representados por pontos num espaço n-dimensional em um número conveniente de grupos relacionando-os através de coeficientes de similaridades ou de correspondência (LANDIM, 2000).

O método utilizado para o presente estudo foi o de agrupamentos hierárquicos em, que a partir da matriz inicial de dados, obtém-se uma matriz simétrica de similaridades e inicia-se

a detecção de pares de casos com a mais alta similaridade, ou a mais baixa distância. Para essa combinação, segundo níveis hierárquicos de similaridade, escolhe-se entre os diversos procedimentos aglomerativos de tal modo que cada ciclo de agrupamento obedeça a uma ordem sucessiva no sentido do decréscimo de similaridade (DAVIS, 1986).

A forma gráfica usada para representar o resultado final dos diversos agrupamentos foi o dendrograma. Nele estão dispostas linhas ligadas segundo os níveis de similaridade que agruparam pares de variáveis. O coeficiente cofenético que melhor se adaptou aos dados foi o coeficiente de Pearson. A distância (d) de ligação entre as variáveis foi: $d = 1 - \text{Pearson}$, ou seja, quanto menor a distância maior a similaridade. Para a análise de agrupamentos utilizou-se o agrupamento pareado igualmente ponderado.

Para realizar a análise tentou-se agrupar variáveis de 4 grupos:

- Controle do Reservatório: nível médio do reservatório;
- Meteorológicas: temperatura do ar, umidade do ar, precipitação média;
- Controle das praias: número de visitantes das praias;
- Índice de qualidade das águas: temperatura da água, potencial hidrogeniônico, turbidez, sólidos totais, fósforo total, nitrogênio total, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio e coliformes fecais.

3.5 Resultados e Discussões

3.5.1 Temperatura, turbidez, condutividade e cor

A temperatura da água (Figura 19) apresentou seus valores mínimos no mês de julho, com 19,2°C na Praia Marina, 19,5°C na praia Catarina e 19,4 °C no Recanto das Águas. Os valores máximos foram característicos no verão, em março, que apresentaram valores de 30,9°C na Praia Catarina, 31,1°C na Praia Marina e 32,6°C no Recanto das Águas, e na primavera em outubro/05 com temperaturas de 32,4° para o Recanto da Águas, 31,6° para a

praia Catarina e 31,4°C para a praia Marina. Com uma amplitude máxima de 12,1°C para o P1, 12,2°C para o P2, e 13,2°C para o P3. Não houveram implicações significativas para a o cálculo do Índice de Qualidade de Água, mas segundo Thomaz et al. (2002), amplitudes desta faixa são suficientes para provocar alterações sazonais em processos ecológicos e comunidades aquáticas.

Este mesmo comportamento sazonal determinado no reservatório de Ilha Solteira pode ser encontrado por Rocha e Thomaz (2004), nas planícies de inundação do alto Paraná, onde menores temperaturas foram obtidas entre os meses de maio e setembro, com valores até 16°C, e maiores temperaturas com valores de 33°C, registrando uma amplitude de 17°C, entre os meses de verão e inverno.

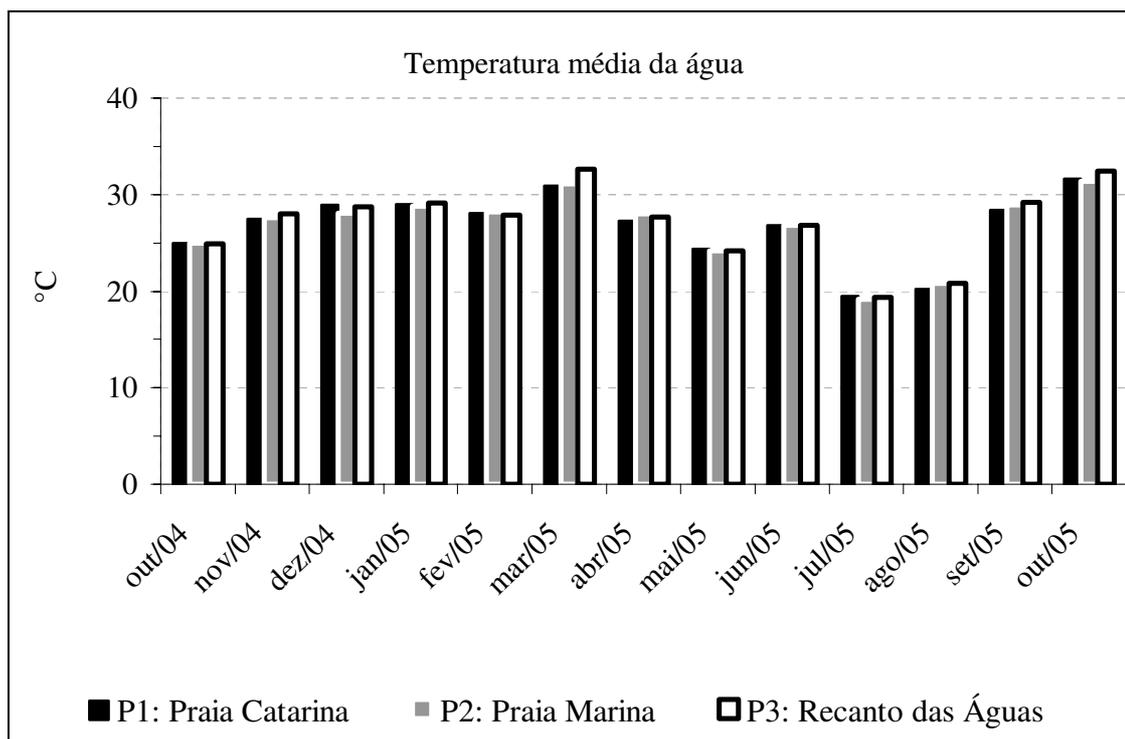


Figura 19: Temperatura média da água nos dias de coleta, nas praias do Reservatório de Ilha Solteira, durante o período de estudo.

Nota-se que uma pequena variação de temperatura da água entre as praias, tanto no mês com as mínimas como no mês com as máximas nos remete ao Índice de Qualidade de Água, onde o valor temperatura é dado em função da diferença entre o ponto a montante e o

ponto a ser analisado, sendo o índice de qualidade da água menor quanto maior for a diferença entre as temperaturas. Como as variações de temperatura entre os pontos foram pequenas, isso demonstra que não ocorrem fontes de poluentes entre os pontos observados que possam afetar o cálculo deste índice.

Deve-se salientar que as coletas foram realizadas no período da manhã (entre 8:30 e 11:00 h), sendo que as temperaturas máximas da água durante o dia poderão ser mais elevadas, e que os valores apresentados acima são relativos ao dia de coleta mensal do IQA, não representando assim a média mensal.

A Figura 20 mostra que os valores de turbidez da água do reservatório de Ilha Solteira apresentaram-se extremamente baixos durante o período de outubro/04 a dezembro/04 com médias mensais em torno de 1,5 NTU para a Praia Catarina, 1,6 NTU para a praia Marina e de 2,0 NTU para o Recanto das Águas. Os maiores valores de turbidez foram observados no mês de março, com valores de 34,5 NTU na Praia Catarina, 19,0 na Praia Marina e 50,3 NTU no Recanto das Águas.

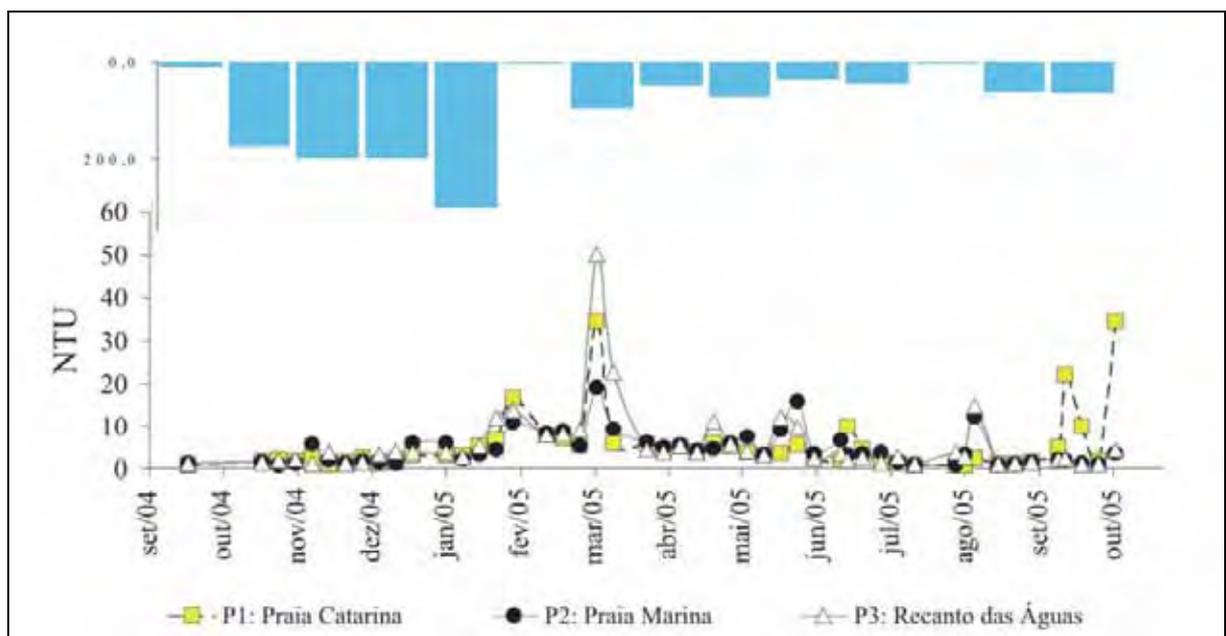


Figura 20: Variação da Turbidez da água das praias do Reservatório de Ilha Solteira, durante o período de estudo.

Embora a condutividade não seja um parâmetro do Índice de Qualidade de Água, pode demonstrar alguns indícios de excesso de íons na água. Espíndola et al. (2004) mostraram que no reservatório de Salto Grande (Americana-SP), onde existe um processo de eutrofização instalado, há uma variação nos valores de condutividade entre 57,0 a 548,0 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, fato este que não ocorre nas praias do reservatório de Ilha Solteira, o que enfatiza a boa qualidade das águas, e que durante o período de estudo não foi aparente o processo de perda da qualidade da água, nem indícios de eutrofização.

A cor é devido à presença de substâncias dissolvidas na água. Classifica-se como *cor verdadeira*, aquela devido somente às substâncias dissolvidas, e *cor aparente*, aquela associada à cor e turbidez, ou seja, determinada sem separação do material em suspensão. Pode-se perceber claramente que o aumento da turbidez ou de sólidos totais influenciaram diretamente no comportamento da cor.

A cor aparente (Figura 22) mostrou seus maiores valores na Praia Catarina com um valor de 289 $\text{mg Pt}\cdot\text{L}^{-1}$ em outubro, em junho para a Praia Marina com um valor de 176 $\text{mg Pt}\cdot\text{L}^{-1}$, e em maio para o Recanto das Águas com um valor de 166 $\text{mg Pt}\cdot\text{L}^{-1}$. Essa variação da cor em diferentes meses nos pontos se deve à utilização diferenciada dos locais para a prática de esportes náuticos, lazer e pesca, o que favorece a ressuspensão do material de fundo, alterando a cor da água. Os menores valores foram observados no mês de agosto com um valor de 5 $\text{mg Pt}\cdot\text{L}^{-1}$ para a Praia Catarina, 10 $\text{mg Pt}\cdot\text{L}^{-1}$ na Praia Marina e 9 $\text{mg Pt}\cdot\text{L}^{-1}$ no Recanto das Águas.

Utilizando o limite de 75 $\text{mg Pt}\cdot\text{L}^{-1}$ da Resolução CONAMA 357/05 da cor aparente, para rios classe 2, 23% dos dados obtidos neste estudo se mantiveram acima desse limite, com a ressalva que esta alteração de cor não foi produzida por agentes poluidores externos.

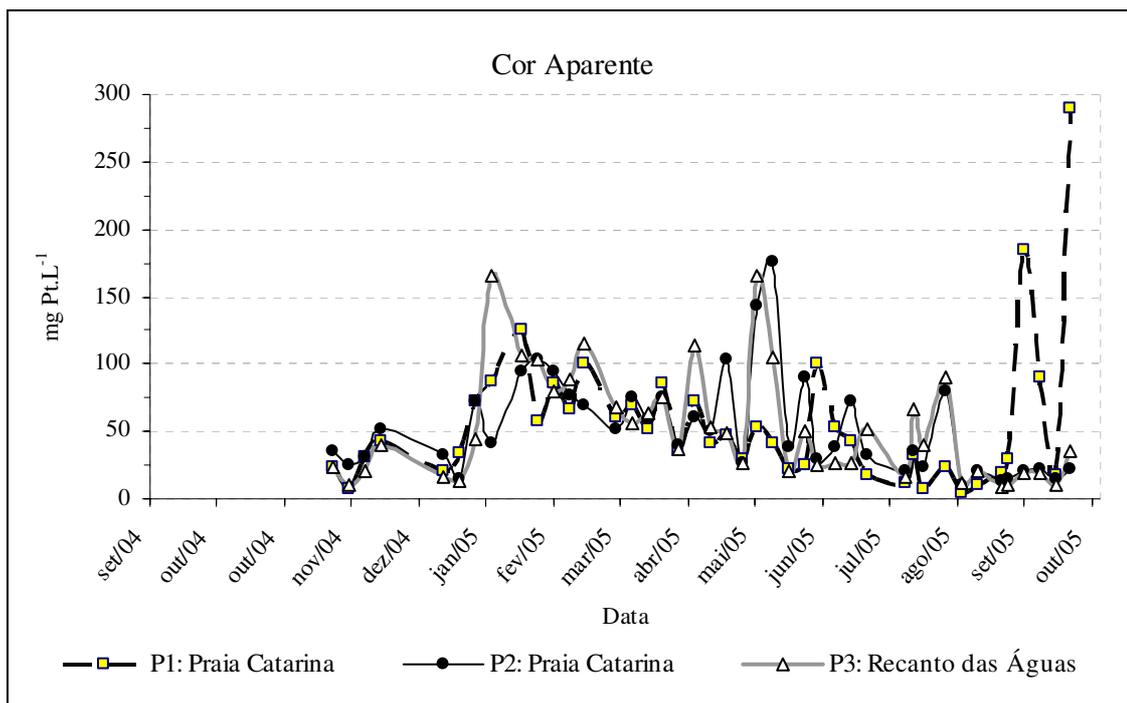


Figura 22: Variação da cor aparente da água das praias do Reservatório de Ilha Solteira, durante o período de estudo.

Como pode-se observar, o comportamento da cor verdadeira (Figura 23), apesar de ter valores menores do que a cor aparente, em virtude da retirada das partículas em suspensão da água, é semelhante com o da cor aparente, apresentando máximas para o P1 em outubro, julho para o P2 e em maio para o P3, e mínimas em agosto para os 3 pontos de amostragem.

Os principais constituintes responsáveis pela cor são os sólidos dissolvidos de origem natural ou antropogênica, sendo considerados de origem natural, a decomposição da matéria orgânica e a presença de ferro e manganês, e de origem antropogênica, resíduos industriais e esgoto domésticos. Os valores máximos das variáveis aconteceram em períodos quentes, mas os dados apresentados não refletem um padrão sazonal. Em períodos mais quentes ocorre um maior número de visitantes nas praias, e como as coletas foram efetuadas em lugar de maior concentração de pessoas, a influência antropogênica interfere, tanto na variável de cor, quanto nas variáveis de turbidez e sólidos presentes na água.

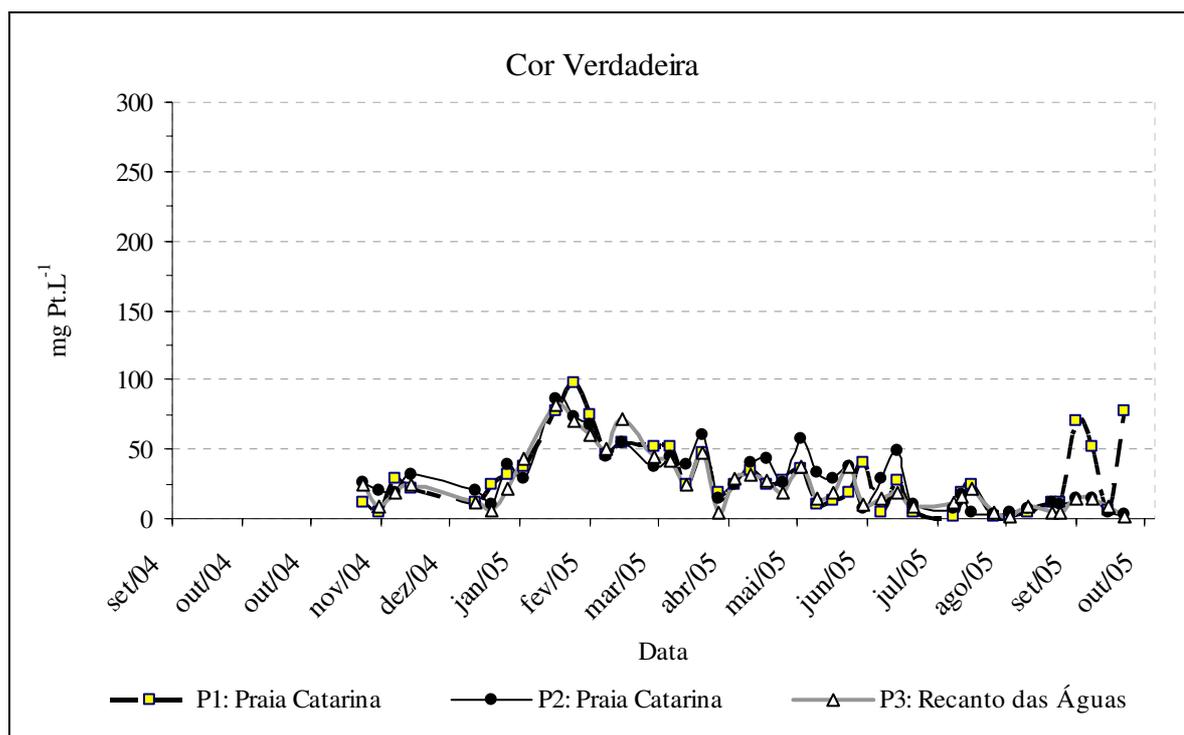


Figura 23: Variação da cor verdadeira da água das praias do Reservatório de Ilha Solteira, durante o período de estudo.

3.5.2 Sólidos Totais

Os valores de sólidos totais (Figura 24) demonstraram uma relação com a precipitação (Figura 9, Cap. 1), com os maiores valores observados nos meses de maior incidência de chuvas (dezembro a abril).

Observaram-se diferenças nos valores de sólidos totais entre as praias, sendo que a maior variação determinada foi de 552 mg.L⁻¹ entre as Praias Marina e o Recanto das Águas .

Os valores mínimos foram respectivamente de 55 mg.L⁻¹ para o P1, 48 mg.L⁻¹ para o P2 e de 53 mg.L⁻¹ para o P3, em abril/05. Os valores máximos ocorreram em janeiro/05 para o P1 514 mg.L⁻¹, P2 com 593 mg.L⁻¹ e no P3 em março/05 com 458 mg.L⁻¹.

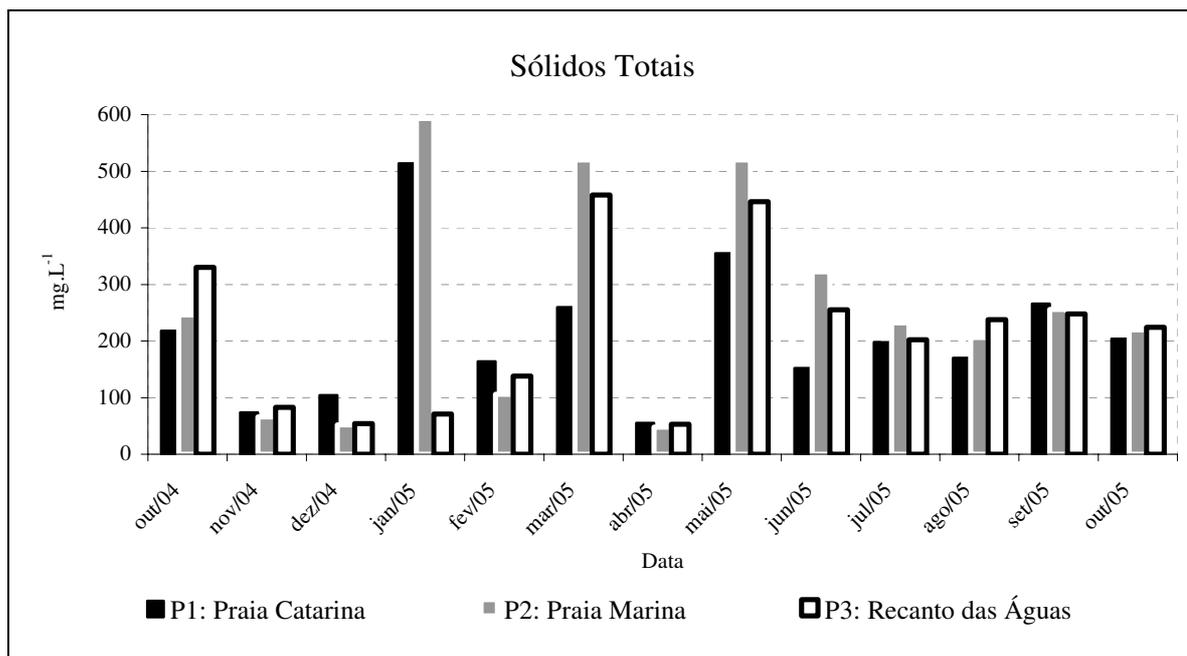


Figura 24: Variação de sólidos totais nas praias do Reservatório de Ilha Solteira, durante o período de estudo.

Os sólidos totais contribuem com 8% para o cálculo do Índice de Qualidade de Água, e foi um dos fatores que obteve um menor valor ($q_i = 63$), o que contribui para o declínio deste índice, nos meses em que a qualidade da água passou de Ótima para Boa.

Rocha e Thomaz (2004) mostram que a dinâmica sazonal do material em suspensão apresenta-se mais homogênea no meio do rio do que em lagoas marginais, apresentando valores em uma faixa de variação de 33 mg.L^{-1} , no rio Paraná. A influência das margens é refletida nos dados, tanto pelo processo de carreamento de material das margens (escoamento superficial), quanto pela ação dos ventos, que contribuem para o processo de ressuspensão do sedimento (Figura 25).



Figura 25: Ressuspensão do material de fundo na Praia da Marina ocasionada pela ação do vento.

3.5.3 Nitrogênio Total

Os valores de Nitrogênio Total (Figura 26), demonstraram concentrações máximas de $1,10 \text{ mg.L}^{-1}$ em abr/05 para a praia Catarina (P1), $1,20 \text{ mg.L}^{-1}$ em dez/04 na Praia Marina, e de $1,20 \text{ mg.L}^{-1}$ em ago/05. Os valores mínimos foram inferiores a $0,10 \text{ mg.L}^{-1}$ em maio em todos os pontos.

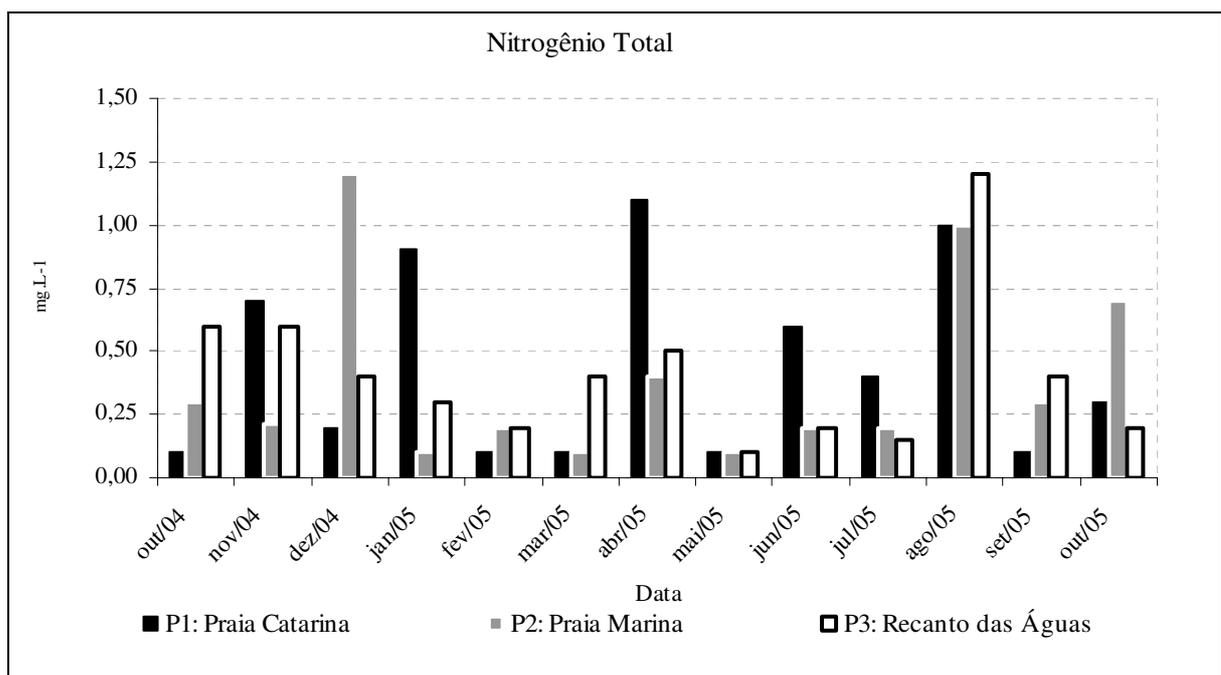


Figura 26: Variação do Nitrogênio Total nas praias do Reservatório de Ilha Solteira, durante o período de estudo.

Devido aos baixos valores de Nitrogênio total nas amostras, seu peso perante o IQA foi na maioria dos casos $q_i=100$, o demonstra a Ótima qualidade das águas do reservatório para este elemento químico.

