Juliana Moccellin

A MICROBACIA DO RIO JACUPIRANGUINHA COMO
UNIDADE DE ESTUDO PARA A SUSTENTABILIDADE DOS
RECURSOS HÍDRICOS NO BAIXO RIBEIRA DE IGUAPE – SP.

Dissertação apresentada à Escola de
Engenharia de São Carlos da
Universidade de São Paulo como
parte dos requisitos para a obtenção
do título de Mestre em Hidráulica e
Saneamento.

ORIENTADORA: Prof^a. Titular Maria do Carmo Calijuri

SÃO CARLOS – SP

2006

Dedico este trabalho ao meu
maior incentivador e exemplo
de vida profissional, meu pai.

Agradecimentos

À Professora Titular Maria do Carmo Calijuri por orientar este trabalho com dedicação e excelente profissionalismo e pela amizade construída nesses anos de convívio.

À CAPES, pela Bolsa de Estudos fornecida e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, processo 02/13449-1, pelo auxílio financeiro aos trabalhos de campo.

À Anna Paola Michelano Bubel e ao Mário Donizete Domingos pelas críticas e sugestões que muito colaboraram para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus amigos do laboratório Biotace (SHS/EESC/USP) – Adriana, André, Luci, Patrícia e Roseli por todo ensinamento e ajuda que vocês me proporcionaram, além, é claro, da amizade de vocês.

Um agradecimento especial à Luci Aparecida Queiroz, técnica do laboratório Biotace, por sua dedicação e paciência essenciais nos trabalhos de laboratório e campo.

Aos técnicos José Roberto Maramarque (Betão) e Waldomiro Antônio Filho (Miro) e ao motorista Sr. Benedito Patracon (S. Benezinho), pela ajuda e dedicação nos trabalhos de campo. A alegria de vocês tornou o fardo muito mais leve e divertido.

Ao Sr. Osvaldo Beltrame Filho da Sabesp de Registro, pela ajuda e apoio concedidos nos trabalhos de campo.

Ao Sr. Hélio e toda sua família por nos receberem tão bem e permitirem a montagem do nosso laboratório de campo em seu sítio.

Aos alunos de Universidade Santo Amaro (UNISA) Antônio Fernando de Lima Vieira, César Bisson, Ive Ciola Ferraz, Marina Pereira Claro e Mário de Felici Vernini Freitas, e ao aluno da graduação em Engenharia Ambiental da EESC, Davi Gasparini Fernandes Cunha pela ajuda em algumas análises e nos trabalhos de campo.

À Adriana Poli Miwa, pelos puxões de orelha, por ouvir meus desabafos, me dar conselhos nos momentos de indecisão e, principalmente, pelo companheirismo e preciosa amizade.

Ao meu amado Seiji, pelo constante incentivo pessoal e profissional e por acreditar em mim, sempre.

Por último e em primeiro lugar à minha família, meu pai João Vitor, minha mãe Vânia e meus irmãos Fernando e Ana Silvia pela força de sempre. Nem preciso dizer o quanto eu os amo.

O erro é a forma mais inteligente que encontraram os homens para revelarem suas almas. Não se vive das vitórias. O sabor da vida está na conquista que só a superação dos erros pode proporcionar.

Janaína Dalla Porta

Sumário

Lista de figuras.....	i
Lista de tabelas.....	vii
Resumo.....	ix
Abstract.....	x
1 Introdução	1
2 Objetivos	3
3 Revisão da literatura.....	4
4 Materiais e Métodos.....	12
4.1 Área de estudo – Bacia Hidrográfica do Ribeira de Iguape.....	12
4.1.1 Aspectos geológicos e geomorfológicos.....	12
4.1.2 Aspectos Políticos	14
4.1.3 Aspectos sócio – econômicos	17
4.2 Microbacia do Rio Jacupiranguinha.....	17
4.3 Amostragem	18
4.4 Variáveis climatológicas	19
4.5 Variáveis hidrológicas.....	23
4.5.1 Vazão e Velocidade de escoamento.....	23
4.5.2 Profundidade do rio.....	23
4.6 Variáveis físicas e químicas da água.....	24
4.7 Coliformes.....	24
4.8 Variáveis físicas e químicas do sedimento.....	24
4.8.1 Fósforo total do sedimento.....	25
4.8.2 Nitrogênio orgânico total do sedimento.....	25
4.8.3 Matéria Orgânica.....	25
4.8.4 Granulometria	26
4.9 Comunidade bentônica.....	26
4.9.1 Análise qualitativa.....	26
4.9.2 Análise quantitativa.....	26
4.10 Análise numérica.....	27
5 Resultados	28
5.1 Variáveis climatológicas	28
5.2 Variáveis hidrológicas.....	31
5.3 Variáveis físicas e químicas da água.....	36
5.3.1 Temperatura da água.....	36
5.3.2 pH.....	39
5.3.3 Condutividade elétrica	41
5.3.4 Alcalinidade	42
5.3.5 Oxigênio dissolvido	45
5.3.6 Sólidos suspensos inorgânicos e orgânicos.....	50
5.3.7 Demanda Química de Oxigênio.....	55