Rocha e Thomaz (2004), em seu estudo no rio Paraná encontraram uma variação de 0,1 a 0,79 mg.L^{-1} , onde este elemento químico mostrou-se muito uniforme em suas concentrações, tanto no rio quanto nas lagoas marginais, tendo os referidos autores diagnosticado seus resultados como baixos, além de não detectar um padrão de variação temporal relacionado a este elemento, sendo que isto também é observado nas praias do reservatório de Ilha Solteira.

3.5.4 Fósforo Total

Segundo Espíndola et. al (2003), o fósforo é o principal fator limitante da produtividade primária dos ecossistemas aquáticos, sendo também apontado como o principal responsável pela eutrofização artificial desses sistemas. O fosfato inorgânico presente nas formas H_3PO_4 , H_2PO_4^- , $\text{H}_2\text{PO}_4^{2-}$ e PO_4^{3-} é a principal forma de fósforo assimilável pelos vegetais aquáticos.

De acordo com Salas e Martino (1991), a maioria dos lagos tropicais da América Latina são limitados por fósforo. Um outro aspecto é que mesmo que se controle o aporte externo de nitrogênio, existem algumas algas capazes de fixar o nitrogênio atmosférico, que não teriam a sua concentração reduzida com a diminuição da carga afluyente de nitrogênio em sistemas aquáticos. Sendo assim, prefere-se dar uma maior prioridade ao controle das fontes de fósforo quando se pretende controlar a eutrofização em um corpo d'água.

O IQA utiliza o fósforo total para realizar sua quantificação, ou seja, a soma das parcelas de fosfatos totais dissolvidos e formas fosfatadas inorgânicas.

Os valores de fósforo total avaliados para as praias do reservatório de Ilha Solteira apresentaram-se com concentrações máximas de 134,10 $\mu\text{g.L}^{-1}$ para P1 e P2 em junho/05 e em novembro/04 respectivamente, sendo que o ponto P3 obteve um máximo de 89,61 $\mu\text{g.L}^{-1}$ em janeiro/05. Os valores mínimos ocorreram em diferentes períodos nos pontos de coleta, onde para o P1 obteve-se um mínimo de 13,70 $\mu\text{g.L}^{-1}$ em out/04, e de 13,70 $\mu\text{g.L}^{-1}$ em jul/05 e de 13,59 $\mu\text{g.L}^{-1}$ para o P3 em maio/05 (Figura 27).

Os valores encontrados estão acima dos dados registrados por Thomaz et al. (2002) no rio Paraná, onde obteve-se valores médios de 18,5 $\mu\text{g.L}^{-1}$ com limites variando de 3,3 a 53,6 $\mu\text{g.L}^{-1}$. Tanto para as concentrações de nitrogênio total como para fósforo total os maiores valores foram usualmente observados durante os períodos de águas baixas e início dos pulsos de inundação.

Por outro lado, aparentemente os picos de cheias provocam diluição dos nutrientes nos ambientes aquáticos da planície. Isto foi observado também nos estudos de Thomaz (2002) no rio Paraná, cujas concentrações de nutrientes, especialmente fósforo total, são consideravelmente baixas. A grande concentração de represas a montante da área tem sido apontada como principal causa da redução das cargas de fósforo do rio Paraná (AGOSTINHO⁴ et al., 2000 apud THOMAZ, 2002), fator esse que não foi observado nas praias do reservatório de Ilha Solteira durante o período de estudo.

Pode-se observar que os dados de fósforo total apresentaram valores mais homogêneos para o P3 (Recanto das Águas), com uma faixa de variação de (25% a 75%) 13,70 $\mu\text{g.L}^{-1}$ a 21,39 $\mu\text{g.L}^{-1}$, com pelo menos 92,3 % dos dados abaixo dos níveis da Resolução CONAMA 357/05, que estabelece para rios classe 2 um valor de 25 $\mu\text{g.L}^{-1}$.

⁴ AGOSTINHO, A. A. et. al. Biodiversity in the High River Paraná floodplain. In: GOPAL, B.; JUNK, W. J.; DAVIS, J. A. (Ed.). *Biodiversity in wetlands: assessment, function and conservation*. Leiden: Backhuys Publishers, 2000.

Pode-se observar também a boa qualidade do P2 (Praia Marina), com uma faixa de variação (25% a 75%) de 14,08 $\mu\text{g.L}^{-1}$ a 23,88 $\mu\text{g.L}^{-1}$, com 77 % dos dados abaixo da referida Resolução 357/05. O P1 (Praia Catarina) apresentou o pior resultado com uma faixa de variação de (25% a 75%) 13,70 $\mu\text{g.L}^{-1}$ à 51,21 $\mu\text{g.L}^{-1}$, e com apenas 46,2 % dos dados abaixo de 25 $\mu\text{g.L}^{-1}$.

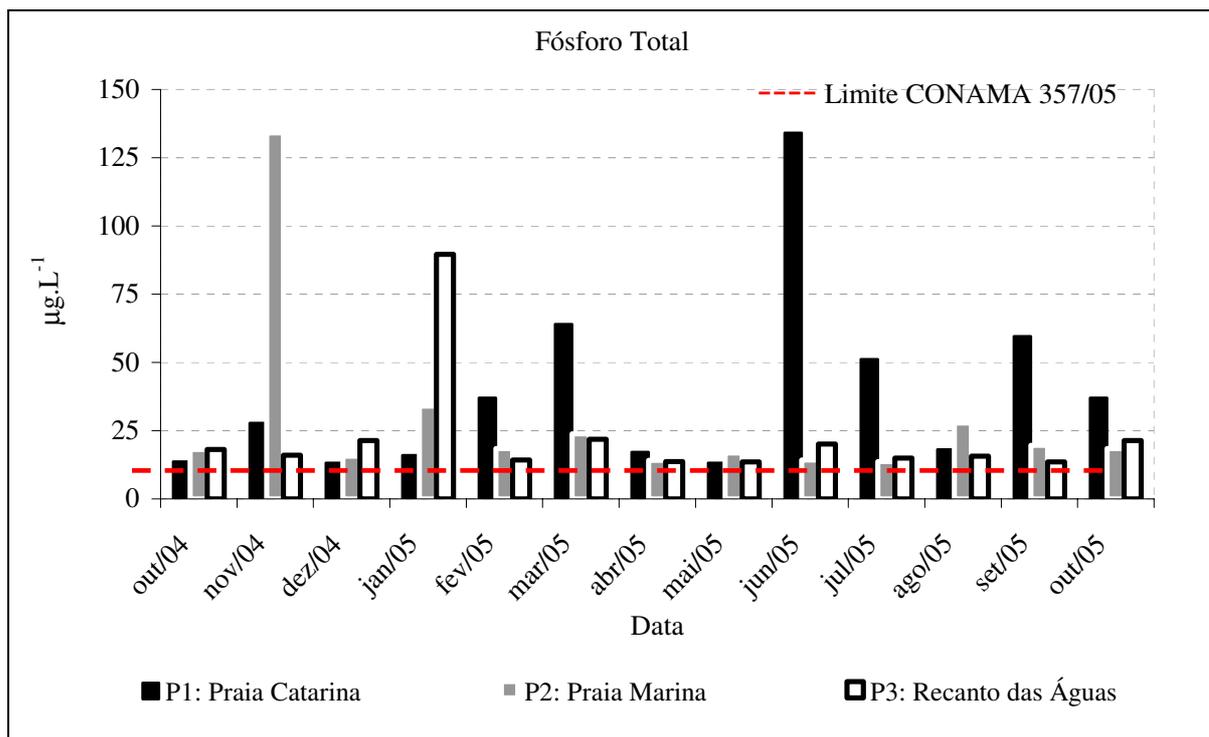


Figura 27: Variação do Fósforo Total nas praias do Reservatório de Ilha Solteira, durante o período de estudo.

Segundo a faixa de valores de 25% à 75%, os dados apresentados para o P2 e o P3 classificam as praias com meso-utróficos (10-30 $\mu\text{g.L}^{-1}$), e eu-politrófico (30-100 $\mu\text{g.L}^{-1}$) para o P1 (VOLLENWEIDER⁵,1968 apud ESTEVES, 1998). Se utilizarmos a classificação da agência de proteção ambiental dos Estados Unidos (EPA) os valores apresentados enquadram como eutrófico (> 20 $\mu\text{g.L}^{-1}$) o P1, e como mesotrófico P2 e P3 (10-20 $\mu\text{g.L}^{-1}$). Essa quantidade maior de fósforo total encontrado na praia Catarina, pode ser resultado de uma maior interação entre água-sedimento que acontece no local, devido à ressuspensão do

⁵ VOLLENWEIDER, R. A. *Möglichkeiten Um Grenzen elementarer Modelle des Stoffbitanzs von Seen*. Arc, Hidrobiol. v.66, p.1-36, 1968.

sedimento (ROBERTO et al., 2005), uma vez que essa praia recebe um número maior de visitantes.

3.5.4 Coliformes Fecais

O número de coliformes fecais na água, apesar dos valores baixos encontrados (Figura 28), foi um dos fatores que mais contribuiu para a queda do índice de qualidade das águas durante o período de estudo, devido ao seu peso de 15% no cálculo do IQA.

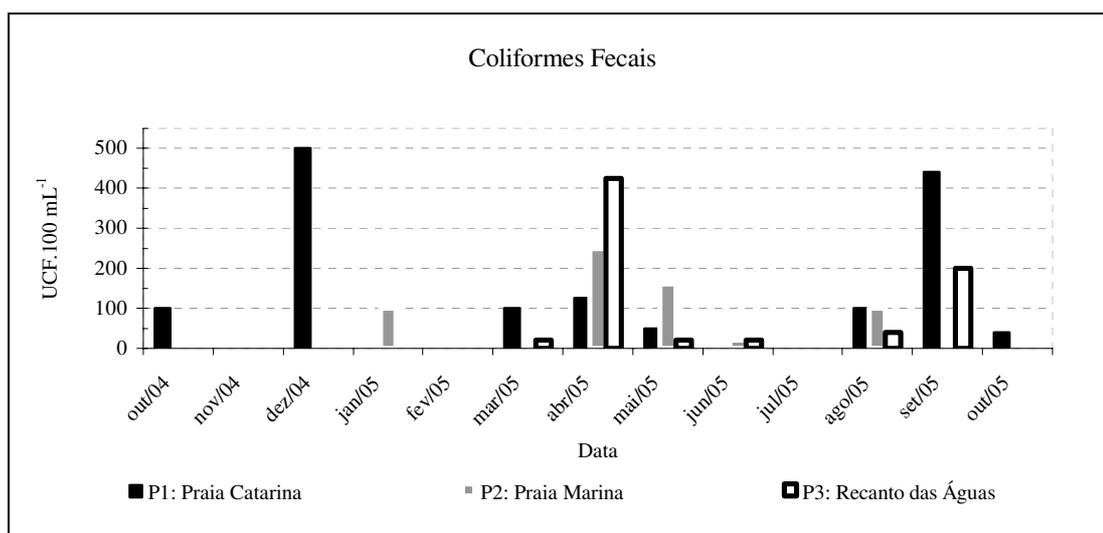


Figura 28: Variação do número de coliformes fecais na água das praias do Reservatório de Ilha Solteira, durante o período de estudo.

O ponto que obteve uma melhor qualidade neste parâmetro foi o P2 (Praia Marina) com média de 48 UCF. 100mL⁻¹, com um máximo de 250 UCF. 100mL⁻¹ em abril de 2005. O ponto P3 (Recanto das Águas) apresentou uma média de 56 UCF. 100mL⁻¹, com um de máximo em abril de 2005 com 450 UCF. 100mL⁻¹. Um fato que deve ser levado em conta é, que este ponto permaneceu de outubro de 2004 a fevereiro de 2005, sem apresentar coliformes fecais nos dias de coleta para avaliação do índice, o que reflete sua boa qualidade.

O ponto P1 (Praia Catarina) apresentou uma média de 112 UCF. 100mL⁻¹, e máximo de 500 UCF. 100mL⁻¹ em dezembro de 2004 e de 440 UCF. 100mL⁻¹ em setembro de 2005. Esses máximos representaram um índice $q_i(500) = 25,88$ e $q_i(400) = 26,87$ (Anexo B) respectivamente, o que representou o mais baixo das nove variáveis avaliadas para o cálculo do IQA, sendo isto observado pela sensibilidade da curva de cálculo do índice (Figura 29).

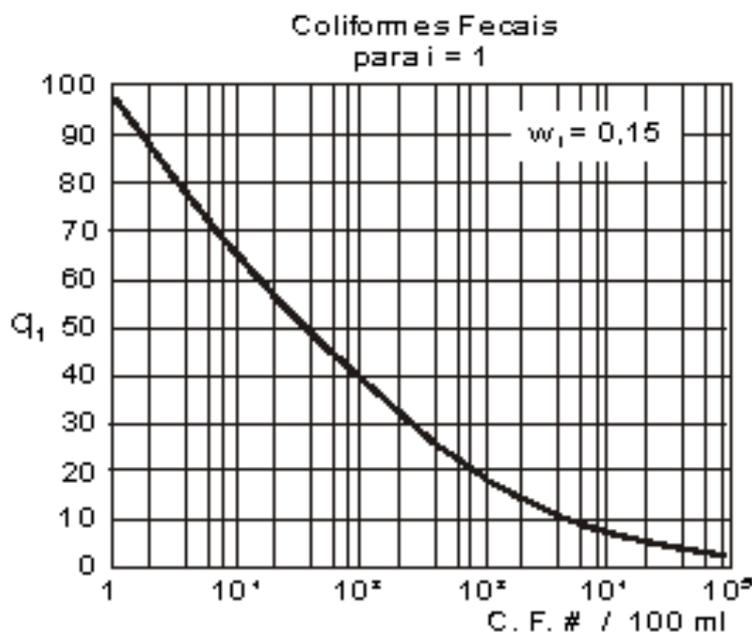


Figura 29: Curva utilizada para a avaliação do parâmetro coliformes fecais no índice de qualidade das águas (CETESB, 2004).

Nenhum ponto de coleta apresentou-se acima dos limites da resolução CONAMA 357/05 para rios classe 2, tanto para recreação de contato secundário, dessedentação de animais confinados e demais usos.

Os dados apresentados no relatório da CETESB (2006) mostram valores de coliformes termotolerantes com uma média histórica de 1995 a 2004 com 920 UCF. 100mL⁻¹, e em 2005 uma média de 1400 UCF. 100mL⁻¹, o que demonstra uma boa qualidade das praias.

3.5.5 Demanda Bioquímica de Oxigênio e Oxigênio Dissolvido

O oxigênio dissolvido (O_2) é um dos gases mais importantes na dinâmica e na caracterização de ecossistemas aquáticos. As principais fontes de oxigênio para a água são a atmosfera e a fotossíntese. Por outro lado, as perdas são o consumo pela decomposição de matéria orgânica (oxidação), respiração de organismos aquáticos e oxidação de íons metálicos como por exemplo, o ferro e o manganês (ESTEVES, 1998).

A perda por oxidação da matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável é chamada de DBO (demanda bioquímica de oxigênio).

Os maiores acréscimos em termos de DBO num corpo d'água são provocados por despejos de origem predominantemente orgânica. A presença de um alto teor de matéria orgânica pode induzir à completa extinção do oxigênio na água, provocando o desaparecimento de peixes e outras formas de vida aquática (CETESB, 2004).

Os valores de DBO são utilizados pela CETESB para classificar águas limpas ou poluídas; águas com valores inferiores a 4mg.L^{-1} são consideradas mais limpas e águas com teores superiores a 10mg.L^{-1} são definidas como mais poluídas (CETESB, 1995). A agência de proteção ambiental norte americana (EPA) diz que esses valores devem estar acima de $5,0\text{mg.L}^{-1}$ para este tipo de águas (EPA, 2001).

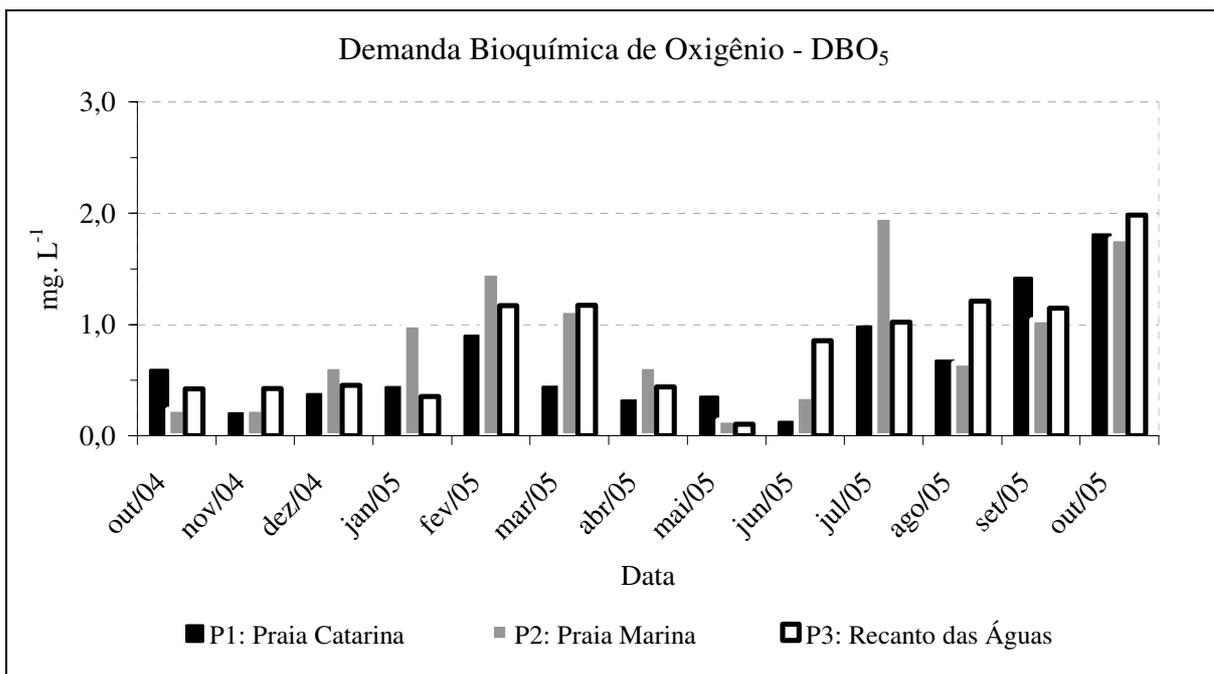


Figura 30: Variação da demanda bioquímica de oxigênio na água das praias do Reservatório de Ilha Solteira, durante o período de estudo.

Segundo a resolução CONAMA 357/05, onde para rios classe 2, os valores mínimos da DBO₅ são de 5 mg.L⁻¹ O₂, observa-se que todos os valores encontrados estão abaixo da referida Resolução e refletem a ótima qualidade das praias do reservatório neste parâmetro. Os resultados obtidos demonstraram que a DBO nas praias Marina e Recanto das Águas foram as maiores, com um máximo de 2,0 mg.L⁻¹ em julho e outubro de 2005, respectivamente, seguido da praia Catarina com um máximo de 1,8 mg.L⁻¹ em outubro do mesmo ano. Os valores mínimos aconteceram em maio, com 0,1 mg.L⁻¹ para a Praia Marina e Recanto das Águas, e de 0,1 mg.L⁻¹ em junho para a praia Catarina.

Valente et al. (1997), mencionam que a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅), é um indicador que determina indiretamente a concentração de matéria orgânica biodegradável através da demanda de oxigênio exercida por microorganismos através da respiração. Esse metabolismo é controlado dentre alguns fatores pela temperatura, assim em temperaturas

menores existe uma diminuição destes processos de respiração, o que resulta em valores menores de DBO durante o inverno.

Os valores apresentados influenciaram pouco dentro do IQA, graças às boas condições apresentadas pelos resultados da DBO. Segundo a CETESB (2006), o reservatório de Ilha Solteira está inserido na rede de monitoramento e é caracterizado por um ponto de coleta à cerca de 80 Km das praias do reservatório, e que mostra uma média histórica de 2004 à 2005 com $3,2 \text{ mg.L}^{-1}$ e em 2005 com média igual a $3,0 \text{ mg.L}^{-1}$, o que caracteriza novamente as boas condições das praias.

Os valores de oxigênio dissolvido nas praias do reservatório de Ilha Solteira (Figura 31) mantiveram-se numa faixa estável média de $7,6 \text{ mg.L}^{-1}$, com mínimos de $6,6 \text{ mg.L}^{-1}$ para o P1 e P2, e de $7,0 \text{ mg.L}^{-1}$ para o P3, em novembro, respectivamente. Ao utilizar os valores da Resolução CONAMA 357/05, observa-se que durante o período de estudo todas as concentrações estiveram acima da Resolução CONAMA 357/05 para rios classe 2 ($\geq 5,0 \text{ mg.L}^{-1}$).

Constatou-se que os valores de oxigênio dissolvido apresentaram pequenas variações e com as maiores concentrações durante o período de inverno, o que pode estar associado às menores taxas de decomposição e de respiração nesse período devido à menor circulação das massas de água desses ambientes observada durante o inverno, e principalmente ao decaimento da temperatura que aprisiona mais o gás dentro da massa líquida (THOMAZ et. al., 1997).

Rocha (2004), em seus estudos na planície de inundação do alto Paraná, encontrou valores de oxigênio dissolvido superiores ($>10 \text{ mg.L}^{-1}$) aos encontrados nas praias do reservatório de Ilha Solteira, e no rio Paraná valores inferiores ($<5 \text{ mg.L}^{-1}$) nas lagoas marginais.

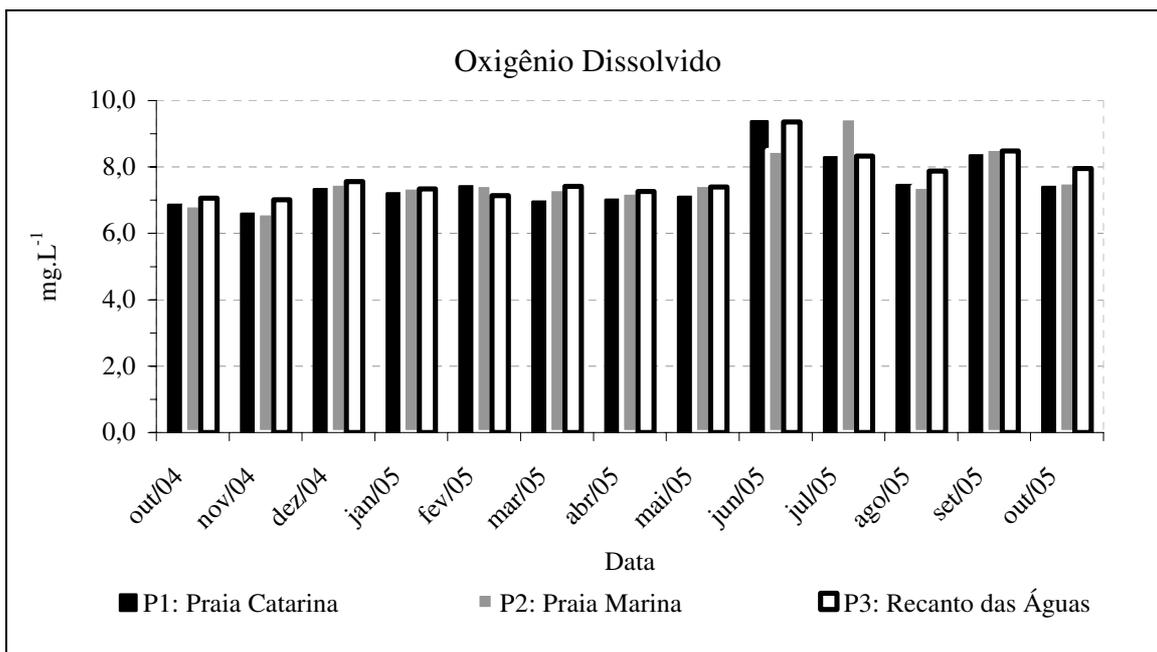


Figura 31: Variação do oxigênio dissolvido na água das praias do Reservatório de Ilha Solteira, durante o período de estudo.

O cálculo do índice de qualidade das águas leva em consideração não o oxigênio dissolvido, mas sim a porcentagem de saturação de oxigênio (Figura 32). A solubilidade do oxigênio depende de dois fatores principais: temperatura e pressão. Entende-se como saturação de oxigênio como sendo a quantidade máxima de oxigênio que pode ser dissolvida na água em determinada pressão e temperatura (ESTEVES, 1998).

A faixa de variação ocorreu de forma semelhante aos valores encontrados de oxigênio dissolvido. Para o P1 observou-se uma variação de 81,96 % à 117,64%, para o P2 de 83,04% à 116,84% e no P3 uma faixa de 85,49% à 116,84%. Thomaz et al. (2004) encontraram faixa de valores de 83,5% à 124,7% , no rio Paraná, e valores bem inferiores em lagoas subjacentes, e que fatores chaves, como morfometria e atividades fotossintéticas, atuaram na dinâmica do oxigênio somente destas lagoas, fato que não acontece no rio Paraná. Esta faixa semelhante de valores encontrados no rio Paraná, com os valores obtidos nas praias do reservatório de Ilha Solteira, remetem às mesmas características, e que os rios sofrem mais influência por efeitos sazonais, do que por efeitos externos.

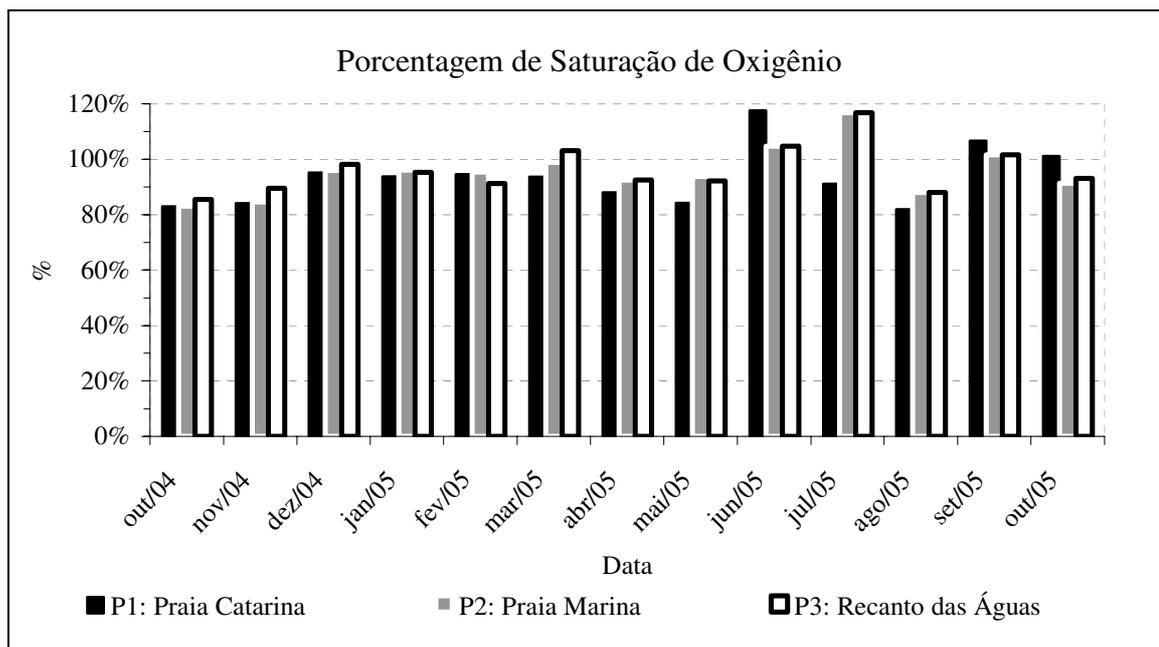


Figura 32: Variação da porcentagem de saturação de oxigênio dissolvido na água das praias do Reservatório de Ilha Solteira, durante o período de estudo.

3.5.6 Demanda Química de Oxigênio (DQO)

A DQO é um indicador de matéria orgânica baseado na concentração de oxigênio consumido para oxidar a matéria orgânica, biodegradável ou não, em meio ácido e condições energéticas por ação de um agente químico oxidante forte (SPERLING, 1996).

Nas praias do reservatório de Ilha Solteira, a DQO apresentou seus valores mais acentuados P2=13 mg.L⁻¹ em setembro/05, P3=12 mg.L⁻¹ e P1=10 mg.L⁻¹ em janeiro. Apesar do ponto P2 apresentar o maior valor, o ponto que obteve a maior média de valores foi o P3 com 4,9 mg.L⁻¹, seguido de 3,5 mg.L⁻¹ do P1 e de 3,4 mg.L⁻¹ do P2 (Figura 33).

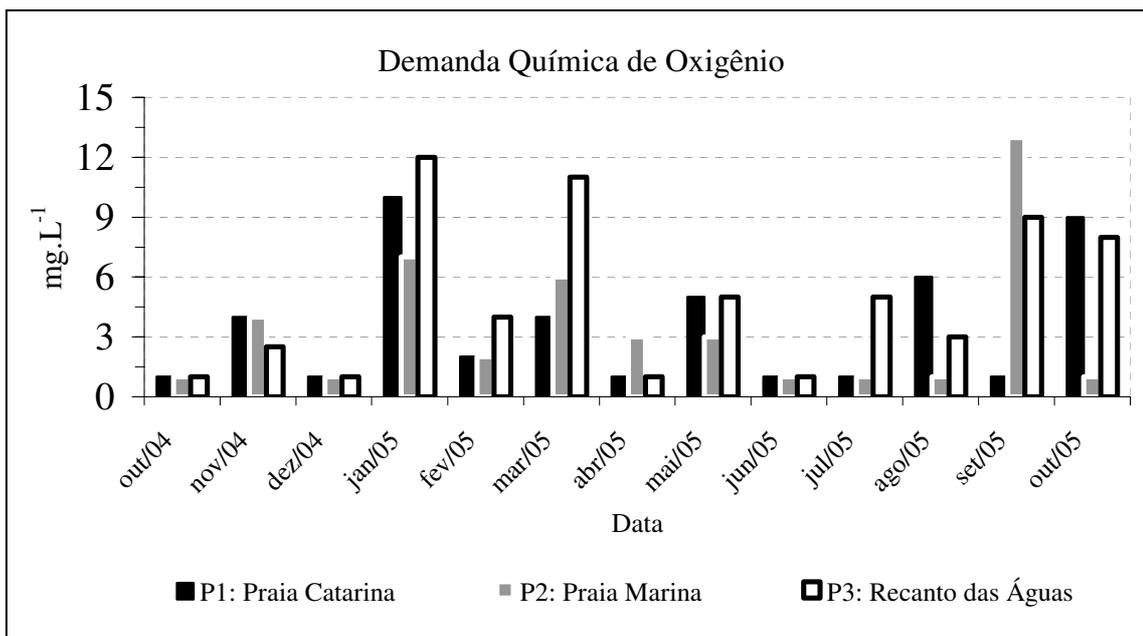


Figura 33: Variação da demanda química de oxigênio na água das praias do Reservatório de Ilha Solteira, durante o período de estudo.

A CETESB que realiza o monitoramento da qualidade da água em São Paulo, encontrou no rio São José dos Dourados (afluente das praias do reservatório), valores inferiores a 50 mg.L⁻¹ (CETESB, 2004) em todos os períodos do dia, e as praias do reservatório também se enquadram dentro deste nível. Vale lembrar que a Resolução CONAMA 357/05 para rios classe 2 (CETESB, 2004) não faz nenhuma menção a este parâmetro, e nem o índice de qualidade das águas utiliza esta variável.

A Agência Nacional de Águas (ANA) (2004), encontrou valores baixos de DQO numa faixa de 20-29 mg.L⁻¹, nos rios Verde Grande /BA e Jacaré/BA valores estes que corroboram com a boa qualidade das águas das praias do reservatório de Ilha Solteira, que apresentam valores inferiores a estes mostrados anteriormente.

3.5.7 Potencial hidrogeniônico (pH)

Os valores do potencial hidrogeniônico (pH) são mostrados na Figura 34, onde os pontos apresentaram uma média geral de 7,19, com variações de 6,00 (21/fev/05) à 8,54

(14/fev/05) para o P1, de 5,91 (04/abr/05) a 7,98 (03/jan/05) para o P2, e de 6,00 (04/abr/05) à 9,06 (17/out/05) para o P3. A Resolução CONAMA 357/05 diz que para rios classe 2 o pH deve estar entre $6,0 \leq \text{pH} \leq 9,0$, sendo que apenas um valor esteve acima deste nível P3= 9,06 (out/05) e, um valor abaixo no P2 = 5,91 (abr/05).

Observando os valores encontrados pode-se dizer que as praias demonstram uma boa qualidade sobre o ponto vista do potencial hidrogeniônico. Segundo EPA (2001), o pH não oferece riscos à saúde com exceção de valores extremos, que podem gerar alta acidificação e alcalinidade, com conseqüências organolépticas. Os valores de pH influenciam diretamente o comportamento de vários outros parâmetros de qualidade da água como: toxicidade da amônia, eficiência na desinfecção do cloro e solubilidade de metais, entre outros.

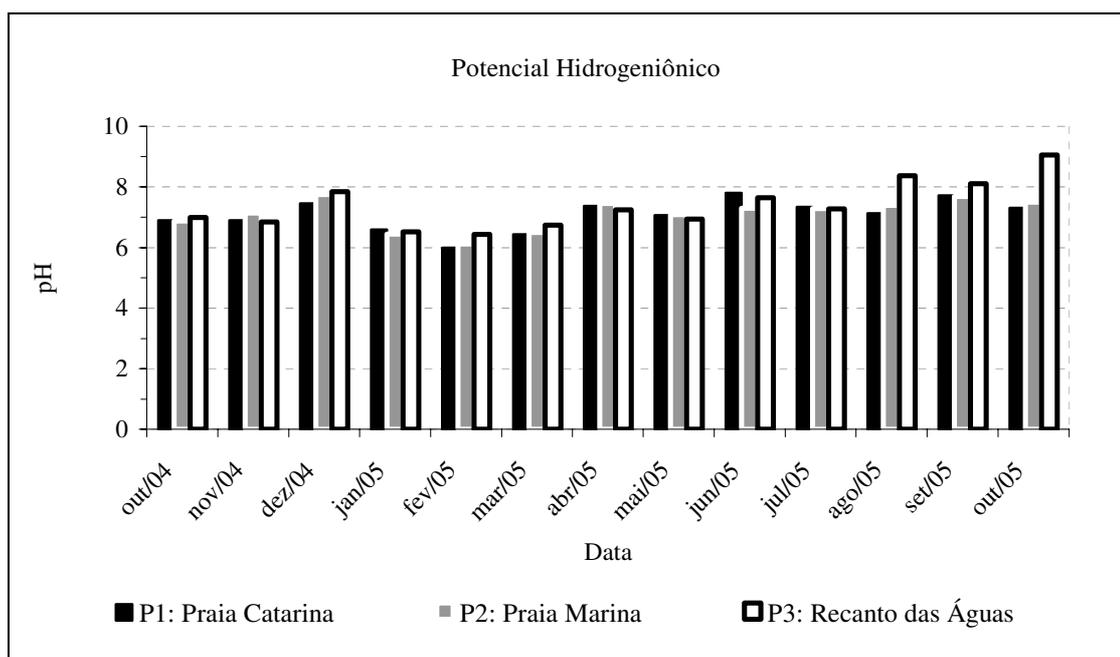


Figura 34: Variação do pH na água das praias do Reservatório de Ilha Solteira, durante o período de estudo.

3.5.8 Índice de Qualidade das Águas (IQA)

A Tabela 10 demonstra os três pontos analisados com suas respectivas qualidades de água ao longo do período de estudo. De maneira geral, as praias apresentaram valores entre “Ótimo” e “ Bom” durante o período de estudo, sendo que o ponto P3 (Recanto das Águas) foi o que apresentou melhor qualidade ao longo do período estudado com uma média de 87,99 , seguido da praia Marina (P2) com uma média de 86,48 e do ponto P1 (Praia Catarina) com 83,25.

Pode-se perceber pela Tabela 10 que o ponto P1 (Praia Catarina) obteve uma diminuição no IQA=72,68 em set/05, sendo que esse ponto vinha com uma média dos quatro meses anteriores com IQA=85,18 (Ótimo) e apresentou uma queda de 7,03 pontos percentuais em relação ao mês anterior. Os fatores que mais contribuíram para esta queda foram o número de coliformes fecais (qi=26,88), turbidez (qi=59,60) e sólidos totais (qi=64,04).

O P2 (Praia Marina) apresentou seu valor mínimo em janeiro com IQA = 74,81, onde a média dos 3 meses anteriores foi de IQA=92,88 (ótimo). As variáveis que mais contribuíram para o declínio deste mês foram o número de sólidos totais (qi=32,00), o número de coliformes (qi=40,03) e pH (qi=78,53).

O Recanto das Águas (P3) apresentou uma queda em junho nos valores, com IQA=76,66, sendo que ao longo dos 8 meses anteriores apresentava-se com uma média de IQA=90,47. Os fatores que mais contribuíram para a queda do índice em junho foram o número de sólidos totais (qi=39,60), coliformes fecais (qi=57,71), e pH (qi=86,37). Em geral os fatores que tiveram maior responsabilidade na diminuição do índice de qualidade da água foram: Coliformes fecais, turbidez, pH, sólidos totais e fósforo.

Estas variáveis estão intimamente ligadas ao número de visitantes das praias (coliformes fecais, turbidez, sólidos totais), variáveis climatológicas, que devido ao início do

período chuvoso propicia um maior carreamento de material para o corpo d'água, elevando o número de coliformes fecais e turbidez, e a elevação do nível do reservatório, no período seco, que influenciou o aumento na concentração de fósforo e coliformes fecais.

Tabela 10: Índice de qualidade das águas (IQA), das praias do reservatório de Ilha Solteira/SP, durante o período de estudo.

Local	Data	IQA - CETESB / SP		
		Valor	Qualidade	Cor
P1 - Praia Catarina	out/04	80,46	Ótima	
	nov/04	93,34	Ótima	
	dez/04	77,64	Boa	
	jan/05	85,71	Ótima	
	fev/05	88,44	Ótima	
	mar/05	78,66	Boa	
	abr/05	80,75	Ótima	
	mai/05	80,67	Ótima	
	jun/05	90,93	Ótima	
	jul/05	93,04	Ótima	
	ago/05	80,51	Ótima	
	set/05	72,68	Boa	
	out/05	79,46	Ótima	
P2 - Praia Marina	out/04	91,93	Ótima	
	nov/04	92,41	Ótima	
	dez/04	94,29	Ótima	
	jan/05	74,81	Boa	
	fev/05	89,47	Ótima	
	mar/05	84,75	Ótima	
	abr/05	79,27	Ótima	
	mai/05	75,37	Boa	
	jun/05	85,01	Ótima	
	jul/05	91,63	Ótima	
	ago/05	80,82	Ótima	
	set/05	93,01	Ótima	
	out/05	91,48	Ótima	
P3 - Recanto das Águas	out/04	90,49	Ótima	
	nov/04	94,01	Ótima	
	dez/04	95,47	Ótima	
	jan/05	93,69	Ótima	
	fev/05	92,53	Ótima	
	mar/05	83,30	Ótima	
	abr/05	92,55	Ótima	
	mai/05	81,72	Ótima	
	jun/05	76,66	Boa	
	jul/05	85,10	Ótima	
	ago/05	84,20	Ótima	
	set/05	92,85	Ótima	
	out/05	81,28	Ótima	

Obs.:

Classificação segundo CETESB / SP		
Valor	Qualificação	Cor
80 < IQA ≤ 100	Ótima	
52 < IQA ≤ 79	Boa	
37 < IQA ≤ 51	Aceitável	
21 < IQA ≤ 36	Ruim	
0 < IQA ≤ 19	Péssima	
Pesos relativos ao IQA		
Parâmetro	Peso	
Oxigênio Dissolvido	17%	
Coliformes Fecais	15%	
pH	12%	
DBO	10%	
Fosfato Total	10%	
Temperatura	10%	
Nitrogênio Total	10%	
Turbidez	8%	
Sólidos Totais	8%	

Um outro fator que contribui para a elevação na concentração de sólidos totais nas praias, principalmente nos meses de maio a setembro, são os ventos NE e E, que atingem valores entre 5,4 a 9,0 km/h (LIMA et al., 2003), o que contribui com o processo de ressuspensão do sedimento de fundo, bem como com o solapamento das margens do reservatório.

Com base no relatório da CETESB (2004) de Qualidade das Águas Interiores, o Reservatório de Ilha Solteira não está inserido na rede de monitoramento, sendo que o ponto de coleta mais próximo realiza-se em seu afluente, o rio São José dos Dourados, que apresentou neste referido ano uma qualidade “Boa”, com valores que variaram de 59 a 71, segundo o Índice de Qualidade de Águas.

Com uma análise geral das praias do reservatório de Ilha Solteira, a qualidade da água apresentou-se como “Ótima” em 84,68 % dos casos, e com qualidade boa em 15,32% dos resultados. O P1 (Praia Catarina) esteve 76,92% do tempo na classificação “Ótima” e 23,08% “Boa”, o P2 teve uma maior permanência na classificação “Ótima” com 84,62 % do tempo nesta classificação e 15,38% na “Boa”, sendo que o P3 apresentou o melhor desempenho das praias, com 92,31% de permanência na classificação “Ótima” e 7,69% na “Boa” (Figura 35).

Estes valores demonstraram que as praias do reservatório de Ilha Solteira, avaliadas no presente projeto, apresentaram boas condições para a recreação, com a classificação variando entre “Ótima e Boa”, contribuindo para o potencial turístico da região e para seu aproveitamento múltiplo.

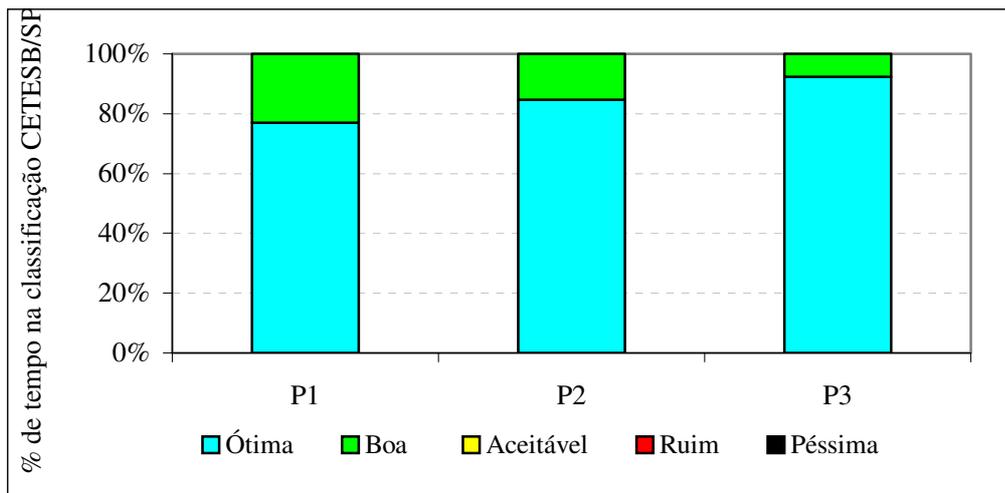


Figura 35: Resumo geral da classificação da qualidade da água das praias do reservatório de Ilha Solteira/SP segundo a CETESB/SP, durante o período de estudo.

A Fundação Estadual de Meio Ambiente do Estado de Minas Gérias (FEAM), juntamente com o Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) e a Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC) que realizam o monitoramento da qualidade das águas superficiais do Estado, no Projeto “Águas de Minas”, também utilizam o IQANSF, com os mesmos pesos utilizados pela CETESB, porém sem as modificações propostas para avaliação da qualidade da água, utilizando a classificação demonstrada na Tabela 11.

Tabela 11: Classificação da qualidade da água segundo a FEAM/MG.

Valor	Qualificação	Cor
$90 < IQA \leq 100$	Ótima	Azul
$70 < IQA \leq 90$	Boa	Verde
$50 < IQA \leq 70$	Aceitável	Amarelo
$25 < IQA \leq 50$	Ruim	Vermelho
$0 < IQA \leq 25$	Muito Ruim	Preto

Se utilizarmos esta classificação da qualidade da água das praias do reservatório de Ilha Solteira, teríamos os seguintes valores (Figura 36).

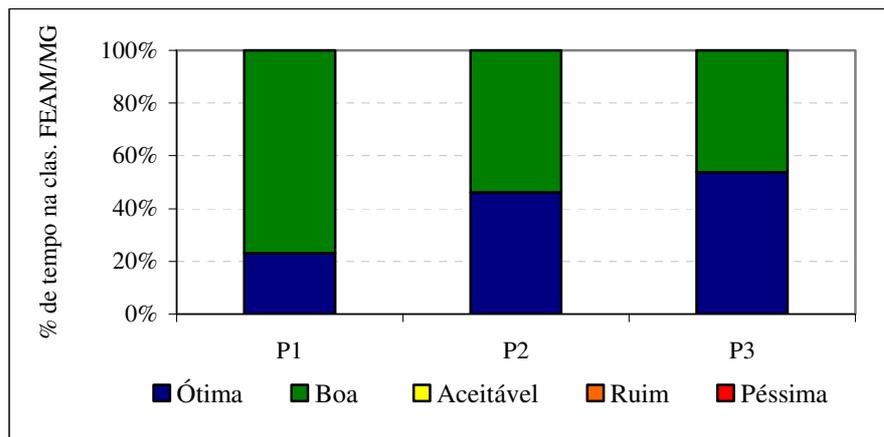


Figura 36: Resumo geral da classificação da qualidade da água segundo a FEAM/MG, das praias do reservatório de Ilha Solteira/SP, durante o período de estudo.

Como a classificação da FEAM/MG, tem níveis de aceitabilidade mais rigorosos percebe-se que o índice de qualidade das águas apresentou uma queda de 84,62% da classificação ótima da CETEB/SP para 41% e de 15,38% (CETESB/SP) na classificação boa para 59% (FEAM/MG) (Figura 37). Apesar desta queda acentuada pode se perceber que na maior parte do tempo as praias do reservatório apresentam condições boas de qualidade segundo este índice.

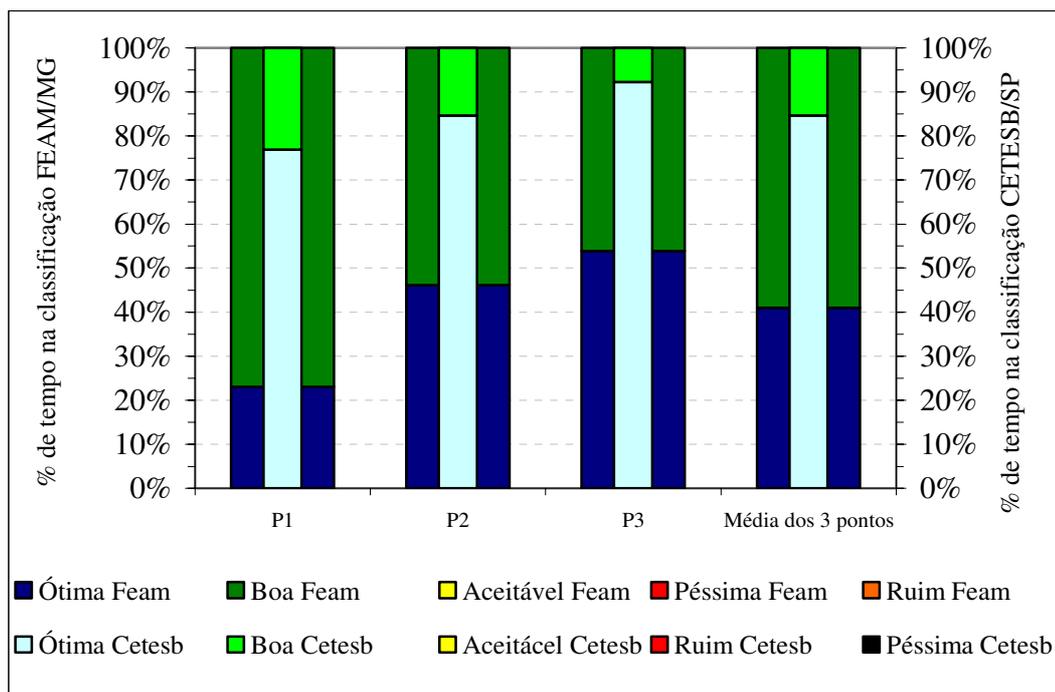


Figura 37: Comparativo geral da classificação da qualidade da água segundo a FEAM/MG e CETESB/SP, das praias do reservatório de Ilha Solteira/SP, durante o período de estudo.

Estudos desenvolvidos por Rolla e Machado (2005), no estado de Minas Gerais, apontaram índices de qualidade da água inferiores ao encontrados no reservatório de Ilha Solteira. Na bacia hidrográfica do rio Paranaíba das suas 32 estações de coleta, 20 (63%) foram consideradas com boa qualidade ($70 < IQA < 90$), 11 (34%) de qualidade aceitável ($50 < IQA < 70$) e uma (3,13%) de qualidade ótima ($90 < IQA < 100$). A bacia do rio São Francisco apresentou dados de 5 reservatórios, sendo que destes, 15 (71,43%) estações com boa qualidade, 5 (23,81%) com qualidade aceitável e 1 (4,76%) ruim. Na bacia hidrográfica do rio Doce, esta apresentou 7 estações (46,67%) com boa qualidade de água, 7 aceitáveis (46,67%) e uma (6,67%) ruim.

Estes resultados, apesar de representarem a qualidade da água em apenas um mês no ano, mostram uma qualidade boa dos reservatórios de Minas Gerais e corroboram para demonstrar a ótima qualidade da água das praias do reservatório de Ilha Solteira.

3.6 Análise Estatística

Com relação à praia Catarina (P1) (Figura 38), pode-se avaliar três grupos distintos. O grupo I mostra a relação entre as variáveis nitrogênio total e nível do reservatório, o que pode ser inferido que as principais fontes de nitrogênio estão condicionadas às reservas do elemento químico nas margens do reservatório. O grupo II conseguiu reunir as variáveis meteorológicas e de visitantes, o que justifica o fato de nos meses de maior temperatura existir um maior afluxo de pessoas nos balneários e no período de inverno um menor afluxo. O grupo III conseguiu agrupar as variáveis biológicas coliformes fecais e demanda bioquímica de oxigênio, as químicas pH, fósforo total e oxigênio dissolvido e a física turbidez. Esta interrelação demonstra que na praia Catarina, o aumento da turbidez, ou seja, as partículas coloidais presentes na água, apresentaram relação com a matéria orgânica, e esta com elementos químicos (fósforo total). Como a coleta de amostras foi realizada próxima à margem, as interações com o sedimento tornam-se mais intensas e, como resultado da ação do vento, contatam-se, com frequência, aportes de material em suspensão (PANOSSO⁶, 2000; ROLAND⁷, 2000 apud ROCHA, 2004).

⁶ PANOSSO, R. Considerações geográficas e geomorfológicas. In: BOZELLI, R. L. et al. *Lagoa Batata: impacto e recuperação de um ecossistema amazônico*. Rio de Janeiro: UFRJ/SBL, 2000.

⁷ ROLAND, F. Produção primária fitoplânctônica. In.: BOZELLI, R. L. et al. *Lagoa Batata: impacto e recuperação de um ecossistema amazônico*, Rio de Janeiro: UFRJ/SBL, 2000.