5.3.8	Nutrientes totais na água	58
5.3.9	Nutrientes dissolvidos na água.....	65
5.4	Análise numérica.....	74
5.5	Nitrogênio total do sedimento	76
5.6	Fósforo total do sedimento.....	77
5.7	Matéria orgânica do sedimento	78
5.8	Granulometria do sedimento	78
5.9	Variáveis bióticas	81
5.9.1	Colimetria.....	81
5.9.2	Comunidade bentônica.....	82
6	Discussão	94
6.1	Variáveis abióticas	94
6.2	Sedimento.....	106
6.3	Variáveis bióticas	109
6.3.1	Coliformes.....	109
6.3.2	Comunidade bentônica.....	110
7	Conclusões	117
8	Recomendações.....	119
9	Referências bibliográficas	120

Lista de figuras

Figura 1: Mapa geológico do Baixo Ribeira de Iguape – SP (microbacias hidrográficas: rio Jacupiranga, rio Jacupiranguinha e rio Pariquera-Açu).	13
Figura 2: Mapa pedológico do Baixo Ribeira de Iguape - SP (microbacias hidrográficas: rio Jacupiranga, rio Jacupiranguinha e rio Pariquera-Açu).	15
Figura 3: Mapa de hidrografia do Baixo Ribeira de Iguape - SP (microbacias hidrográficas: rio Jacupiranga, rio Jacupiranguinha e rio Pariquera-Açu).	16
Figura 5: Mapa da localização dos pontos de coleta no rio Jacupiranguinha.	20
Figura 8: Altura de chuva diária (mm) do município de Jacupiranga em janeiro de 2005. As barras hachuradas correspondem ao período de coleta (26 a 28/01/2005). Fonte: DAEE, 2005.	28
Figura 9: Altura de chuva diária (mm) do município de Jacupiranga em abril de 2005. As barras hachuradas correspondem ao período de coleta (04 a 06/04/2005). Fonte: DAEE, 2005.	29
Figura 10: Altura de chuva diária (mm) do município de Jacupiranga em julho de 2005. Não houve precipitação no período de coleta (11 a 13/07/2005). Fonte: DAEE, 2005.	29
Figura 11: Altura de chuva diária (mm) do município de Jacupiranga em setembro de 2005. As barras hachuradas correspondem ao período de coleta (26 a 28/09/2005). Fonte: DAEE, 2005.	30
Figura 12: Valores médios semanais da temperatura do ar no município de Cajati nos meses de janeiro, abril, julho e setembro. As barras hachuradas correspondem às semanas as quais foram realizadas as coletas para cada período. Fonte: CIIAGRO, 2005.	31
Figura 13: Velocidades médias de escoamento (m.s^{-1}) nos três pontos amostrados, nos quatro períodos estudados, no rio Jacupiranguinha.	32
Figura 14: Vazões médias ($\text{m}^3.\text{s}^{-1}$) nos três pontos amostrados, nos quatro períodos estudados, no rio Jacupiranguinha.	32
Figura 15: Variação longitudinal da velocidade de escoamento (m.s^{-1}) em três pontos do eixo longitudinal do rio Jacupiranguinha, no período de 04 a 06 de abril de 2005.	33
Figura 16: Variação longitudinal da vazão ($\text{m}^3.\text{s}^{-1}$) em três pontos do eixo longitudinal do rio Jacupiranguinha, no período de 04 a 06 de abril de 2005.	33

Figura 17: Variação longitudinal da velocidade de escoamento (m.s^{-1}) em três pontos do eixo longitudinal do rio Jacupiranguinha, no período de 11 a 13 de julho de 2005. ..	34
Figura 18: Variação longitudinal da vazão ($\text{m}^3.\text{s}^{-1}$) em três pontos do eixo longitudinal do rio Jacupiranguinha, no período de 11 a 13 de julho de 2005.....	34
Figura 19: Variação longitudinal da velocidade de escoamento (m.s^{-1}) em três pontos do eixo longitudinal do rio Jacupiranguinha, no período de 26 a 28 de setembro de 2005.	35
Figura 20: Variação longitudinal da vazão ($\text{m}^3.\text{s}^{-1}$) em três pontos do eixo longitudinal do rio Jacupiranguinha, no período de 26 a 28 de setembro de 2005.	35
Figura 21: Temperaturas médias da água ($^{\circ}\text{C}$) dos três dias de coleta, nos quatro períodos estudados, no rio Jacupiranguinha.	36
Figura 22: Variação da temperatura da água ($^{\circ}\text{C}$) no rio Jacupiranguinha, no período de 26 a 28 de janeiro de 2005.	37
Figura 23: Variação da temperatura da água ($^{\circ}\text{C}$) no rio Jacupiranguinha, no período de 04 a 06 de abril de 2005.	37
Figura 24: Variação da temperatura da água ($^{\circ}\text{C}$) no rio Jacupiranguinha, no período de 11 a 13 de julho de 2005.	38
Figura 25: Variação da temperatura da água ($^{\circ}\text{C}$) no rio Jacupiranguinha, no período de 26 a 28 de setembro de 2005.....	38
Figura 26: Valores médios de pH dos três dias de coleta, nos quatro períodos de estudo, do rio Jacupiranguinha.	39
Figura 27: Variação de pH no rio Jacupiranguinha no período de 26 a 28 de janeiro de 2005.....	39
Figura 28: Variação de pH no rio Jacupiranguinha, no período de 04 a 06 de abril de 2005.	40
Figura 29: Variação de pH no rio Jacupiranguinha, no período de 11 a 13 de julho de 2005.	40
Figura 30: Variação de pH no rio Jacupiranguinha, no período de 26 a 28 de setembro de 2005.....	41
Figura 31: Alcalinidades médias (meq.L^{-1}) dos três dias de coleta, nos quatro períodos estudados, no rio Jacupiranguinha.	43