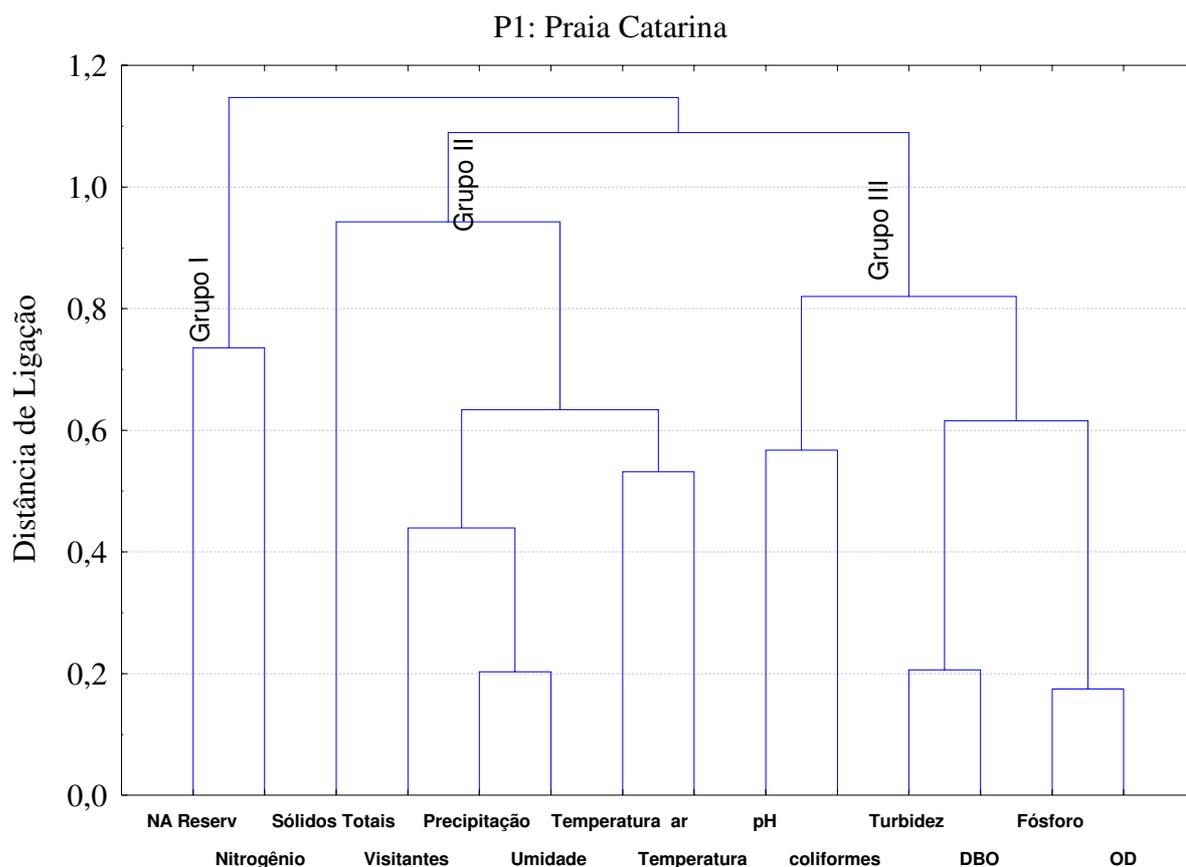


Figura 38: Dendrograma das variáveis do índice de qualidade das águas (IQA), variáveis meteorológicas, de controle do reservatório e número de visitantes, da Praia Catarina do reservatório de Ilha Solteira, durante o período de estudo.

O dendrograma da praia Marina (Figura 39) revela que para o grupo I, o nitrogênio total e o pH apresentam uma grande relação. O nitrogênio total é resultado das somas das parcelas do nitrogênio amoniacal acrescentados das formas nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-), segundo Esteves (1998), tanto o ânion amônia (NH_4^+) e suas variações, quanto os processos de nitrificação e desnitrificação estão condicionados as variações do pH.

O grupo II conseguiu reunir variáveis meteorológicas e de visitantes com o fósforo total e turbidez, indicando que, para este ponto, os nutrientes também estão associados ao número de partículas coloidais, que podem ser provenientes da ressuspensão do material provocado pelos visitantes, e também com a elevação do nível do reservatório. Como a água foi coletada nas margens das praias, em lugar de maior concentração de pessoas, e em uma

parte rasa, sujeita ao efeito das ondas, quanto maior o número de banhistas ou maior a intensidade do vento, maior a ressuspensão do material do fundo e posteriormente o aumento do fósforo total na água. O grupo III define as variáveis biológicas com o nível do reservatório, e o número de sólidos totais presentes na água, com a elevação do nível de água do reservatório houve uma incorporação tanto de partículas coloidais quanto de coliformes presentes nas margens.

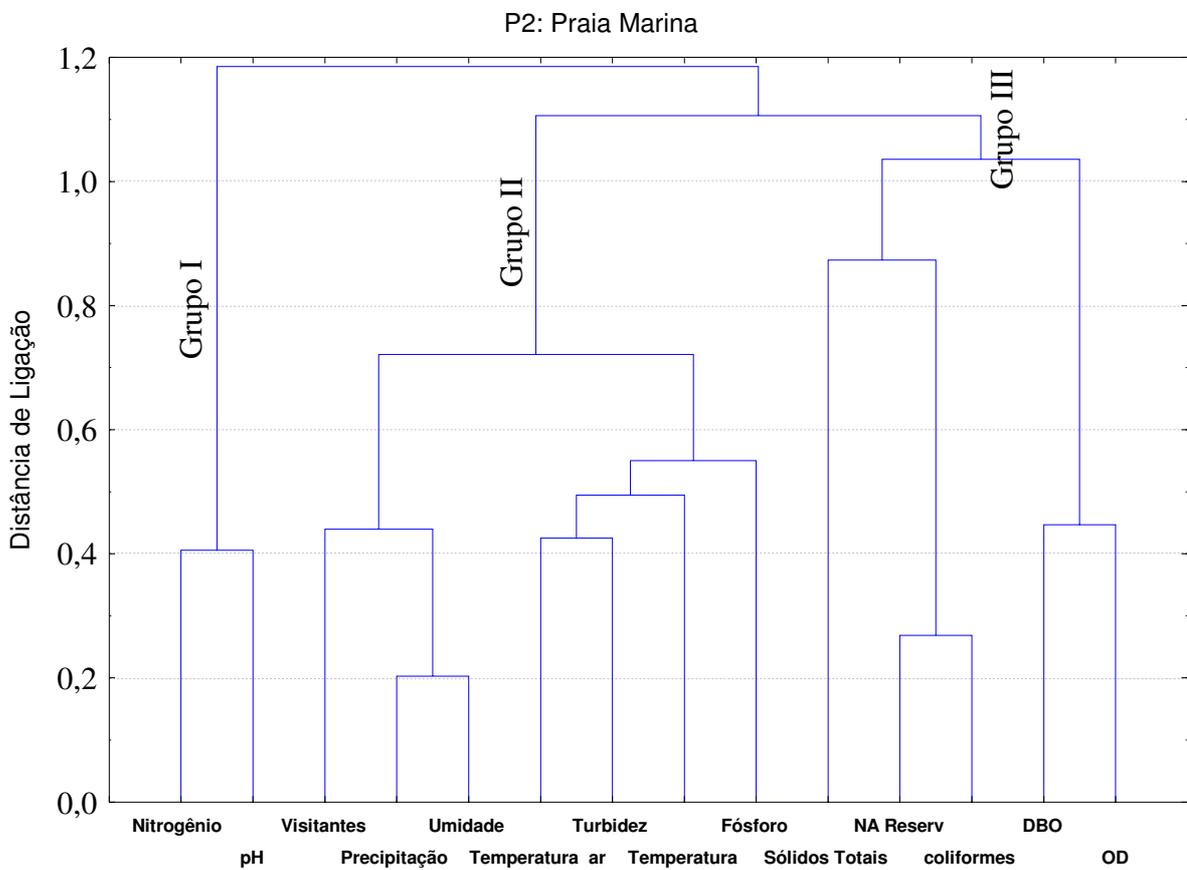


Figura 39: Dendrograma das variáveis do índice de qualidade das águas (IQA), variáveis meteorológicas, de controle do reservatório e número de visitantes, da Praia Marina do reservatório de Ilha Solteira, durante o período de estudo.

Com relação ao Recanto das Águas (P3), a Figura 40 mostra que o grupo I, apesar de apresentar uma relação entre as variáveis, esta possui uma distância de ligação muito grande, com alto coeficiente cofenético, o que não consegue correlacionar os dados. O grupo II como

nos casos anteriores mostra a relação das variáveis meteorológicas e de visitantes com a turbidez e elementos químicos. O grupo III condiciona novamente as variáveis biológicas com a presença de partículas coloidais, que por sua vez são trazidas pela elevação do nível do reservatório.

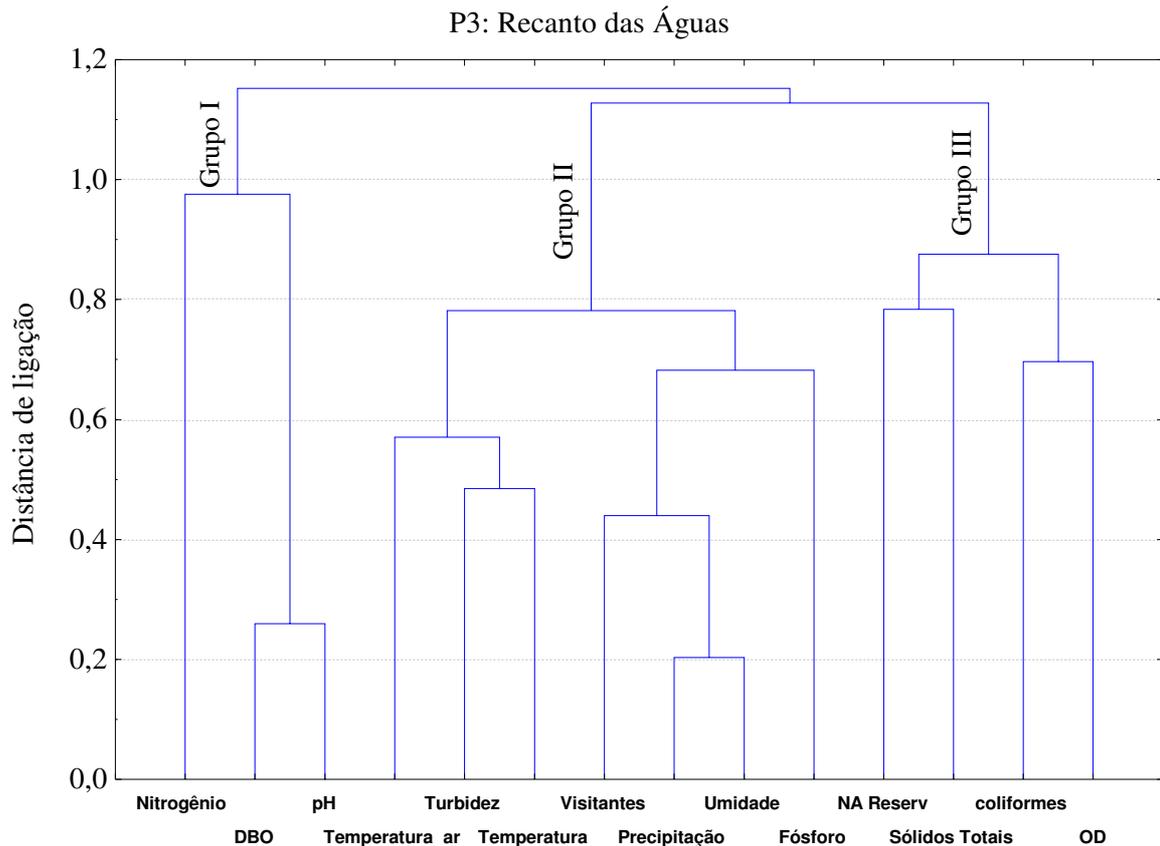


Figura 40: Dendrograma das variáveis do índice de qualidade das águas (IQA), variáveis meteorológicas, de controle do reservatório e número de visitantes, do Recanto das Águas do reservatório de Ilha Solteira, durante o período de estudo.

3.7 Conclusões

O índice de qualidade das águas (IQA), apesar de ser um índice relativamente simples, conseguiu mostrar a boa qualidade das águas das praias do reservatório. Além de ser um

índice de fácil confecção, apresenta um bom número de parâmetros que podem inferir sobre a qualidade da água, conseguindo mostrar de maneira rápida a qualidade de um corpo d'água.

Pode-se perceber que o nível do reservatório exerce grande influência na qualidade da água, e que, apesar de alguns elementos químicos (fósforo total) estarem acima da Resolução CONAMA 357/05 em alguns períodos amostrados, o reservatório não apresenta problemas visíveis ou sinais de eutrofização.

De maneira geral as águas das praias do reservatório de Ilha Solteira apresentaram classificação entre Ótima e Boa, sendo apresentadas em ordem decrescente de qualidade o Recanto das Águas (P3), a Praia Marina (P2) e a Praia Catarina (P1).

Os valores que mais contribuíram para as mudanças nos valores do IQA foram o número de coliformes fecais, turbidez e sólidos em suspensão, provocados basicamente pelo afluxo de pessoas às praias, período de chuvas, aumento do nível do reservatório e ação dos ventos.

Com relação aos demais parâmetros complementares ao IQA, como condutividade, DQO, cor verdadeira e aparente, notou-se que durante o período de estudo apresentaram-se com valores compatíveis com sistemas aquáticos pouco impactados.

Para um melhor aproveitamento dos usos múltiplos do reservatório e do acompanhamento da qualidade da água, algumas medidas deveriam ser implementadas como:

- Manutenção e extensão periódica do índice de qualidade da água, com um monitoramento contínuo deste e posterior informe dos dados à população usuária do balneário.
- Incorporação de novos índices que considerem mais fatores biológicos de qualidade da água, como por exemplo o IVA;
- Inclusão das praias do reservatório dentro dos pontos monitorados pela CETESB.

4 BIOENSAIOS DE TOXICIDADE NO SEDIMENTO

4.1 Introdução

A avaliação da qualidade das águas deve ser planejada com objetivos bem determinados, que exigirão o emprego de metodologia e métodos de operação mais adequados. A OMS (Organização Mundial da Saúde) propõe três modos de operação: o monitoramento destinado basicamente à avaliação de resultados do controle da poluição e tendências, a vigilância que visa detectar variações de qualidade instantâneas e, finalmente, a investigação para estudos e pesquisas. Assim, a vigilância exige obviamente grande rapidez de resposta, razão pela qual são normalmente utilizados biomonitores.

O uso de parâmetros biológicos para avaliar a qualidade da água se baseia nas respostas dos organismos em relação ao meio onde vivem. Como os rios estão sujeitos a inúmeras perturbações, a biota aquática reage a esses estímulos, sejam eles naturais ou antropogênicos. A habilidade de proteger os ecossistemas depende da capacidade de distinguir os efeitos das ações humanas das variações naturais, buscando categorizar a influência das ações humanas sobre os sistemas biológicos (CAIRNS JUNIOR⁸ et al, 1993 apud BUSS; BAPTISTA; NESSIMIAN, 2003). Nesse contexto, a definição de biomonitoramento mais aceita é o uso sistemático das respostas de organismos vivos para avaliar as mudanças ocorridas no ambiente, geralmente causadas por ações antropogênicas (MATTHEWS et al., 1982).

O uso da resposta dos organismos é a base dos índices biológicos. Bioindicadores são espécies escolhidas por sua sensibilidade ou tolerância a vários parâmetros, como poluição

8 CAIRNS Jr., J.; McCORMICK, P. V. & NIEDERLEHNER, B. R., *A proposal framework for developing indicators of ecosystem health. Hydrobiologia*, 263:1-44,1993.

orgânica ou outros tipos de poluentes (WASHINGTON, 1984). O termo “resposta biológica” se refere ao conjunto de reações de um indivíduo ou uma comunidade em relação a um estímulo ou a um conjunto de estímulos. Por estímulos entendemos algo que induza uma reação do indivíduo que possa ser percebida e medida na população ou na comunidade (ARMITAGE⁹, 1995 apud BUSS; BAPTISTA; NESSIMIAN, 2003).

Segundo Metcalfe¹⁰ (1989, apud BUSS; BAPTISTA; NESSIMIAN, 2003), o uso das respostas biológicas como indicadores de degradação ambiental é vantajoso em relação às medidas físicas e químicas da água, pois estas registram apenas o momento em que foram coletadas, como uma fotografia do rio, necessitando assim de um grande número de análises para a realização de um monitoramento temporal eficiente. Outra desvantagem é que, se forem feitas longe da fonte poluente, as medições químicas não serão capazes de detectar perturbações sutis sobre o ecossistema (PRATT; COLER, 1976).

Mesmo em casos de lançamentos contínuos dentro das normas estabelecidas por lei, o uso da biota aquática é uma importante ferramenta na avaliação da qualidade da água. Isso se deve a um processo natural denominado biomagnificação, que é a transmissão de compostos que não são metabolizados ou excretados pelos organismos para o nível superior da cadeia trófica. Em alguns casos esses compostos podem ser tóxicos se acumulados, como no caso de metais pesados e de pesticidas organoclorados. Portanto, mesmo dentro das normas legais de lançamento, esses efluentes podem degradar as inter-relações biológicas, extinguindo espécies e gerando problemas de qualidade de vida para as populações que utilizam aquele recurso. Os indicadores biológicos são muito úteis por sua especificidade em relação a certos tipos de

9 ARMITAGE, P. D. Behaviour and ecology of adults. In: Armitage, P.D.; Cranston, P. S.; Pinder, L. C. V. (ed.) *The Chironomidae: Biology and Ecology of Non-Biting Midges*, London: Chapman & Hall. p. 194-224, 1995.

10 METCALFE, J. L., *Biological water quality assessment of running waters based on macroinvertebrates communities: history and present status in Europe*. Environmental Pollution, no.60, p.101-139, 1989.

impacto, já que inúmeras espécies são comprovadamente sensíveis a um tipo de poluente, mas tolerantes a outros (WASHINGTON, 1984). Assim, índices podem ser criados especificamente para detectar derramamento de óleo, poluição orgânica, alteração de pH da água, lançamento de pesticidas, entre outros.

Os ensaios de toxicidade consistem na determinação de efeitos tóxicos causados por um ou por uma mistura de agentes químicos, sendo tais efeitos detectados por respostas fisiológicas de organismos aquáticos. Portanto, os ensaios ecotoxicológicos expressam os efeitos adversos, a organismos aquáticos, resultantes da interação das substâncias presentes na amostra analisada (CETESB, 2005).

Todas as substâncias são capazes de ser tóxicas dependendo de sua concentração, do organismo utilizado e das condições ambientais da exposição. Existem muitos exemplos de testes de toxicidade em uso no mundo, empregando diferentes procedimentos e tipos de espécies. A tabela a seguir mostra alguns testes padronizados internacionalmente com diferentes organismos.

Tabela 12: Exemplo de bioensaios padronizados mundialmente e teste de toxicidade aguda.

Organismo	Tempo de	Reação Esperada
Peixes		
<i>Brachydanio rerio</i>	1-2 dias	Morte
<i>Leuciscus idus</i>	2 dias	Morte
<i>Poecilia reticulata</i>	4 dias	Morte
<i>Salmo gairdnerii</i>	4 dias	Morte
Invertebrados		
<i>Daphnia magna</i>	24 horas	Imobilização
<i>Daphnia similis</i>	24 horas	Imobilização
<i>Asellus aquaticus</i>	2 dias	Imobilização, morte
<i>Tubifex tubifex</i>	4 dias	Demanda de oxigênio
Algas		
<i>Scenedesmus subspicatus</i>	4 dias	Taxa de crescimento
<i>Ankistrodesmus falcatus</i>	10 dias	Reprodução
<i>Haematococcus pluvialis</i>	24 dias	Reprodução
<i>Phormidium autumnale</i>	24 horas	Movimento
Bactérias		
<i>Pseudomonas putida</i>	30 minutos	Inibição do cons. de Oxig.
<i>Phytobacterium phosphoreum</i>	Minutos	Inibição da luminescência
Protozoários		
<i>Paramecium caudatum</i>	2 dias	Morte, morfologia,
Plantas Superiores		
<i>Sinapsis alba</i>	5 dias	Germinação
<i>Sinapsis alba</i>	10-15 dias	Crescimento
<i>Avena sativa</i>	10-15 dias	Crescimento

Fonte: (WATER QUALITY MONITORING, 1996).

Em geral, nos testes de toxicidade são utilizados cinco concentrações e um controle, com medidas das variáveis pH, dureza (mg.L^{-1} de CaCO_3) e temperatura, as quais são realizadas no início e no final dos testes. Para o teste ser aceitável, a sobrevivência no controle deve ser de 90% no mínimo (ABNT, 2003).

Os testes de toxicidade com sedimentos realizados em laboratório fornecem informações ecológicas importantes que podem ser utilizadas para identificar a toxicidade nesse compartimento, bem como os locais mais contaminados e, conseqüentemente, requerer mecanismos de ação imediata para a recuperação do sistema (ROSIU et al., 1989).

O sedimento é o substrato para uma vasta variedade de organismos que vivem dentro ou sobre ele, e funciona também como depósito de descartes e sumidouro de larga variedade de contaminantes, incluindo metais pesados e pesticidas. Contaminantes são transportados dos

continentes para os oceanos em solução ou aderidos à matéria suspensa, podendo ser estocados temporariamente ou de modo permanente nos sedimentos de rios, lagos e águas costeiras. A acumulação permanente de contaminante causa problemas devido à liberação de poluentes por longo do tempo, mesmo após a fonte de poluição ter sido eliminada (SALOMONS¹¹ apud JARDIM, 2004).

Em sedimentos diferentes, concentrações iguais de um contaminante freqüentemente apresentam diferentes efeitos de toxicidade. Um sedimento pode ser muito tóxico e outro pode não apresentar nenhuma toxicidade para os mesmos organismos, sendo que ambos contêm a mesma concentração do contaminante. Para resultar em toxicidade, o contaminante deve estar biodisponível e isso significa que a presença de altas concentrações de poluentes nos sedimentos não necessariamente resulta em toxicidade aos organismos bentônicos ou da coluna d'água (JARDIM, 2004).

4.2 Justificativa

A necessidade de se ter uma ferramenta para quantificar de maneira mais eficiente o substrato do sedimento, a fim de proporcionar um quadro mais fiel e real da qualidade da água das praias do reservatório de Ilha Solteira, fazem da análise da toxicidade do sedimento uma ferramenta indispensável na composição de um biomonitoramento.

É um campo de pesquisa relativamente novo no Brasil e que começa a ser desenvolvido em praias de água doce, contribuindo para o refinamento dos dados de qualidade da água, bem como para a saúde dos banhistas e usuários do corpo hídrico.

No reservatório de Ilha Solteira não existem pontos de monitoramento da qualidade do sedimento, sendo este um trabalho inédito realizado neste sistema, com o objetivo de fornecer subsídios para o aproveitamento múltiplo deste reservatório.

11 SALOMONS, W.; et al. *Sediments as a source for contaminants ? Hydrobiologia*, v.149, p. 13 -30, 1987.

4.3 Objetivos

O estudo teve por objetivo a realização mensal (dezembro de 2004 a outubro de 2005) de bioensaios de toxicidade aguda, com o organismo *Daphnia similis*, no sedimento das praias do Reservatório de Ilha Solteira, como subsídio para uma melhor avaliação da qualidade da água. Dessa forma, realizaram-se:

- Bioensaios de Toxicidade Aguda mensal no sedimento em três praias do reservatório (Marina, Catarina e Recanto das Águas);
- Análise mensal da granulometria do sedimento das praias.

4.4 Materiais e métodos

4.4.1 Amostragem

As amostras de sedimento (Figura 41) foram coletadas em locais que apresentaram a isóbata de aproximadamente 50 cm, próximo às margens, onde o sedimento foi retirado até uma camada de aproximadamente 7 cm profundidade. Foram coletados cerca de 1,5 kg de sedimento, sendo que este foi acondicionado isotermicamente até o laboratório para realização dos bioensaios.



Figura 41: Coleta do sedimento na praia da Catarina (esquerda), praia Marina (centro), Recanto das Águas (esquerda).

4.4.2 Bioensaios de toxicidade aguda com *Daphnia similis*

Os bioensaios de toxicidade aguda (Figura 42) realizados com amostras do sedimento (CETESB, 1991) foram determinados visando a obtenção da CE (48 horas), isto é, a concentração em que se observa a imobilidade de 50% ou mais dos organismos-teste expostos. Neste estudo foi utilizada a CE para a indicação da estação de coleta com características tóxicas ($CE > 50\%$), indícios de toxicidade ($0 < CE \leq 50\%$) e não tóxicas ($CE=0$) (DORNFELD, 2002).



Figura 42: Cultivo dos organismos *Daphnia similis* e realização dos bioensaios de toxicidade aguda.

4.4.3 Granulometria

A determinação mensal granulométrica das amostras de sedimento foi baseada na metodologia descrita pela ABNT (1982) - Análise Granulométrica de Solos (Método Brasileiro), obtendo-se as frações areia, silte e argila.

4.5 Resultados e discussões

4.5.1 Bioensaios de Toxicidade

Na Tabela 13 são apresentados os resultados dos testes de toxicidade com *Daphnia similis*. Verificou-se que para a praia Catarina (P1) 7 dos 11 meses de análise permaneceram sem indícios de toxicidade, 2 meses (janeiro e agosto de 2005) mostraram indícios de toxicidade com 13,3% e 2 meses (junho e outubro de 2005) demonstraram indícios de toxicidade acima de 25%. Na Praia Marina (P2), houve um único caso de indício de toxicidade ($10\% \leq CE \leq 50\%$) no mês de janeiro de 2005. Para o Recanto das Águas (P3), a imobilidade dos organismos (CE) manteve-se em 82% do tempo, ou seja 9 dos 11 meses, abaixo de 10% (sem indícios de toxicidade), sendo que nos meses de julho e setembro os organismos apresentaram-se com imobilidade de 13,3%, ou seja, com indícios de toxicidade.

Tabela 13: Porcentagem de imobilidade para *Daphnia similis* no sedimento do Reservatório de Ilha Solteira, durante o período de estudo.

Coleta	Data	Toxicidade - CE					
		P1	Qualidade	P2	Qualidade	P3	Qualidade
1	dez/04	0,0%	S.I.T.	0,0%	S.I.T.	0,0%	S.I.T.
2	jan/05	13,0%	C.I.T.	13,0%	C.I.T.	6,7%	S.I.T.
3	fev/05	0,0%	S.I.T.	0,0%	S.I.T.	0,0%	S.I.T.
4	mar/05	0,0%	S.I.T.	0,0%	S.I.T.	0,0%	S.I.T.
5	abr/05	0,0%	S.I.T.	0,0%	S.I.T.	0,0%	S.I.T.
6	mai/05	0,0%	S.I.T.	6,7%	S.I.T.	6,7%	S.I.T.
7	jun/05	33,3%	C.I.T.	6,7%	S.I.T.	6,7%	S.I.T.
8	jul/05	0,0%	S.I.T.	0,0%	S.I.T.	13,3%	C.I.T.
9	ago/05	13,3%	C.I.T.	6,7%	S.I.T.	6,7%	S.I.T.
10	set/05	0,0%	S.I.T.	6,7%	S.I.T.	13,3%	C.I.T.
11	out/05	26,7%	C.I.T.	6,7%	S.I.T.	0,0%	S.I.T.

Tabela 14: Limites de toxicidade, segundo a imobilidade dos organismos testes.

Toxicidade	Qualidade
$0\% < CE \leq 10\%$	Sem Indício de Toxicidade
$10\% < CE \leq 50\%$	Com Indícios de Toxicidade
$CE > 50\%$	Tóxicas

Os resultados dos bioensaios de toxicidade, bem como as variáveis pH, condutividade e dureza, monitoradas durante a realização dos bioensaios de toxicidade aguda com *D. similis*, são apresentados na tabela 05 (ANEXO D).

Espíndola (2003) realizando estudos no rio Mogi-Guaçu detectou altos índice de toxicidade e indícios de toxicidade para o sedimento, concluindo que os sedimentos do local podem ser considerados degradados, em função da alta mortalidade, fato este que não ocorre nas praias do reservatório de Ilha Solteira.

Dornfeld (2002), realizando estudos no sedimento do reservatório de Salto Grande (Americana), detectou que 50% das suas amostras apresentavam-se sem indícios de toxicidade, 35% com indícios de toxicidade e 15% de suas amostras foram consideradas tóxicas. Segundo a autora o reservatório apresentou toxicidade aguda na maioria das estações amostradas em todo o período estudado, o que pode ter ocorrido devido às altas concentrações de metais presentes no sedimento ou à ação conjunta desses metais entre si ou com outros compostos tóxicos não analisados. Como o sedimento das praias do reservatório de Ilha Solteira apresentou resultados qualitativos muito superiores aos citados anteriormente, pode-se dizer que o reservatório não sofre influência de metais ou outros compostos tóxicos que possam deteriorar a qualidade de seu sedimento e possivelmente de suas águas.

4.5.2 Granulometria

Segundo Coiado (1996), a carga de sólidos transportados em suspensão por um rio não poluído, do ponto de vista hidráulico fluvial, é constituída basicamente pelos sólidos fixos de origem mineral (silte, argila e areia fina) provenientes de erosões, os quais são transportados pela rede de canais fluviais de drenagem da bacia hidrográfica.

A seguir apresentam-se os resultados granulométricos das amostras de sedimento das praias do reservatório, bem como a linha do nível piezométrico (linha d'água) do Reservatório de Ilha Solteira. Como pode-se observar pela Figura 43, percebe-se a grande quantidade de areia principalmente em sua fração fina no sedimento da Praia Catarina. Outro fator que deve ser considerado é a variação do nível do reservatório, com a quantidade de areia fina ($0,05 < \phi < 0,42$). Quando o nível do reservatório subiu estas parcelas o acompanharam. Isto demonstra que o material carreado no reservatório é praticamente composto por areias finas, influenciado também pelas margens.

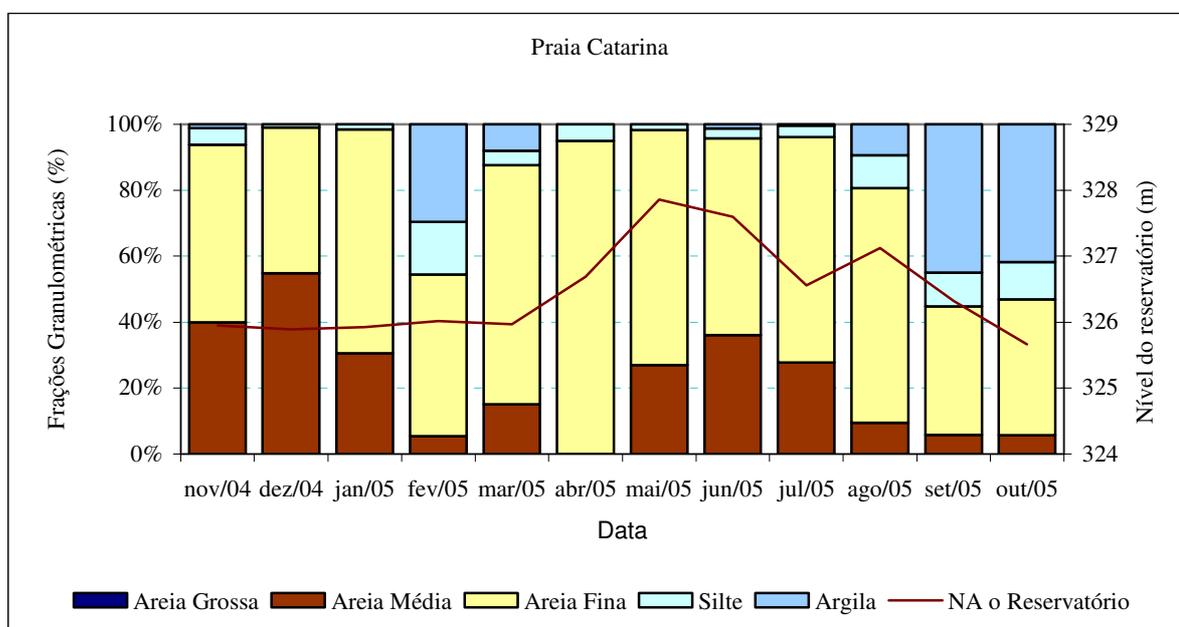


Figura 43: Gráfico das frações granulométricas da Praia Catarina (P1), e do nível da água do Reservatório de Ilha Solteira.

A Figura 44 confirma a grande presença de areia fina nos sedimentos com uma mediana de 63,9% e uma média geral de 61,1%, seguidos da porcentagem de areia média ($0,42 < \phi < 2,0$) com mediana e média com 21%, e dos valores da parcela de silte ($0,005 < \phi < 0,05$) que foram menores e apresentaram-se dentro de uma faixa (25%-75%) de 1,7% a 10%. Em relação aos valores de argila ($\phi < 0,005$) estes apresentaram uma mediana

pequena devido à alta incidência de valores baixos (42%) em suas parcelas, mas sua média ficou em torno de 11,4%, classificando assim o sedimento como uma areia fina.

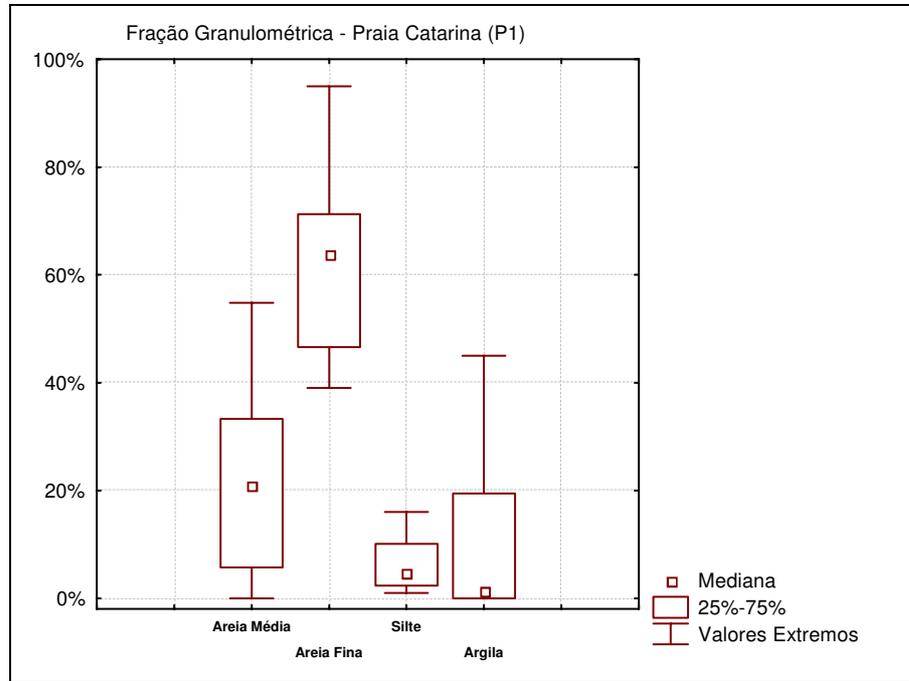


Figura 44: Faixa de valores medianos e extremos para as frações granulométricas da Praia Catarina, durante o período de estudo.

O P2 (praia Marina) apresentou frações mais expressivas de areia fina e média, onde em todo o período de estudo apresentou baixos valores da fração de argila (Figura 45).

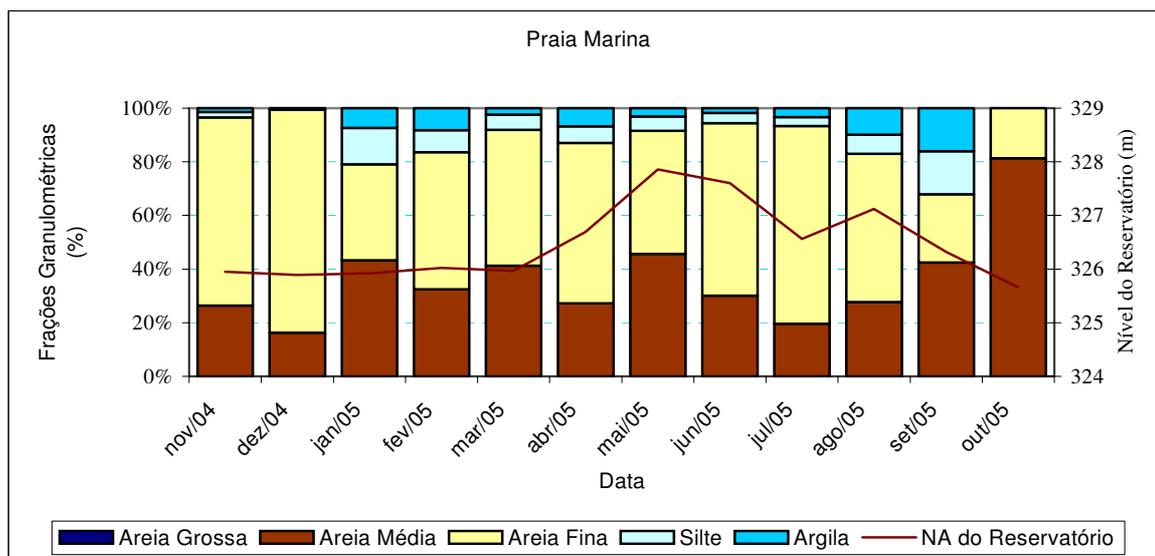


Figura 45: Gráfico das frações granulométricas da Praia Marina (P2), e do nível da água do Reservatório de Ilha Solteira.

A Figura 46, apresenta os valores medianos e extremos das frações granulométricas da Praia Marina. A areia fina ($0,05 < \phi < 0,42$) apresentou uma média de 52,8% com uma mediana de 53,2%, sendo que a areia média ($0,42 < \phi < 2,0$) subiu um pouco em relação ao P1 com uma média de 36,1% e mediana de 31,3%. A parcela de silte ($0,005 < \phi < 0,05$) apresentou um intervalo (25%-75%) de 2% à 7,1% com uma média de 6,0%, já a argila ($\phi < 0,005$) teve uma média 3,2% um valor bem menor do que no ponto P1, que obteve 11,4%, classificando o sedimento do P2 como uma areia fina a média.

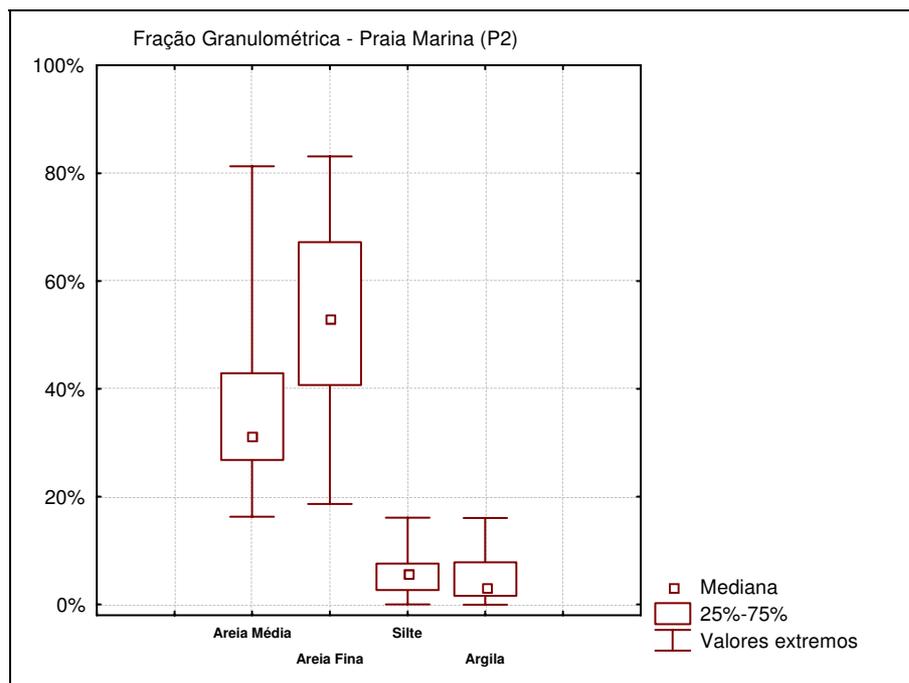


Figura 46: Faixa de valores medianos e extremos para as frações granulométricas da Praia Marina (P2), durante o período de estudo.

O Recanto das Águas (Figura 47) apresentou teores de argila um pouco mais elevados que nos demais pontos amostrados, mas os valores mais expressivos são em relação ao silte. Isto deve-se ao fato de o P3 não ter recebido aterro para a formação das praias como acontece

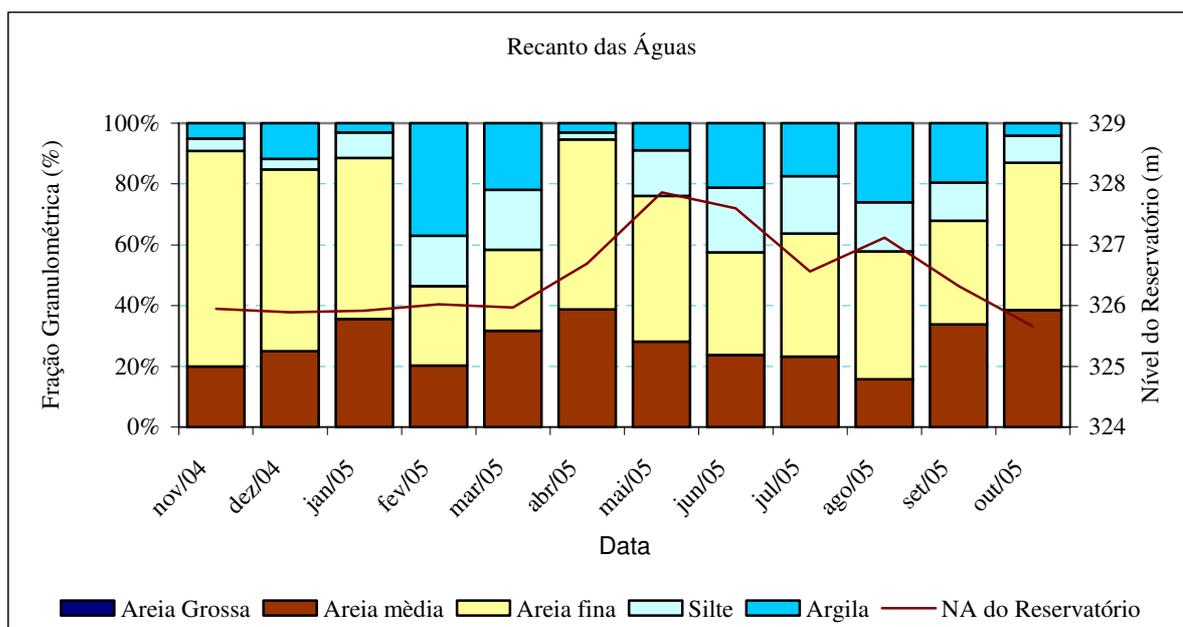


Figura 47: Gráfico das frações granulométricas do Recanto das Águas), e do nível da água do Reservatório de Ilha Solteira.

no P1 e P2, apresentando o solo original e pelo local de coleta apresentar-se em uma placa argilo-rochosa (Figura 48).



Figura 48: Sedimento do ponto de coleta do Recanto das Águas (P3).

Fonte: VASILIO, 2006.

Com relação à Figura 49, observa-se que as frações de areia média ($0,42 < \phi < 2,0$) apresentaram 50% dos dados, ou seja, aqueles que estão dentro do intervalo de 25%-75% do total, uma variação de 23% à 36% do material total com uma média de 27,9%. A areia fina ($0,05 < \phi < 0,42$) também em maior quantidade como nos pontos anteriores apresentou uma mediana de 45,0% e média de 44,9%. O silte ($0,005 < \phi < 0,05$) apresentou uma média de 12,3%, quase o dobro dos outros pontos, e sua fração de argila ($\phi < 0,005$) com uma média de 14,6%, classificando este ponto como uma areia fina à média.

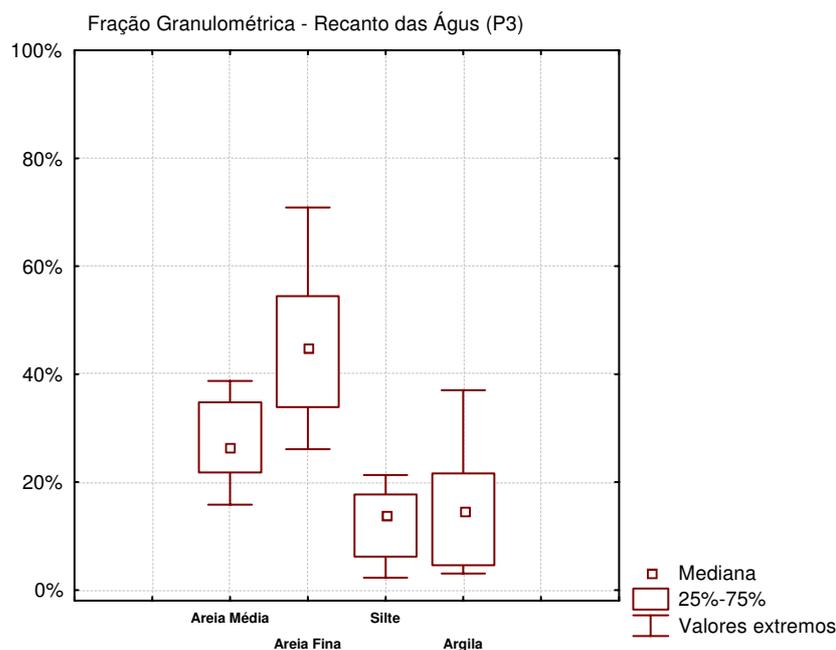


Figura 49: Faixa de valores medianos e extremos para as frações granulométricas do Recanto das Águas (P3), durante o período de estudo

Pode-se perceber uma diferença entre as concentrações das frações granulométricas, devido ao fato da Praia Catarina ser aterrada com areia artificial, carreando este material das margens para o leito do reservatório, apresentando uma maior quantidade desta fração. Na Praia Marina este percentual é um pouco menor, onde eleva-se a quantidade de areia grossa, uma vez que ela não é totalmente aterrada, e as atividades desenvolvidas neste ponto são o embarque e desembarque de barcos, o que propicia um material com diâmetro mais elevado.

O Recanto das Águas apresentou maiores frações de material fino, silte e argila, não sofrendo muito com o transporte de sedimentos para o interior do reservatório. Além disso, sua constituição apresenta-se sobre uma grande placa de terreno argiloso natural, com uma maior composição de areia fina.

A Tabela 15 apresenta um resumo das frações granulométricas observadas, onde pode-se notar que todos os resultados de indícios de toxicidade apresentaram-se principalmente nas

frações de areia fina e areia média, com apenas um resultado de indício de toxicidade na argila no P1 em out/05.

Dornfeld (2002), em estudos no sedimento do reservatório de Salto Grande (Americana), verificou que a fração areia fina é mais representativa em todas as estações de coleta, assim como nas praias do reservatório de Ilha Solteira.

Tabela 15: Resumo geral da classificação da granulometria das praias do reservatório de Ilha Solteira/SP, durante o período de estudo.

Data	Praia Catarina	Praia Marina	Recanto das Águas
nov/04	<i>areia fina à média</i>	<i>areia fina</i>	<i>areia fina</i>
dez/04	<i>areia média à fina</i>	<i>areia fina</i>	<i>areia fina</i>
jan/05	<i>areia fina</i>	<i>areia média à fina</i>	<i>areia fina</i>
fev/05	<i>areia fina argilosa</i>	<i>areia fina à média</i>	<i>argila</i>
mar/05	<i>areia fina</i>	<i>areia fina à média</i>	<i>areia média</i>
abr/05	<i>areia fina</i>	<i>areia fina</i>	<i>areia fina</i>
mai/05	<i>areia fina</i>	<i>areia fina à média</i>	<i>areia fina</i>
jun/05	<i>areia fina á média</i>	<i>areia fina</i>	<i>areia fina à média silto-argilosa</i>
jul/05	<i>areia fina á média</i>	<i>areia fina</i>	<i>areia fina</i>
ago/05	<i>areia fina</i>	<i>areia fina</i>	<i>areia fina argilosa</i>
set/05	<i>argila arenosa</i>	<i>areia média</i>	<i>areia fina à média</i>
out/05	<i>argila arenosa</i>	<i>areia média</i>	<i>areia fina à média</i>

Obs.:

amostras com indícios de toxicidade

De modo geral, os sedimentos podem ser definidos como uma coleção de partículas minerais e orgânicas encontradas no fundo do rio, formando importante componente desse ecossistema aquático, pois além de fornecerem substrato para uma grande variedade de organismos, eles funcionam como um reservatório dos inúmeros contaminantes de baixa solubilidade, desempenhando um importante papel nos processos de assimilação, transporte e deposição desses contaminantes. Desta forma os sedimentos constituem-se em fontes de contaminação primária para organismos bentônicos e secundária para a coluna d'água (ADAMS et al., 1992).

As frações granulométricas mais importantes nas discussões sobre contaminação de sedimentos por substâncias químicas são a argila e o silte. Essas partículas de menor diâmetro apresentam maior potencial de adsorção de metais. Solos erodidos e transportados da bacia de

drenagem para dentro dos corpos d'água são importantes vetores de partículas que reagem com os contaminantes existentes e com os transportados para o meio aquático (ESPÍNDOLA et al., 2004). Estudo como os de Forstner e Salomons¹² (1980) (apud ESPÍNDOLA et al., 2004) já mostraram que os metais se associam preferencialmente às frações finas dos sedimentos (silte e argila). Os dados encontrados nas praias do reservatório de Ilha Solteira evidenciaram que os indícios de toxicidade encontrados provavelmente não estão relacionados aos metais, uma vez que a ocorrência de indícios de toxicidade esteve relacionada com frações de areia fina e média, e em apenas um caso com argila.

A soma das frações argila e silte dos sedimentos das praias do reservatório de Ilha Solteira resultou em porcentagens diferentes entre os pontos e períodos de coleta, demonstrando diferentes capacidades de agregar metais pelo processo de adsorção e complexação.

A análise dos dados permitiu deduzir que os maiores potenciais para agregar metais teoricamente ocorreram em out/05 e nov/05 para o P1, fev/05, jun/05 e ago/05 para o P3, e em nenhum mês de coleta para o P2 apresentou valor expressivo de silte e argila para tal conclusão. E que os indícios de toxicidade encontrados não apresentam uma conclusão clara sobre suas causas.

4.6 Conclusões

O sedimento das praias do reservatório de Ilha Solteira apresentou uma boa qualidade com relação aos bioensaios de toxicidade aguda com *Daphnia similis* durante o período de estudo.

¹² FORSTNER, U.; SALOMONS, W. *Trace metals analysis on polluted sediments*. Part I: Assessments of sources and intensities. Environm. Tech. Lett., v.1, p. 495-505.

Pode-se observar que a praia Catarina apesar de ter um desempenho inferior dos três pontos amostrados, apresentou-se ao longo do período de estudo com indícios de toxicidade em 36% do tempo, a praia Marina em 9,1% do seu tempo e o Recanto das Águas em 18,2% do seu tempo nesta classificação, o que mostra a boa qualidade do sedimento das praias.

Essa boa qualidade do sedimento confirma a boa qualidade da água das praias, corroborando com os dados do IQA realizados durante o período de estudo.

Quanto à granulometria, as frações apresentaram pouca variação entre as praias, que na sua maioria são compostas por areia fina, com poucas expressões de silte e argila.

Algumas considerações devem ser feitas para uma avaliação dos bioensaios de toxicidade e futuros estudos no sedimento das praias:

- Apesar dos organismos-teste não apresentarem toxicidade, poderiam ser testados outros tipos de organismos, epibentônicos (*Daphnia similis*), mas também aqueles de vida no sedimento (bentônicos);
- Realizar de maneira periódica os testes de toxicidade nas praias do reservatório, e estabelecer um canal público de veiculação destas informações;
- Estender os testes de toxicidade também para a água;
- Integrar a toxicidade do sedimento com variáveis químicas, físicas e biológicas para realização de um índice de qualidade;

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo foram relacionados os principais aspectos avaliados anteriormente como Balneabilidade, Índice de Qualidade das Águas (IQA) e Toxicidade no Sedimento, com as variáveis que contribuíram para as alterações, como número de visitantes nas praias, precipitação, nível médio do reservatório, ventos, com vistas à uma análise mais ampla do sistema e suas inter-relações.

A Figura 50 mostra que a praia Catarina (P1), o primeiro caso de qualidade imprópria ocorreu entre 22/nov a 20/dez, gerada por um pico de coliformes fecais. Neste mesmo período o IQA (dez/05) apresentou uma queda para 77,6, onde as variáveis que mais contribuíram para esse decréscimo foram o número de coliformes ($q_i = 25,88$) e a concentração resíduos totais ($q_i = 82,25$). Os resíduos totais podem ser explicados pelo período de chuvas (196,1mm em dez/04), e também pelos ventos (20% maior no período entre agosto a dezembro). Com relação ao número de coliformes fecais, este está associado à elevação do número de visitantes ocorrido neste período, que foi de 82.728 pessoas em dezembro de 2004.

A balneabilidade passou à classificação de imprópria novamente no período de 18/abril a 16/maio, sendo que o IQA apresentou uma pequena queda, onde o parâmetros que mais contribuiu foi novamente o número coliformes fecais ($q_i=37,86$), e resíduos totais ($q_i=85,59$).

Tanto os grupos coliformes quanto os resíduos presentes na água estiveram associados à variação do nível do reservatório, que após o período de águas baixas, sofre uma rápida elevação incorporando na água o material presente nas suas margens. Esta situação foi alterada posteriormente com o decréscimo no nível reservatório, modificando a classificação das praias de Muito Boa para Excelente.

Em setembro/05 tanto a balneabilidade quanto o IQA sofreram uma queda nos valores, causada pelo número de coliformes fecais (440UFC/100mL), turbidez (22,10 UNT) e resíduos totais (266 mg.L⁻¹). Esses valores podem estar relacionados a uma pequena elevação no número de visitantes, além dos ventos mais fortes em direção à praia que ocasiona a ressuspensão do material de fundo.

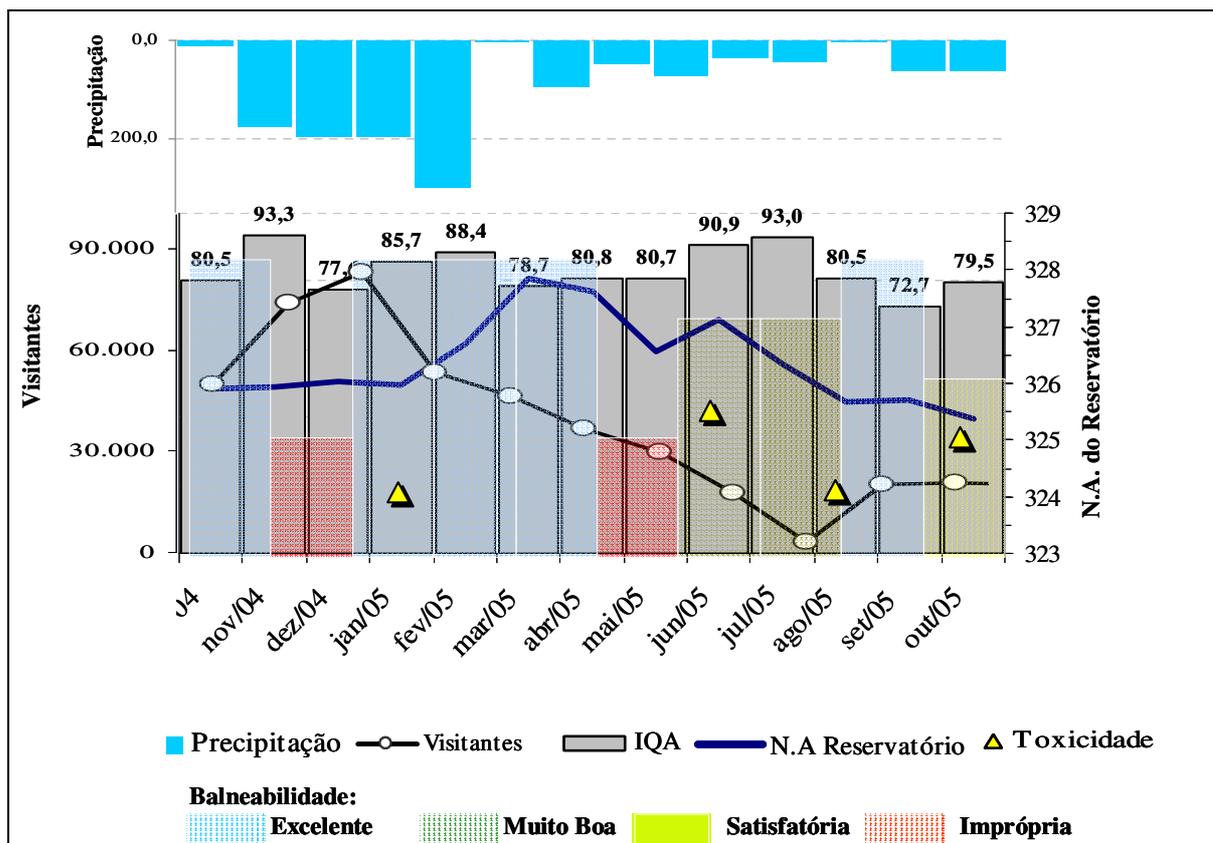


Figura 50: Balneabilidade, índice de qualidade das águas, toxicidade no sedimento, precipitação, nível do reservatório e número de visitantes, da praia Catarina (P1), durante o período de análise.

C.I.T. = Com Índícios de Toxicidade; S.I.T. = Sem Índícios de Toxicidade.

A toxicidade no sedimento não apresentou uma relação direta, nem com a balneabilidade, nem com o Índice de Qualidade das Águas. Pode-se perceber que o período de chuvas não interferiu na toxicidade, mas todos os indícios de toxicidade ocorreram no período de oscilação de nível do reservatório. Não foi observada uma relação direta com as frações mais finas do sedimento (silte e argila), sendo interessante salientar que o período de coleta representou apenas um ciclo hidrológico no presente estudo.

A Figura 51 demonstrou que o único índice de toxicidade (Jan/05) na praia da Marina (P2) coincidiu com a maior queda do IQA (74,8), tendo a balneabilidade em sua condição excelente (valor máximo em 80% do tempo = 200 UFC.100mL⁻¹). As variáveis que mais contribuíram para a queda do IQA foram o número de coliformes fecais (100 UFC.100mL⁻¹) e sólidos totais (593 mg.L⁻¹). Apesar da queda no número de visitantes, este ainda apresentou-se elevado, com 53.016 pessoas (Jan/05), sendo este o período de elevação no nível do reservatório, juntamente com a alta incidência do período de chuvas, esta pode ser a causa deste aumento do número de coliformes fecais e sólidos totais.

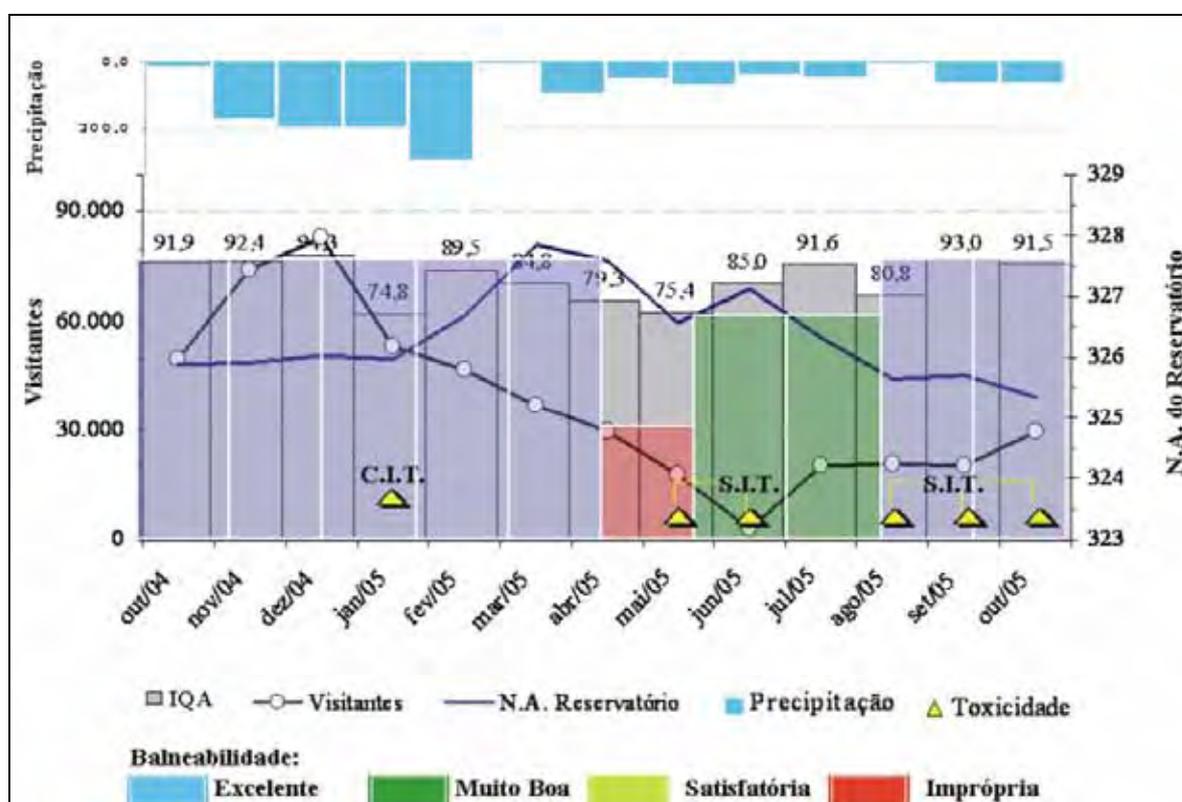


Figura 51: Balneabilidade, índice de qualidade das águas, toxicidade no sedimento, precipitação, nível do reservatório e número de visitantes, da praia Marina (P2), durante o período de análise.

C.I.T. = Com Índícios de Toxicidade; S.I.T. = Sem Índícios de Toxicidade.

No período de 18/abril a 16/maio onde ocorreu a balneabilidade “imprópria”, também houve uma queda do IQA, novamente justificada pelo aumento no número de coliformes fecais e resíduos totais. Esta qualidade da água pode estar condicionada à elevação do nível do reservatório ocorrido neste período, como já mencionado anteriormente para P1, com uma

elevação na classificação da balneabilidade e IQA conforme o nível do reservatório decresce, onde pode-se observar a qualidade superior do P2 em relação ao P1.

Pode-se observar pela Figura 52 que a balneabilidade apresentou um decréscimo no Recanto das Águas (P3), no mesmo período (18/abril a 16/maio) de ocorrência deste evento nas outras praias do reservatório, caracterizado mais uma vez pela elevação do número coliformes fecais (20 UFC.100mL⁻¹), e resíduos totais (446 mg.L⁻¹), que também ocasionaram um decréscimo no valor do IQA (81,72). Os indícios de toxicidade no sedimento foram determinados quando a balneabilidade e o Índice de Qualidade das Águas apresentaram valores elevados, sem haver uma relação direta com os dados anteriores.

Pode-se observar uma qualidade superior do P3 em relação às demais praias em relação à balneabilidade, IQA e toxicidade no sedimento, mostrando que a influência na qualidade da água apresenta uma forte ligação com o afluxo de banhistas às praias.

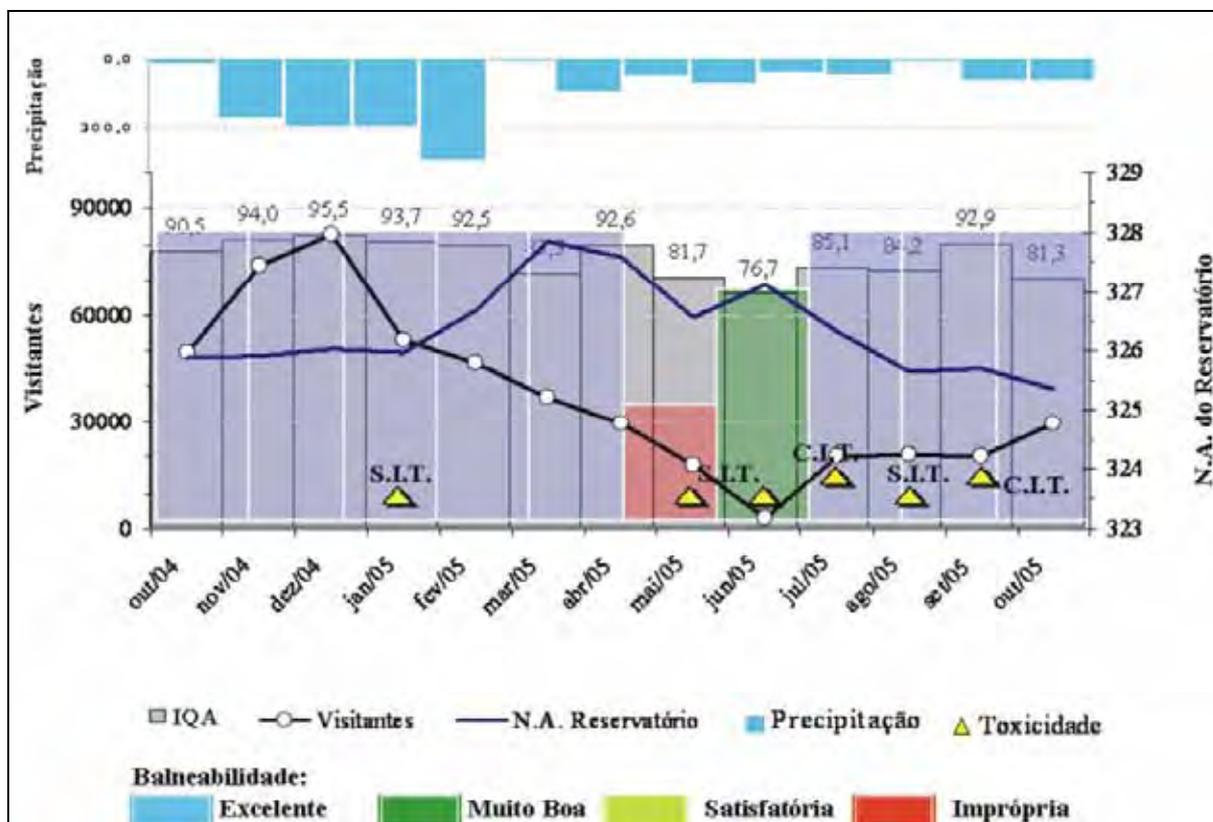


Figura 52: Balneabilidade, índice de qualidade das águas, toxicidade no sedimento, precipitação, nível do reservatório e número de visitantes, do Recanto das Águas, durante o período de análise.

C.I.T. = Com Indícios de Toxicidade; S.I.T. = Sem Indícios de Toxicidade.

6 REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS *Ecotoxicologia aquática – Toxicidade aguda - Método de ensaio com Daphnia spp (Cladocera, Crustácea)*.(NBR 12713) ABNT: Rio de Janeiro, 2003.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Análise granulométrica de solos/método de ensaio*. (NBR 7181/1982). ABNT: Rio de Janeiro, 1982.

ADAMS, W. J. et al. *Sediment quality and aquatic life assessment* . Environmental Science & Technology, v.26, n.10, p. 1864-1875, 1992.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS *Projeto de gerenciamento integrado das atividades desenvolvidas em terra na bacia do São Francisco* ANA/GEF/PNUMA/OEA, Subprojeto 4.5C – Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, 2004.

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA *Atlas de energia Elétrica do Brasil*. Brasília: ANEEL. 53 p., 2001

APHA. *Standard Methods for examination of water and wastewater*. Ed. EATON, A. D. et al.(Ed.). 19th ed., 1995.

BISWAS, A. K. Effective monitoring of lake waters. In: HASHIMOTO, M. *Guidelines of lake management. Socio-economic aspects of lake reservoir management*. Japan: Ed.. Shiga-Japan. v.1, p 83-97, 1991.

BOEHM, A.B, et al. *Decadal and shorter period variability of surf zone water quality at Huntington Beach, Califórnia/USA*: Stanford University, 2002.

BRAMORSKI, J. Avaliação ecotoxicológica de sedimentos recentes dos principais compartimentos iniciais do reservatório de Barra Bonita, SP. 2004. In: ESPÍNDOLA, E. L. G.; WENDLAND, E. (Ed.) *Bacia hidrográfica: diversas abordagens em pesquisa*. São Carlos: Rima Editora. v.3, 2004.

BRIGANTE, J. et al. Caracterização física, química e biológica da água do rio Mogi-Guaçu In: *Limnologia Fluvial – Um estudo no rio Mogi-Guaçu*. ESPÍNDOLA, E.L.G.; BRIGANTE, J. (Ed.) São Carlos: RIMA, 2003.

BUSS, D. F.; BAPTISTA. D. F.; NESSIMIAN, J. L. *Bases conceituais para a aplicação de biomonitoramento em programas de avaliação de qualidade da água em rios*. Rio de Janeiro: Caderno de Saúde Pública, 2003.

CABELLI V, DUFOUR A, LEVIN M, HABERMANN P. The impact of pollution on marine bathing beaches: an epidemiological study. In: *Middle Atlantic Continental Shelf and the New*

York Bight. Proceedings of the Symposium, American Society of Limnology and Oceanography. New York: American Society of Limnology and Oceanography, p.424–432, 1975.

CABELLI V.J. et al. *Relationship of microbial indicators to health effects at marine bathing beaches*. California/USA: Journal Public Health, v.69(7), no.690–696, 1979.

CABELLI, V.J. ; DUFOUR, A.P. ; MCCABE, L.J. ; LEVIN, M.A. *Swimming associated gastroenteritis and water quality*. California/USA: Journal Epidemiol, v.115(4), no.606–616, 1982.

CESP - COMPANHIA ENERGÉTICA DE SÃO PAULO . *Núcleo de estudos de plantas aquáticas – Grupo gestão territorial – Reservatório da UHE Ilha Solteira*. Tomo III. Campinas: UNICAMP, 2001.

CESP - COMPANHIA ENERGÉTICA DE SÃO PAULO . *Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira*. 2006. Disponível em: <<http://www.cesp.com.br/>>. Acesso em: 24 ago 2006.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, *Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo 2001*. São Paulo: Cetesb, v.1, 214p., 2001.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL *Balneabilidade de Praias e Reservatórios*. São Paulo: Cetesb, 2004. Disponível em: <www.cetesb.sp.gov.br>. Acesso em 22 jul. 2004.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL *Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo 2004*. São Paulo: Cetesb. v.1, 2005.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL *Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo 2006*. São Paulo: Cetesb. v.1, 2006.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL *Modelo Matemático para Cálculo do Índice de Qualidade de Água (IQA)*, Relatório R.178, São Paulo, 1977.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL *Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo, 1995*. São Paulo: Cetesb, 1995.

COIADO, E.M.; PAIVA, E. D.; SILVA, M. A. R. *Os sedimentos de um rio poluído*. Rio de Janeiro: II Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos, 1996.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE *Resolução no 274/00*, 2000. Disponível em: <www.mma.gov.br/port/conama/res/res00/res27400.html>. Acesso em 30 jul. 2004.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE *Resolução nº 357/05*, 2005. Disponível em: <www.mma.gov.br/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em 20 fev. 2006.

DAVIS, J.C. *Statistics and Data Analysis in Geology*. 2ª. ed., 656 p., New York, 1986.

DORNFELD, C.B. *Utilização de análises limnológicas, bioensaios de toxicidade e macroinvertebrados bentônicos para o diagnóstico ambiental no reservatório de Salto Grande (Americana-SP)*. São Carlos. Dissertação (Mestrado) - Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada - Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo, 2002.

DUFOUR, A. Health Effects Criteria for Fresh Recreational Waters. Environmental Protection Agency. Cincinnati/OH: EPA, 1984.

ESPÍNDOLA, E. L. G. et. al. Caracterização física, química e biológica do rio Mogi-Guaçu In: BRIGANTE, J.; ESPÍNDOLA, E. L. G. *Limnologia fluvial: Um estudo no Rio Mogi-Guaçu*.- São Carlos/SP: Rima, 2003.

ESPÍNDOLA, E.L.G.; ROCHA, O.; RIETZLER, A.C. *Caracterização limnológica do Reservatório de Salto Grande (Americana, SP): uma análise espacial e temporal*. São Carlos: RIMA Editora. p 37-55, 2004.

ESTEVES, F. A. *Fundamentos de Limnologia*. 2. ed. Rio de Janeiro : Interciência FINEP, 1998.

EPA - ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Parameters of Water Quality Interpretation And Standards*. EPA, Irlanda, 2001.

GENESIS. Reação em cadeia pela polymerase. 2006. Disponível em:< http://educacao.genesisdbm.com.br/educacao_pcr.shtml>. Acesso em: 25 ago. 2006.

IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. *Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo*. Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas de Ribeirão Preto. Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo. São Paulo. v.1, 1997.

JARDIM, G. M. *Estudos Ecotoxicológicos da Água de do Sedimento do Rio Corumbataí/SP* Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. Piracicaba/SP, 2004.

JIRKA, A.M.; CARTER, M.J., *Analytical Chemistry*, 47(8), 1397, 1975 ;

KIM, J.H.; GRANT, S.B. Public mis-notification of coastal water quality: a probabilistic evaluation of posting errors at Huntington Beach. California/USA: Environmental Science Technology, 2004.

KIRYU, H. S. Estudo das Condições de Balneabilidade de Praias do Lago de Ilha Solteira – Universidade Estadual Paulista: Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2001.

LANDIM, P. M. B., *Análise estatística de dados geológicos multivariados*, Departamento de Geologia Aplicada, Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Rio Claro: Unesp, 2000.

LIMA, S.F.; NASCIMENTO, M.F.; UAISSONE, A.R.J; NEVES, C.F. Estimativa das maiores ondas geradas pelo vento no reservatório de Ilha Solteira. In: *Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*. Curitiba: ABRH, 2003

MATTHEWS, R. A.; BUIKEMA, A. L.; CAIRNS Jr., J., *Biological monitoring part IIA: Receiving system functional methods relationships, and indices*. Water Research, v.16, p.129-139, 1982.

MEYBECK, M.; HELMER, R. An introduction to water quality. In: CHAPMAN, D. (Ed.) *Water quality assessment*. Cambridge University Press, 1992.

OLIVEIRA, A. J. F. Areia revela praias contaminadas. Jornal da UNESP, nº 211, 2006. Disponível em: <<http://www.unesp.br/aci/jornal/211/praias.php>>. Acesso em: 20 jun. 2006.

PELÁEZ-RODRIGUEZ Análise da qualidade água e aplicação do índice de proteção da vida aquática (IVA) em duas sub-bacias da bacia hidrográfica do rio Jacará-Guaçu. In: ESPÍNDOLA, E.L.G. et al. (Eds.) *Ecotoxicologia: perspectiva para o século XXI*. São Carlos: RIMA. 200. p 95-114, 2000.

PELCZAR, M. J.; CHAN, E. C. S.; KRIEG, N. R. Microbiologia, Conceitos e Aplicações. v.2, 517 p., 2ª ed., São Paulo: Malron Books, 1996.

PEREIRA, A.O. *Caracterização de uso e ocupação do solo na área de influencia do reservatório de Ilha Solteira*.UNESP. Dissertação (Mestrado) - Área de concentração: Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais. Faculdade de engenharia de Ilha Solteira. Departamento de engenharia civil. Universidade Estadual Paulista. Ilha Solteira, 2006.

PRADO, R.B. *Manejo integrado de reservatórios destinados a uso múltiplo como perspectiva de recuperação da qualidade da água*. In: *Recursos Hidroenergéticos: usos, impactos e planejamento integrado*. Série Ciências da Engenharia Ambiental . São Carlos: USP, p.193-208, 2002.

PRATT, J. M. & COLER, R. A. *A procedure for the routine biological evaluation of urban runoff in small rivers*. Water Research, v.10, p.1019-1025, 1976.

PNAMA/PE - PROGRAMA NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. *Seleção de índice e de indicadores da Qualidade da Água e Aplicação dos Índices Seleccionados* Subcomponente do Monitoramento da Qualidade da Água: O projeto do Estado de Pernambuco, Recife, 2004.

PORTO, R.L.L. et al. *Hidrologia Ambiental*. EDUSP Associação de Recursos Hídricos,. v.3, 414p, 1991.

ROCHA, R. R. A.; THOMAZ, S. M. Variação temporal de fatores limnológicos em ambientes da planície de inundação do alto rio Paraná (PR/MS – Brasil). Acta Scientiarum Biological Sciences. Maringá, v.26, n. 3, p. 261-271, 2004.

ROLLA, M. E. ; MACHADO, A.J. *Monitoramento da qualidade de água e de sedimento em reservatórios*. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 26, n.224, p. 70-80, 2005.

ROBERTO, M C. et al. Fatores limnológicos abióticos In: AGOSTINHO et al. *A planície de inundação do Alto Paraná*. Maringá: Nupélia, 2005.

ROSIU, C. J.; GIESY, J. P.; KREIS JR, R. G. *Toxicity of vertical sediments in the Trenton Channel, Detroit River, Michigan, to Chironomus tentans (Insecta: Chironomidae)*. J. Great Lakes Res., v.15, n.4, p.570-580, 1989.

SALAS, H.J. ; MARTINO, P. A. *A simplified phosphorus trophic state model for warm-water tropical lakes*. Water research, no. 25, p.341-350, 1991.

SECRETARIA MUNICIPAL DE TURISMO DE ILHA SOLTEIRA, *Controle de demanda das praias e Fotos das praias*. Ilha Solteira: Prefeitura Municipal de Ilha Solteira, 2005.

SECRETARIA MUNICIPAL DE TURISMO DE ILHA SOLTEIRA *Controle de demanda das praias e Fotos das praias*. Ilha Solteira: Prefeitura Municipal, 2004.

SETZER, J. *Atlas climático e ecológico do Estado de São Paulo*. Comissão interestadual da Bacia Paraná – Uruguai: Cesp, 1966.

SPERLING, M.V. *Introdução á Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgoto*; Belo Horizonte. Belo Horizonte: EDUFMG; 243 p, 1996.

STRAŠKRABA, M.; TUNDISI, J.G. Gerenciamento da qualidade da água de represas. In: STRAŠKRABA, M.; TUNDISI, J.G. *Diretrizes para o Gerenciamento de Lagos*. (Ed.) ILEC - IIE. v. 9, 258 p, 2000.

THOMAZ, S. M. *et. al*. Caracterização limnológica dos ambientes aquáticos e influência dos ambientes aquáticos e influência nos níveis fluviométricos. 2002. In : VAZZOLER, A. E. A. M. *et al A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos e biológicos e socioeconômicos*. Maringá: Eduem, p. 73-102, 1997.

UNESP. *Dados meteorológicos do município de Ilha Solteira*. Área de Hidráulica e Irrigação do Departamento de Fitossanidade. Engenharia Rural e Solos. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Universidade Estadual Paulista. Ilha Solteira, 2005. Disponível em: <<http://www.feis.unesp.br>>.

VALENTE, J. P. S.; PADILHA, P. M.; SILVA, A. M. M.; São Paulo: Eclética Química, 1997. Disponível em:<www.scielo.br>. Acesso em 12 abril 2006.

VASILIO, V. A. A. ; *Arquivo pessoal de fotos e Mapas*. Ilha Solteira: UNESP, 2006.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A.L.R.; LIMA, J.C.A. *Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal*. IBGE (Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), Rio de Janeiro, 1991.

WADE, T. J. et al *Rapidly Measured Indicators of Recreational Water Quality Are Predictive of Swimming-Associated Gastrointestinal Illness*. Environmental Protection Agency. v. 114, no. 1, 2006. Disponível em: <www.epa.gov/NEEAR/>. Acesso em: 20 abril 2006.

WASHINGTON, H. G., *Diversity, biotic and similarity indices. A review with special relevance to aquatic ecosystems*. Water Research, v.18, p.653-694, 1984.

WATER QUALITY MONITORING. *A Practical Guide to the Design and Implementation of Freshwater Quality Studies and Monitoring Programmes*. UNEP/WHO, 1996.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. *Predicting rainfall erosion losses: a guide planning* . Washington, D. C., 1978.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION *Guidelines for a Safe Recreational Water environments*, v. 1, Genebra, 2003

_____. *Informações climáticas brasileiras*. Disponível em: <<http://www.climabrasileiro.hpg.ig.com.br>>, 2006. Acesso em 10 maio 2006.

ANEXO A

Tabela 16: Dados de coliformes fecais e totais, da água das praias do reservatório de Ilha Solteira, durante o período de estudo.

Data	P1		P2		P3	
	Coliformes Fecais	Coliformes Totais	Coliformes Fecais	Coliformes Totais	Coliformes Fecais	Coliformes Totais
17/09/04	0	24500	0	19600	0	1300
18/10/04	0	1900	0	1000	0	3100
25/10/04	100	14400	0	2100	0	7200
01/11/04	0	12700	0	2300	0	1300
08/11/04	0	3200	0	3800	0	10100
15/11/04	0	5000	0	7000	0	4100
22/11/04	0	1700	0	11500	0	8300
29/11/04	0	14200	0	8600	0	4000
06/12/04	0	2100	0	6300	0	9100
13/12/04	0	28900	0	17100	0	17300
20/12/04	1500	48700	0	47400	0	24100
03/01/05	100	11200	0	8800	0	4300
10/01/05	0	14800	200	19000	0	17800
17/01/05	0	28400	0	26500	0	12300
24/01/05	0	10900	100	9400	0	17600
31/01/05	0	7200	0	6600	200	15400
14/02/05	P.C.	8900	P.C.	15000	P.C.	7300
21/02/05	0	6200	0	16600	0	16900
28/02/05	0	7040	120	4208	400	3820
07/03/05	30	260	0	350	80	2440
14/03/05	P.C.	9700	SL	5100	P.C.	9500
21/03/05	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
28/03/05	20	5020	0	4700	20	4700
04/04/05	20	620	20	1640	90	2590
11/04/05	20	1200	0	200	160	1760
18/04/05	1400	2229	1014	9414	1443	8986
25/04/05	125	1575	250	11225	425	4750
02/05/05	500	1200	50	175	1775	3575
09/05/05	50	660	500	2960	800	6675
16/05/05	0	600	50	740	160	4120
23/05/05	50	1730	160	1720	20	1960
30/05/05	0	3610	60	1530	429	6600
06/06/05	380	2000	100	680	467	3233
17/06/05	300	500	180	1240	120	920
20/06/05	260	1520	260	1340	60	1600
26/06/05	0	60	20	1600	20	680
04/07/05	50	1180	60	1580	180	2280
11/07/05	0	20	50	940	140	2320
18/07/05	0	320	0	900	0	2000
25/07/05	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
04/08/05	80	760	40	2300	25	300
08/08/05	40	1240	25	400	50	800
12/08/05	0	440	0	300	0	520
22/08/05	0	460	0	600	0	820
29/08/05	100	3020	100	4080	40	960
05/09/05	40	2400	40	3000	40	1440
16/09/05	0	40	0	200	0	60
19/09/05	40	500	50	200	100	100
26/09/05	440	2560	0	40	200	400
03/10/05	20	1780	0	40	40	2540
10/10/05	0	480	0	340	0	1500
17/10/05	40	80	0	40	0	60

Obs :

□ Dia de coleta para confecção do Índice de Qualidade da Água (IQA).

P.C. Problemas de Contagem de colônias.

N.E. Não executada.

Tabela 17: Dados de coliformes fecais e totais, do sedimento das praias do reservatório de Ilha Solteira, durante o período de estudo.

Data	P1		P2		P3	
	Coliformes Fecais	Coliformes Totais	Coliformes Fecais	Coliformes Totais	Coliformes Fecais	Coliformes Totais
17/09/04	0	3500	0	43200	0	5300
18/10/04	0	20000	0	18200	0	40000
25/10/04	0	60000	0	20000	0	110000
01/11/04	0	0	0	10000	0	20000
08/11/04	0	0	0	0	0	0
15/11/04	0	26000	0	3000	0	19900
22/11/04	0	40000	0	8700	0	100000
29/11/04	0	19800	870	10000	0	13900
06/12/04	0	20000	0	0	0	30000
13/12/04	0	8000	0	1000	0	16900
20/12/04	500	30100	0	15700	0	5400
03/01/05	100	300	100	1000	0	21500
10/01/05	400	10800	100	18300	710	23600
17/01/05	0	5000	0	7000	0	14000
24/01/05	0	10000	0	20000	0	40000
31/01/05	0	26100	1400	3940	0	25300
07/02/05	200	PC	0	PC	0	PC
14/02/05	P.C.	4300	P.C.	10100	P.C.	9600
21/02/05	0	10000	0	83000	0	90000
28/02/05	0	1400	200	4500	300	13500
07/03/05	0	PC	0	PC	0	PC
14/03/05	P.C.	PC	P.C.	PC	P.C.	PC
21/03/05	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
28/03/05	40	40000	0	PC	0	PC
04/04/05	40	2600	20	6000	40	580
11/04/05	620	10640	560	1800	640	1920
18/04/05	1360	SL	140	1240	380	4660
25/04/05	50	SL	250	SL	775	4475
02/05/05	167	2900	1100	24500	1733	12500
09/05/05	133	39600	567	6267	2867	10467
16/05/05	333	20600	120	1800	P.C.	10300
23/05/05	P.C.	PC	P.C.	PC	20	5800
30/05/05	80	1420	120	7700	60	5500
06/06/05	0	8333	33	1600	167	2367
17/06/05	100	2567	0	633	120	11600
20/06/05	33	3200	233	3867	33	3267
26/06/05	667	2467	500	14433	0	1900
04/07/05	500	PC	667	11067	P.C.	PC
11/07/05	667	4367	180	300	33	4100
18/07/05	0	60	167	640	0	167
25/07/05	N.E.	PC	N.E.	PC	N.E.	PC
04/08/05	133	4867	0	233	100	PC
08/08/05	0	4867	0	5433	33	1500
12/08/05	0	300	0	1267	0	3233
22/08/05	0	733	0	667	0	933
29/08/05	0	PC	100	9000	100	15233
05/09/05	133	PC	67	10000	134	11700
16/09/05	67	1533	67	2067	0	6967
19/09/05	50	500	128	650	300	880
26/09/05	0	1000	0	1000	200	700
03/10/05	0	3233	0	4933	67	3633
10/10/05	0	2533	0	4200	0	3400
17/10/05	33	267	0	467	33	133

Obs :

 Dia de coleta para confecção do Índice de Qualidade da Água (IQA).

 P.C. Problemas de Contagem de colônias.

 N.E. Não executada.

ANEXO B

Tabela 18: Dados de temperatura, pH e condutividade, das praias do reservatório de Ilha Solteira, durante o período de estudo.

Data	Coleta	Parâmetros								
		Temperatura (°C)			pH			Condutividade (µS/cm)		
		P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
17/set/04	Prelim.	27,2	26,8	26,1	7,12	7,30	7,10	NE	NE	NE
18/out/04	1	25,0	25,0	25,2	7,11	6,98	7,09	NE	NE	NE
25/out/04	2	25,0	25,0	24,9	6,90	6,88	6,99	NE	NE	NE
01/nov/04	3	24,2	23,6	26,1	7,13	7,05	7,03	NE	NE	NE
08/nov/04	4	25,6	25,7	25,8	6,70	6,88	6,80	NE	NE	NE
15/nov/04	5	27,5	27,6	28,0	6,90	7,14	6,85	NE	NE	NE
22/nov/04	6	26,0	26,0	26,6	6,11	6,99	7,10	NE	NE	NE
29/nov/04	7	28,0	27,7	28,4	7,50	7,80	7,55	41,6	36,1	33,3
06/dez/04	8	28,9	28,1	28,7	7,45	7,75	7,84	31,5	28,2	35,0
13/dez/04	9	27,7	27,3	27,8	6,63	6,77	6,75	21,3	32,4	45,4
20/dez/04	10	29,2	28,9	29,1	6,50	6,93	6,91	30,9	41,0	36,7
03/jan/05	11	28,6	28,9	28,3	8,50	7,98	7,10	27,1	29,5	32,4
10/jan/05	12	28,7	29,0	28,7	6,40	6,55	6,34	35,0	28,0	66,0
17/jan/05	13	28,4	28,6	28,6	6,70	6,78	6,75	51,6	54,2	52,3
24/jan/05	14	29,0	28,8	29,1	6,59	6,45	6,52	70,9	55,0	52,7
31/jan/05	15	28,2	27,9	28,3	6,10	5,99	6,23	74,5	84,0	89,9
07/fev/05	16	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
14/fev/05	17	27,7	27,7	28,3	8,54	7,93	7,96	48,8	53,0	52,6
21/fev/05	18	28,1	28,2	27,9	6,00	6,12	6,44	53,3	54,5	57,0
28/fev/05	19	30,6	30,4	30,9	7,34	7,51	7,68	53,8	54,5	51,6
07/mar/05	20	28,5	28,4	28,8	7,30	7,26	7,72	50,5	51,0	52,5
14/mar/05	21	29,2	29,1	29,1	6,29	6,20	6,31	10,0	10,1	10,1
21/mar/05	22	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
28/mar/05	23	30,9	31,1	32,6	6,44	6,50	6,74	57,9	54,4	55,1
04/abr/05	24	28,9	28,9	29,4	6,10	5,91	6,00	57,4	54,5	55,5
11/abr/05	25	29,2	29,0	29,7	6,73	7,23	7,14	54,1	55,8	53,6
18/abr/05	26	29,4	29,1	29,3	7,44	7,31	7,28	48,5	52,5	52,4
25/abr/05	27	27,3	28,0	27,7	7,37	7,45	7,24	45,9	46,2	48,3
02/mai/05	28	26,7	26,7	26,2	7,46	7,32	7,30	37,5	20,1	41,1
09/mai/05	29	26,0	25,8	25,8	7,26	7,28	7,54	44,2	44,9	47,4
16/mai/05	30	26,2	25,7	26,4	7,21	7,19	7,19	46,1	47,3	47,7
23/mai/05	31	24,4	24,2	24,2	7,06	7,09	6,94	35	33,5	34,1
30/mai/05	32	24,4	24,4	24,4	7,33	7,43	7,56	33,8	33	33,1
06/jun/05	33	25,6	24,5	25,8	7,39	7,43	7,61	36,9	38,6	37,9
17/jun/05	34	24,4	24,6	25,2	7,41	7,34	7,38	35,2	37	35,3
20/jun/05	35	24,8	23,4	23,8	7,20	7,26	7,22	33,8	34,3	37
26/jun/05	36	26,8	26,8	26,8	7,80	7,30	7,64	25,2	36,3	34,8
04/jul/05	37	26,0	27,4	26,7	7,52	7,54	7,68	NE	NE	NE
11/jul/05	38	22,5	22,0	22,4	7,30	7,28	7,29	NE	NE	NE
18/jul/05	39	19,5	19,2	19,4	7,34	7,28	7,27	NE	NE	NE
25/jul/05	40	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
04/ago/05	41	22,3	22,7	22,9	7,42	7,33	7,36	NE	NE	NE
08/ago/05	42	23,1	23,1	23,1	7,40	7,25	7,41	NE	NE	NE
12/ago/05	43	22,1	22,1	22,0	7,64	7,79	8,20	43	44	48
22/ago/05	44	23,2	24,0	23,9	7,64	7,67	7,67	NE	NE	NE
29/ago/05	45	20,2	20,8	20,8	7,13	7,39	8,38	NE	NE	NE
05/set/05	46	20,1	21,2	21,0	7,40	7,32	7,10	NE	NE	NE
16/set/05	47	24,2	24,5	24,4	7,58	7,26	7,74	NE	NE	NE
19/set/05	48	26,1	26,0	25,9	7,60	7,50	7,80	NE	NE	NE
26/set/05	49	28,4	28,9	29,2	7,72	7,68	8,10	NE	NE	NE
03/out/05	50	26,1	26,5	26,7	7,24	7,28	7,30	NE	NE	NE
10/out/05	51	26,5	25,3	27,1	7,72	7,53	7,83	NE	NE	NE
17/out/05	52	31,6	31,4	32,4	7,31	7,50	9,06	NE	NE	NE

Obs :

 Dia de coleta para confecção do Índice de Qualidade da Água (IQA).
 N.E. Não executada.

Tabela 19: Dados de turbidez, cor aparente e cor verdadeira, das praias do reservatório de Ilha Solteira, durante o período de estudo.

Data	Coleta	Parâmetros								
		Turbidez (NTU)			Cor Aparente (Pt.L ⁻¹)			Cor Verdadeira (Pt.L ⁻¹)		
		P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
17/set/04	Prelim.							NE	NE	NE
18/out/04	1	0,8	1,1	1,1	14	36	34	NE	NE	NE
25/out/04	2	1,6	1,3	1,4	19	24	36	NE	NE	NE
01/nov/04	3	2,1	0,7	1,8	39	30	31	NE	NE	NE
08/nov/04	4	1,5	1,1	2,1	26	12	13	NE	NE	NE
15/nov/04	5	2,5	5,8	1,1	17	11	37	NE	NE	NE
22/nov/04	6	1,0	1,9	3,6	24	36	24	NE	NE	NE
29/nov/04	7	1,4	1,2	1,3	8	25	10	4	20	8
06/dez/04	8	2,2	1,6	1,4	31	31	20	29	18	19
13/dez/04	9	1,1	1,3	3,2	43	52	40	21	32	25
20/dez/04	10	1,4	1,2	3,9	NE	NE	NE	NE	NE	NE
03/jan/05	11	3,0	5,8	3,7	NE	NE	NE	NE	NE	NE
10/jan/05	12	3,0	5,8	3,7	20	32	16	12	20	11
17/jan/05	13	2,9	2,0	2,8	34	15	13	25	10	6
24/jan/05	14	5,2	3,1	5,2	72	73	44	32	39	22
31/jan/05	15	6,7	4,4	12,1	87	42	166	38	28	43
07/fev/05	16	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
14/fev/05	17	16,5	10,8	13,8	126	95	107	77	86	82
21/fev/05	18	7,7	8,4	7,9	58	103	104	97	73	71
28/fev/05	19	7,0	8,9	8,3	85	95	80	75	67	61
07/mar/05	20	5,4	5,2	9,0	67	77	88	46	44	50
14/mar/05	21	34,5	19,0	50,3	100	69	115	55	54	72
21/mar/05	22	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
28/mar/05	23	5,8	9,4	22,7	60	52	68	52	38	45
04/abr/05	24	5,6	6,0	4,4	69	75	56	52	45	42
11/abr/05	25	4,4	4,9	3,7	51	59	64	25	39	25
18/abr/05	26	4,9	5,5	5,2	86	76	75	48	60	48
25/abr/05	27	3,7	4,0	3,5	35	40	37	18	15	5
02/mai/05	28	5,8	4,6	11,2	72	61	114	24	25	29
09/mai/05	29	4,9	5,8	5,7	42	50	53	34	40	31
16/mai/05	30	3,6	7,4	4,0	47	104	49	24	43	27
23/mai/05	31	2,9	3,2	2,9	30	27	26	27	26	19
30/mai/05	32	3,3	9,1	12,0	53	143	165	36	57	37
06/jun/05	33	5,4	15,8	9,8	41	176	105	10	33	14
13/jun/05	34	2,4	3,3	2,3	22	38	21	13	29	19
20/jun/05	35	2,1	6,7	3,5	25	90	50	19	38	38
26/jun/05	36	10,0	3,0	1,9	101	30	25	40	7	10
04/jul/05	37	4,6	3,4	2,5	53	38	27	5	28	15
11/jul/05	38	1,7	3,6	1,5	43	73	27	27	49	18
18/jul/05	39	1,1	1,4	2,6	18	33	51	4	10	8
25/jul/05	40	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
04/ago/05	41	0,8	0,8	0,8	12	20	16	2	7	12
08/ago/05	42	0,7	0,9	3,6	32	35	67	18	17	16
12/ago/05	43	0,6	3,2	2,7	7	23		25	4	22
22/ago/05	44	2,2	12,3	14,7	23	80	90	2	3	4
29/ago/05	45	0,9	0,7	0,8	5	10	12	2	4	2
05/set/05	46	1,0	0,8	1,2	10	20	20	5	7	8
16/set/05	47	1,3	1,3	1,3	19	14	9	11	12	5
19/set/05	48	5,0	2,0	2,0	30	15	10	12	10	5
26/set/05	49	22,1	1,9	2,3	185	20	19	70	14	15
03/out/05	50	10,0	1,3	0,8	90	22	19	52	14	14
10/out/05	51	1,7	1,0	0,9	17	15	10	6	4	9
17/out/05	52	34,6	3,4	4,4	289	22	35	77	3	2

Obs :

 Dia de coleta para confecção do Índice de Qualidade da Água (IQA).
 N.E. Não executada.

Tabela 20: Dados para a confecção do IQA, das praias do reservatório de Ilha Solteira, durante o período de estudo.

Local	Data	OD (% sat)	coliformes (CF/100ml)	pH	DBO (mg/l)	Fósforo (mg/l)	Temperatura (ΔT - °C)	Nitrogênio (mg/l)	Turbidez (NTU)	Sólidos Totais (mg/l)	
P1 - Praia Catanna	out/04	83,04	100	6,90	0,59	0,014	0,00	0,10	1,60	218,00	
	nov/04	84,15	0	6,90	0,20	0,028	-0,10	0,70	2,46	74,00	
	dez/04	95,28	500	7,45	0,37	0,013	0,80	0,20	2,17	104,00	
	jan/05	93,74	0	6,59	0,44	0,016	0,20	0,90	5,17	514,00	
	fev/05	94,71	0	6,00	0,90	0,037	-0,10	0,10	7,70	164,00	
	mar/05	93,58	100	6,44	0,44	0,064	-0,20	0,10	5,83	260,00	
	abr/05	88,06	125	7,37	0,32	0,017	-0,70	1,10	3,73	55,00	
	mai/05	84,29	50	7,06	0,35	0,013	0,20	0,10	2,91	355,00	
	jun/05	117,64	0	7,80	0,13	0,134	0,00	0,60	10,00	152,00	
	jul/05	909,20	0	7,31	0,98	0,051	0,30	0,40	1,10	198,00	
	ago/05	81,96	100	7,13	0,67	0,018	-0,60	1,00	0,90	170,00	
	set/05	106,68	440	7,72	1,42	0,060	-0,50	0,10	22,10	266,00	
	out/05	101,22	40	7,31	1,81	0,037	0,20	0,30	34,60	204,00	
	P2 - Praia Manna	out/04	83,04	0	6,88	0,24	0,018	0,20	0,30	1,30	246,00
		nov/04	84,62	0	7,14	0,24	0,134	-0,40	0,21	5,78	66,00
		dez/04	96,02	0	7,75	0,62	0,016	-0,60	1,20	1,58	52,00
jan/05		96,20	100	6,45	1,00	0,034	-0,30	0,10	3,12	593,00	
fev/05		95,51	0	6,12	1,46	0,019	0,30	0,20	8,40	106,00	
mar/05		98,93	0	6,50	1,13	0,024	-1,50	0,10	9,42	520,00	
abr/05		92,53	250	7,45	0,62	0,014	0,30	0,40	4,03	48,00	
mai/05		93,80	160	7,09	0,14	0,017	0,00	0,10	3,16	520,00	
jun/05		104,74	20	7,30	0,35	0,014	0,00	0,20	3,00	322,00	
jul/05		116,84	0	7,28	1,96	0,014	-0,20	0,20	1,40	232,00	
ago/05		88,07	100	7,39	0,65	0,028	0,00	1,00	0,70	206,00	
set/05		101,68	0	7,68	1,04	0,020	-0,30	0,30	1,90	256,00	
out/05		91,36	0	7,50	1,77	0,019	-1,00	0,70	3,40	220,00	
P2 - Recanto das Aguas		out/04	85,49	0	6,99	0,42	0,018	-0,90	0,60	1,40	330,00
		nov/04	89,56	0	6,85	0,42	0,016	0,50	0,60	1,12	82,67
		dez/04	98,24	0	6,99	0,45	0,021	-0,20	0,40	1,41	54,00
	jan/05	95,41	0	6,85	0,36	0,090	0,10	0,30	5,15	71,00	
	fev/05	91,24	0	7,84	1,17	0,014	-0,20	0,20	7,89	138,00	
	mar/05	103,20	0	6,52	1,17	0,022	1,70	0,40	22,70	458,00	
	abr/05	92,53	0	6,44	0,44	0,014	0,40	0,50	3,53	53,00	
	mai/05	92,12	20	6,74	0,10	0,014	-0,20	0,10	2,89	446,00	
	jun/05	104,74	425	7,24	0,86	0,020	0,00	0,20	1,88	255,00	
	jul/05	116,84	20	6,94	1,02	0,015	-0,10	0,15	2,60	202,00	
	ago/05	88,07	20	7,64	1,21	0,016	0,60	1,20	0,80	238,00	
	set/05	101,68	0	7,27	1,15	0,014	0,80	0,40	2,30	248,00	
	out/05	93,05	40	8,38	1,98	0,021	0,80	0,20	4,40	224,00	

Tabela 21: Parâmetros q_i relativos aos dados para confecção do IQ_A, das praias do reservatório de Ilha Solteira, durante o período de estudo

Local	Data	OD (% sat)	coliformes (CF/100ml)	pH	DBO (mg/l)	Fósforo (mg/l)	Temperatura (ΔT - °C)	Nitrogênio (mg/l)	Turbidez (NTU)	Sólidos Totais (mg/l)	
P1 - Praia Catarina	out/04	88,33	40,03	89,76	95,24	97,77	92,50	99,19	95,99	71,33	
	nov/04	88,95	100,00	89,76	98,33	96,51	92,36	94,43	93,83	86,08	
	dez/04	96,72	25,88	92,38	96,97	97,81	89,67	98,38	94,55	85,25	
	jan/05	95,65	100,00	82,59	96,48	97,56	92,01	92,90	87,38	32,00	
	fev/05	96,33	100,00	60,27	92,78	95,70	92,36	99,19	81,85	78,85	
	mar/05	95,54	40,03	78,23	96,45	93,36	92,19	99,19	85,89	65,49	
	abr/05	91,65	37,86	92,51	97,43	97,46	90,94	91,38	90,74	85,59	
	mai/05	89,02	47,21	91,84	97,15	97,81	92,01	99,19	92,72	52,26	
	jun/05	90,05	100,00	90,35	98,96	87,55	92,50	95,21	77,25	80,52	
	jul/05	93,84	100,00	92,52	92,12	94,46	91,71	96,78	97,28	74,11	
	ago/05	87,65	40,03	92,15	94,58	97,37	91,24	92,14	97,80	78,01	
	set/05	96,47	26,87	91,02	88,63	93,74	91,52	99,19	59,60	64,65	
	out/05	98,98	49,66	92,52	85,50	95,70	92,01	97,58	48,38	73,28	
	P2 - Praia Marina	out/04	88,33	100,00	89,37	98,04	97,37	92,01	97,58	96,76	67,43
		nov/04	89,18	100,00	92,19	98,05	87,55	91,77	98,30	86,00	85,97
dez/04		97,23	100,00	90,78	94,99	97,59	91,24	90,84	96,05	85,44	
jan/05		97,36	40,03	78,53	91,97	95,97	91,99	99,19	92,21	32,00	
fev/05		96,88	100,00	65,89	88,27	97,34	91,71	98,38	80,41	85,12	
mar/05		99,23	100,00	80,04	90,95	96,86	87,58	99,19	78,37	32,00	
abr/05		94,81	31,54	92,38	94,98	97,73	91,71	96,78	90,02	85,21	
mai/05		95,69	35,53	91,99	98,81	97,49	92,50	99,19	92,11	32,00	
jun/05		97,38	57,71	92,52	97,12	97,72	92,50	98,38	92,50	56,86	
jul/05		90,56	100,00	92,50	84,27	97,77	92,19	98,38	96,51	69,38	
ago/05		91,66	40,03	92,49	94,74	96,51	92,50	92,14	98,32	73,00	
set/05		98,78	100,00	91,31	91,61	97,23	91,99	97,58	95,23	66,04	
out/05		93,98	100,00	92,23	85,79	97,34	89,88	94,43	91,53	71,05	
P2 - Recanto das Águas		out/04	89,82	100,00	91,37	96,58	97,37	90,26	95,21	96,51	55,74
		nov/04	92,72	100,00	88,77	96,57	97,56	91,00	95,21	97,23	86,04
	dez/04	98,76	100,00	91,37	96,34	97,08	92,19	96,78	96,48	85,54	
	jan/05	96,81	100,00	88,77	97,12	91,20	92,27	97,58	87,42	86,05	
	fev/05	93,90	100,00	89,96	90,61	97,72	92,19	98,38	81,45	81,94	
	mar/05	98,10	100,00	80,62	90,59	97,03	83,73	96,78	59,01	37,93	
	abr/05	94,81	100,00	78,23	96,45	97,77	91,37	95,99	91,22	85,49	
	mai/05	94,52	57,71	86,37	99,13	97,77	92,19	99,19	92,77	39,60	
	jun/05	97,38	27,15	92,45	93,12	97,19	92,50	98,38	95,28	66,18	
	jul/05	90,56	57,71	90,50	91,79	97,65	92,36	98,78	93,48	73,56	
	ago/05	91,66	57,71	91,57	90,28	97,59	90,59	90,64	98,06	68,55	
	set/05	98,78	100,00	92,49	90,78	97,77	89,67	96,78	94,23	67,16	
	out/05	95,17	49,66	81,92	84,11	97,08	89,67	98,38	89,15	70,50	

ANEXO C

MEMÓRIA DE CÁLCULO- IQA

A seguir serão apresentadas as equações para cálculo do IQA, que foram baseadas nas curvas originais, por aproximações pelo método dos mínimos quadrados e teoria dos erros, descrito em CETESB (1977).

OXIGÊNIO DISSOLVIDO

$$OD = \left\{ 14,62 - (0,3898 \cdot T) + \left[0,006969 \cdot (T^2) - 0,00005896 \cdot (T^3) \right] \cdot (1 - 0,00002286775 \cdot H)^{5,167} \right\}$$

onde :

OD = Equação Geral para Cálculo de Oxigênio Dissolvido considerando a temperatura e a altitude;

T = temperatura

H = altitude

$$ODT = \frac{O \cdot 100}{OD}$$

onde:

O = valor medido de OD em mg/l de O₂;

OD = equação geral para OD considerando temperatura e altitude

ODT = equação geral para cálculo de OD envolvendo temperatura, altitude e valor medido de OD em mg/l de O₂

a) Quando o valor de OD saturado% ≤ 50

$$q_1 = (0,34 \cdot ODT) + \left[0,008095 \cdot (ODT^2) \right] + \left[1,35252 \cdot 0,00001 \cdot (ODT^3) \right] + 3$$

onde :

q₁ = subíndice para oxigênio dissolvido

b) Quando $50 < OD \text{ Saturado } \% \leq 85$

$$q_1 = (-1,166 \cdot ODT) + \left[0,058 \cdot (ODT^2) \right] - \left[3,803435 \cdot 0,00001 \cdot (ODT^3) \right] + 3$$

c) Quando $85 < OD \text{ Saturado } \% \leq 100$

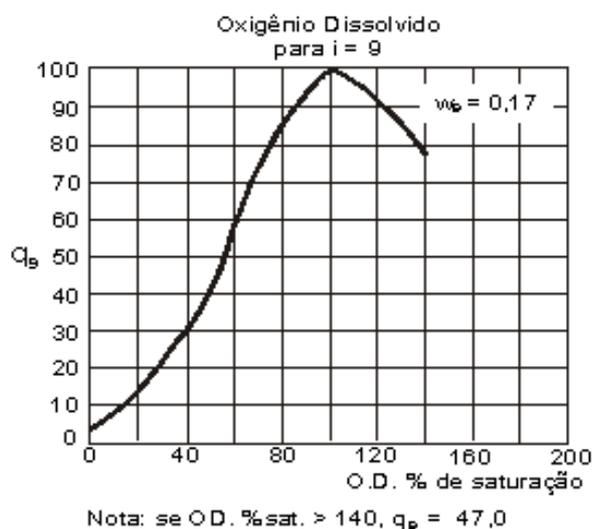


Figura 53: Curva do parâmetro Oxigênio Dissolvido, para cálculo do IQA-NSF.

$$q_1 = 3,7745 \cdot (\text{ODT}^{0,704889}) + 3$$

d) Quando $100 < \text{OD Saturado } \% \leq 140$

$$q_1 = (2,9 \cdot \text{ODT}) - [0,02496 \cdot (\text{ODT}^2)] + [5,60919 \cdot 0,00001 \cdot (\text{ODT}^3)] + 3$$

e) Quando $\text{OD Saturado } \% > 140$

$$q_1 = 47 + 3$$

$$\text{Subíndice} = q_1^{0,17}$$

TEMPERATURA

O gráfico mostrado a seguir contém, no eixo das abscissas, não a temperatura da amostra no momento da coleta, mas sim o desvio em relação a temperatura de equilíbrio do corpo d'água em questão. Como os pontos de coleta analisados não sofrem despejos de poluentes, ou descargas próximas, a temperatura de equilíbrio é a mesma da verificada na coleta, mas para efeito da quantificação exata da variável, a variação foi tomada como parâmetro entre os pontos de coleta, ou seja, os desvios de temperatura entre eles, e que apesar da proximidade sofrem pequenos desvios. A variável ΔT é a diferença de temperatura entre dois pontos.

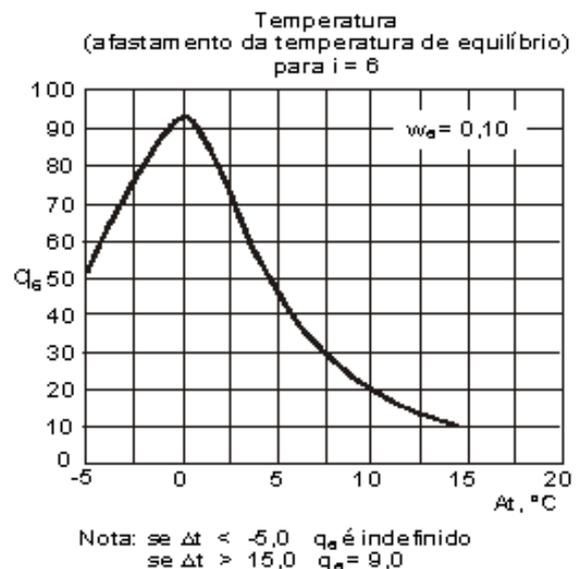


Figura 54: Curva do parâmetro Variação de Temperatura, para cálculo do IQA-NSF.

a) quando $\Delta T < -5,0$

$$q_2 = 30,0$$

b) quando $-5,0 < \Delta T \leq 0,0$

$$q_2 = 92,5 + 1,3 \cdot (\Delta T) - 1,32 \cdot (\Delta T)^2$$

c) quando $0,0 < \Delta T \leq 3,0$

$$q_2 = 92,5 - 2,1 \cdot (\Delta T) - 1,8 \cdot (\Delta T)^2$$

d) quando $3,0 < \Delta T \leq 5,0$

$$q_2 = 233,17 \cdot (\Delta T)^{-1,09576}$$

e) quando $5,0 < \Delta T \leq 15$

$$q_2 = 75,27 - 8,398 \cdot (\Delta T) + 0,2654555 \cdot (\Delta T)^2$$

f) quando $\Delta T > 15,0$

$$q_2 = 9,0$$

$$\text{Subíndice} = q_2^{0,10}$$

COLIFORMES FECAIS

Se $COL = 0$,

$$q_3 = 100 \quad (3.1)$$

onde :

COL = coliforme medido em NMP/100mL

a) Quando $COL > 0 \rightarrow COLI10 > 0$

$$PAR = \frac{\log COL}{\log 10}$$

(3.2)

onde

PAR = parâmetro que serve para calcular o subíndice q_3 para coliforme com frações decimais de 101 a 105.

b) Quando $PAR \leq 1 \rightarrow COLI10 \leq 1$

$$q_3 = 100 - (33 - PAR)$$

c) Quando $PAR > 1 \rightarrow COLI10 > 1$ ou $PAR \leq 5 \rightarrow COLI10 \leq 5$

$$q_3 = 100 - (37,2 \cdot PAR) + [3,60743 \cdot (PAR^2)]$$

d) Quando $PAR > 5 \rightarrow COLI10 > 5$

$$q_3 = 3$$

$$\text{Subíndice} = q_3^{0,15}$$

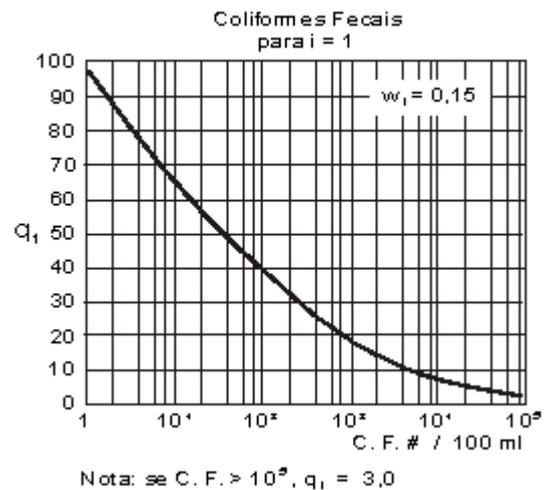


Figura 55: Curva do parâmetro Coliformes Fecais, para cálculo do IQA-NSF.

pH

a) Quando $\text{pH} \leq 2$

$$q_4 = 2$$

onde:

pH = medida de pH em unidades de pH

b) Quando $2 < \text{pH} \leq 4$

$$q_4 = 13,6 - (10,6 \cdot \text{pH}) + [2,4364 \cdot (\text{pH}^2)]$$

c) Quando $4 < \text{pH} \leq 6,2$

$$q_4 = 155,5 - (77,36 \cdot \text{pH}) + [10,2481 \cdot (\text{pH}^2)]$$

d) Quando $6,2 < \text{pH} \leq 7$

$$q_4 = -657,2 + (197,38 \cdot \text{pH}) - [12,9167 \cdot (\text{pH}^2)]$$

e) Quando $7 < \text{pH} \leq 8$

$$q_4 = -427,8 + (142,05 \cdot \text{pH}) - [9,695 \cdot (\text{pH}^2)]$$

f) Quando $8 < \text{pH} \leq 8,5$

$$q_4 = 216 - (16 \cdot \text{pH})$$

g) Quando $8,5 < \text{pH} \leq 9$

$$q_4 = 1415823 \cdot e^{(-1,1507 \cdot \text{pH})}$$

h) Quando $9 < \text{pH} \leq 10$

$$q_4 = 228 - (27 \cdot \text{pH})$$

i) Quando $10 < \text{pH} \leq 12$

$$q_4 = 633 - (106,5 \cdot \text{pH}) + [4,5 \cdot (\text{pH}^2)]$$

j) Quando $\text{pH} > 12$

$$q_4 = 3$$

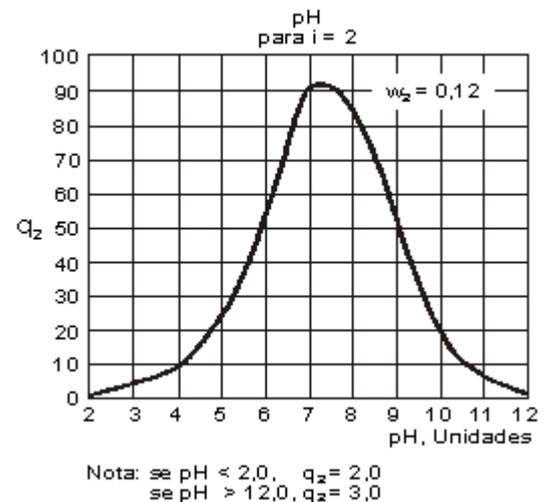


Figura 56: Curva do parâmetro pH, para cálculo do IQA-NSF.

$$\text{Subíndice} = q_4^{0,12}$$

DBO

a) Quando $\text{DBO} \leq 5$

$$q_5 = 99,96 \cdot (2,71828^{-0,1232728} \cdot \text{DBO})$$

onde:

DBO = medida de DBO em mg/L de O₂

b) Quando $5 < \text{DBO} \leq 15$

$$q_5 = 104,67 - (31,5463 \cdot \log \text{DBO})$$

(5.2)

c) Quando $15 < \text{DBO} \leq 30$

$$q_5 = 4394,91 \cdot (\text{DBO}^{-1,99809})$$

d) Quando $\text{DBO} > 30$

$$q_5 = 2$$

$$\text{Subíndice} = q_5^{0,10}$$

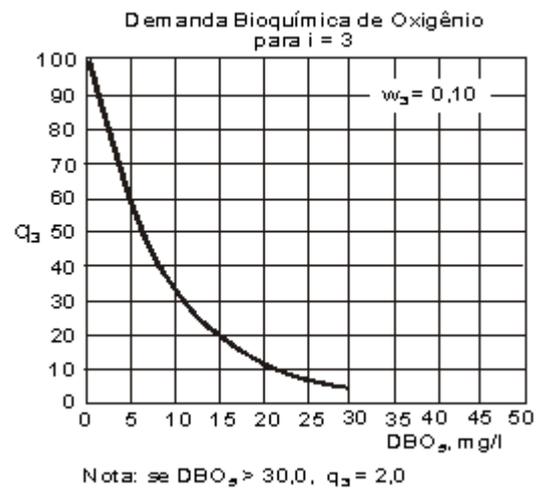


Figura 57: Curva do parâmetro DBO, para cálculo do IQA-NSF.

NITROGÊNIO TOTAL

a) Quando $N \leq 10$

onde:

$N = N \text{ Total}$

$$q_6 = 100 - (8,169 \cdot N) + [0,3059 \cdot (N^2)]$$

b) Quando $10 < N \leq 60$

$$q_6 = 101,9 - (23,1023 \cdot \log N)$$

(6.2)

c) Quando $60 < N \leq 100$

$$q_6 = 159,3148 \cdot 2,7828^{-0,0512842 \cdot N}$$

d) Quando $N \geq 100$

$$q_6 = 1$$

$$\text{Subíndice} = q_6^{0,10}$$

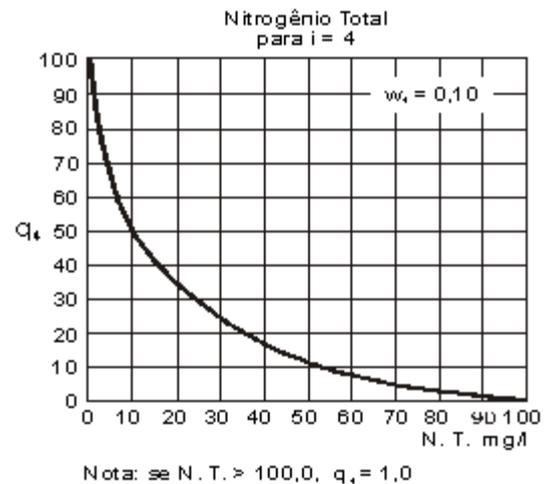


Figura 58: Curva do parâmetro Nitrogênio, para cálculo do IQA-NSF.

FOSFATO TOTAL

a) Conversão de fósforo total para fosfato

$$PO_4 = P_T \cdot 3,066 \quad (7.1)$$

onde:

$PO_4 = \text{Fosfato}$

$P_T = \text{valor de fósforo total em mg/L}$

$3,066 = \text{fator de conversão de fósforo para fosfato}$

b) Quando $PO_4 \leq 1$

$$q_7 = 99 \cdot (e^{-0,91629 \cdot PO_4}) \quad (7.2)$$

c) Quando $1 < PO_4 \leq 5$

$$q_7 = 57,6 - (20,178 \cdot PO_4) + [2,1326 \cdot (PO_4^2)]$$

d) Quando $5 < PO_4 \leq 10$

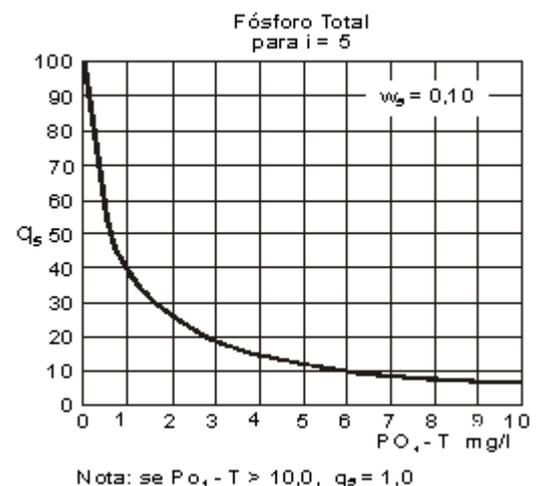


Figura 59: Curva do parâmetro Fósforo Total, para cálculo do IQA-NSF.

$$q_7 = 19,8 \cdot (e^{-0,13544 \cdot PO_4})$$

e) Quando $PO_4 > 10$

$$q_7 = 5$$

$$\text{Subíndice} = q_7^{0,10}$$

TURBIDEZ

a) Quando $TB \leq 25$

onde:

TB = medida da turbidez em UFT

$$q_8 = 100,17 - (2,67 \cdot TB) + [0,03775 \cdot (TB^2)] \quad (8.1)$$

b) Quando $25 < TB \leq 100$

$$q_8 = 84,76 \cdot (2,71828^{-0,016206 \cdot TB}) \quad (8.2)$$

c) Quando $TB > 100$

$$q_8 = 5$$

$$\text{Subíndice} = q_8^{0,08}$$

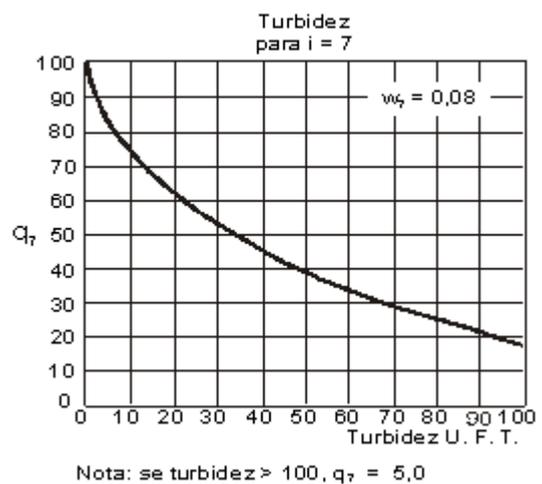


Figura 60: Curva do parâmetro Turbidez, para cálculo do IQA-NSF.

RESÍDUO TOTAL

a) Quando $RT \leq 150$

onde:

RT = medida do resíduo total em mg/L

$$q_9 = 79,75 + (0,166 \cdot RT) - [0,001088(RT^2)] \quad (9.1)$$

b) Quando $150 < RT \leq 500$

$$q_9 = 101,67 - (0,13917 \cdot RT) \quad (9.2)$$

c) Quando $RT > 500$

$$q_9 = 32$$

$$\text{Subíndice} = q_9^{0,08}$$

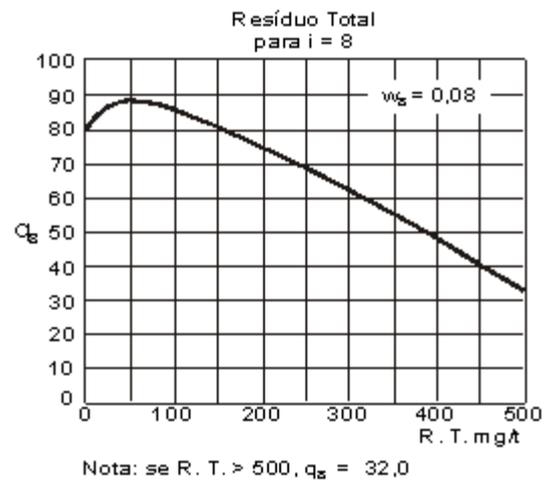


Figura 61: Curva do parâmetro Resíduo Total, para cálculo do IQA-NSF.

CÁLCULO DO IQA

$$IQA = q_1^{0,17} \cdot q_2^{0,10} \cdot q_3^{0,15} \cdot q_4^{0,12} \cdot q_5^{0,10} \cdot q_6^{0,10} \cdot q_7^{0,10} \cdot q_8^{0,08} \cdot q_9^{0,08}$$

ANEXO D

Tabela 22: Dados de toxicidade para as praias do reservatório de Ilha Solteira, durante o período amostrado.

Data	Variáveis Iniciais da água de cultivo			Amostras	Nº de organismos imóveis			Imobilidade		Variáveis finais			Toxicidade CL (50)
	pH	cond.	dureza		R1	R2	R3	total	%	pH	cond.	dureza	
dez/04				Controle	0	0	0	0	0,0%	7,27	150,8	44	S.I.T
		146	46	P1	0	0	0	0	0,0%	6,92	129,0	44	S.I.T
				P2	1	0	1	2	13,3%	7,16	146,4	52	C.I.T.
jan/05				P3	0	0	1	1	6,7%	7,13	146,7	72	S.I.T
				Controle	0	0	0	0	0,0%	7,27	150,8	44	S.I.T
		146	45	P1	0	0	0	0	0,0%	6,92	129,0	44	S.I.T
fev/05				P2	1	0	1	2	13,3%	7,16	146,4	52	C.I.T.
		144	40	P3	0	0	1	1	6,7%	7,13	146,7	72	S.I.T
				Controle	0	0	0	0	0,0%	7,27	150,8	44	S.I.T
mar/05				P1	0	0	0	0	0,0%	6,92	129,0	44	S.I.T
		140	45	P2	1	0	1	2	13,3%	7,16	146,4	52	C.I.T.
				P3	0	0	1	1	6,7%	7,13	146,7	72	S.I.T
abr/05				Controle	0	0	0	0	0,0%	7,27	150,8	44	S.I.T
		146	46	P1	1	0	0	1	6,7%	7,24	139,7	22	S.I.T
				P2	0	0	2	2	13,3%	7,20	140,7	44	C.I.T.
mai/05				P3	1	1	0	2	13,3%	7,14	131,3	46	C.I.T.
		146	46	Controle	0	0	0	0	0,0%	7,27	150,8	44	S.I.T
				P1	0	0	2	2	13,3%	7,10	138,9	44	C.I.T.
			P2	0	1	1	2	13,3%	7,09	140,2	52	C.I.T.	
			P3	0	1	0	1	6,7%	7,15	133,7	44	S.I.T	
			Controle	0	0	0	0	0,0%	7,27	150,8	44	S.I.T	
	7,28	146	46	P1	0	0	0	0	0,0%	7,24	136,8	44	S.I.T
			P2	0	1	0	1	6,7%	7,28	141,3	46	S.I.T	
			P3	1	0	0	1	6,7%	7,10	135,2	50	S.I.T	

Tabela 22: Continuação

Data	Variáveis Iniciais da água de cultivo			Amostras	Nº de organismos imóveis			Imobilidade		Variáveis finais			Toxicidade CL(50)
	pH	cond.	dureza		R1	R2	R3	total	%	pH	cond.	dureza	
jun/05				Controle	0	0	0	0	0,0%	7,00	187,0	44	S.I.T
		149,7	42	P1	2	2	1	5	33,3%	6,82	121,0	44	C.I.T.
				P2	0	1	0	1	6,7%	6,97	137,7	50	S.I.T
				P3	0	0	1	1	6,7%	6,78	114,7	52	S.I.T
jul/05				Controle	0	0	1	1	6,7%	7,00	187,0	44	S.I.T
		149,7	42	P1	0	0	0	0	0,0%	6,89	113,6	40	S.I.T
				P2	0	0	0	0	0,0%	6,90	121,1	52	S.I.T
				P3	0	1	1	2	13,3%	6,87	102,4	52	C.I.T.
ago/05				Controle	0	0	0	0	0,0%	7,22	135,2	44	S.I.T
		140	42	P1	0	2	0	2	13,3%	7,28	140,2	40	C.I.T.
				P2	0	0	2	2	13,3%	7,12	136,5	41	C.I.T.
				P3	1	0	0	1	6,7%	7,11	144,0	46	S.I.T
set/05				Controle	0	0	0	0	0,0%	6,88	140,2	42	S.I.T
		140	42	P1	0	0	0	0	0,0%	6,90	151,1	44	S.I.T
				P2	1	0	0	1	6,7%	6,95	144,8	50	S.I.T
				P3	0	2	0	2	13,3%	6,94	149,0	46	C.I.T.
out/05				Controle	0	0	0	0	0,0%	7,10	145,0	46	S.I.T
		140	42	P1	0	1	3	4	26,7%	7,00	145,0	42	C.I.T.
				P2	1	0	0	1	6,7%	6,88	144,7	40	S.I.T
				P3	0	0	0	0	0,0%	7,22	146,5	44	S.I.T

Tabela 23: Fração granulométrica das praias do reservatório de Ilha Solteira durante o período amostrado.

Praia Catarina - P1		nov/04	dez/04	jan/05	fev/05	mar/05	abr/05	mai/05	jun/05	jul/05	ago/05	set/05	out/05
Grossa		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Média		40,1	54,8	30,5	5,4	15,1	0,0	27,0	36,1	27,8	9,5	5,8	5,7
Fina		53,9	44,2	68,0	49,0	72,6	95,0	71,3	59,7	68,4	71,2	39,0	41,3
Silte	-	5,0	1,0	1,5	16,0	4,3	5,0	1,7	3,0	3,4	10,0	10,2	11,2
Argila	-	1,2	0,0	0,0	29,6	8,0	0,0	0,0	1,2	0,4	9,3	45,0	41,8
Praia Marina - P2		nov/04	dez/04	jan/05	fev/05	mar/05	abr/05	mai/05	jun/05	jul/05	ago/05	set/05	out/05
Grossa		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Média		26,4	16,3	43,3	32,5	41,2	27,2	45,7	30,1	19,6	27,7	42,5	81,3
Fina		70,1	83,1	36,7	51,1	50,6	59,9	45,8	64,3	73,7	55,3	25,3	18,7
Silte	-	2,0	0,0	13,7	8,1	5,8	6,1	5,4	3,8	3,4	7,1	16,1	0,0
Argila	-	1,5	0,6	7,3	8,3	2,4	6,8	3,1	1,8	3,3	9,9	16,1	0,0
Recanto das águas - P3		nov/04	dez/04	jan/05	fev/05	mar/05	abr/05	mai/05	jun/05	jul/05	ago/05	set/05	out/05
Grossa		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Média		20,0	25,0	35,6	20,3	31,6	38,7	28,1	23,7	23,2	15,8	33,9	38,6
Fina		70,9	59,7	53,0	26,1	26,7	55,9	47,9	33,8	40,5	42,0	34,0	48,4
Silte	-	4,1	3,6	8,3	16,6	19,7	2,3	15,1	21,3	18,8	16,2	12,6	8,9
Argila	-	5,0	11,7	3,1	37,0	22,0	3,1	8,9	21,2	17,5	26,0	19,5	4,1

Fração	Intervalo de Diâmetros - mm		Peneiras
	Pedregulho	4,8 < ϕ < 76	
		Fino: 4,8 < ϕ < 19	
Areia	0,05 < ϕ < 4,8	Grossa: 2,0 < ϕ < 4,8	#10 #4
		Média: 0,42 < ϕ < 2,0	#40 #10
		Fina: 0,05 < ϕ < 0,42	#270 #40
Silte	0,005 < ϕ < 0,05	-	-
Argila	ϕ < 0,005	-	-

Obs: Valores dados em porcentagem.