Figura 32: Variação da alcalinidade (meq.L^{-1}) no rio Jacupiranguinha, no período de 26 a 28 de janeiro de 2005	43
Figura 33: Variação da alcalinidade (meq.L^{-1}) no rio Jacupiranguinha, no período de 04 a 06 de abril de 2005.....	44
Figura 34: Variação da alcalinidade (meq.L^{-1}) no rio Jacupiranguinha, no período de 11 a 13 de julho de 2005.....	44
Figura 35: Variação da alcalinidade (meq.L^{-1}) no rio Jacupiranguinha, no período de 26 a 28 de setembro de 2005.....	45
Figura 36: Concentrações e porcentagens médias de saturação de oxigênio dissolvido dos três dias de coleta, nos quatro períodos estudados, no rio Jacupiranguinha.	46
Figura 37: Concentrações e porcentagens de saturação de oxigênio dissolvido no rio Jacupiranguinha, no período de 26 a 28 de janeiro de 2005	47
Figura 38: Concentrações e porcentagens de saturação de oxigênio dissolvido no rio Jacupiranguinha, no período de 04 a 06 de abril de 2005.....	48
Figura 39: Concentrações e porcentagens de saturação de oxigênio dissolvido rio Jacupiranguinha, no período de 11 a 13 de julho de 2005.....	49
Figura 40: Concentrações e porcentagens de saturação de oxigênio dissolvido rio Jacupiranguinha, no período de 26 a 28 de setembro de 2005.....	50
Figura 41: Concentrações médias de sólidos suspensos inorgânicos (mg.L^{-1}) dos três dias de coleta, nos quatro períodos estudados, no rio Jacupiranguinha.	51
Figura 42: Concentrações médias de sólidos suspensos orgânicos (mg.L^{-1}) dos três dias de coleta, nos quatro períodos estudados, no rio Jacupiranguinha.	51
Figura 43: Variação diária das concentrações de sólidos suspensos inorgânicos (mg.L^{-1}) no rio Jacupiranguinha, no período de 26 a 28 de janeiro de 2005.....	52
Figura 44: Variação diária das concentrações de sólidos suspensos orgânicos (mg.L^{-1}) no rio Jacupiranguinha, no período de 26 a 28 de janeiro de 2005.....	52
Figura 45: Variação diária das concentrações de sólidos suspensos inorgânicos (mg.L^{-1}) no rio Jacupiranguinha, no período de 04 a 06 de abril de 2005.	53
Figura 46: Variação diária das concentrações de sólidos suspensos orgânicos (mg.L^{-1}) no rio Jacupiranguinha, no período de 04 a 06 de abril de 2005.	53

Figura 47: Variação diária das concentrações de sólidos suspensos inorgânicos (mg.L^{-1}) no rio Jacupiranguinha, no período de 11 a 13 de julho de 2005.....	54
Figura 48: Variação diária das concentrações de sólidos suspensos orgânicos (mg.L^{-1}) no rio Jacupiranguinha, no período de 11 a 13 de julho de 2005.....	54
Figura 49: Variação diária das concentrações de sólidos suspensos inorgânicos (mg.L^{-1}) no rio Jacupiranguinha, no período de 26 a 28 de setembro de 2005.	55
Figura 50: Variação diária das concentrações de sólidos suspensos orgânicos (mg.L^{-1}) no rio Jacupiranguinha, no período de 26 a 28 de setembro de 2005.	55
Figura 51: Valores médios da Demanda Química do Oxigênio (mg.L^{-1}) dos três dias de coleta, nos quatro períodos estudados, no rio Jacupiranguinha.	56
Figura 52: Variação diária da Demanda Química de Oxigênio (mg.L^{-1}) no rio Jacupiranguinha, no período de 26 a 28 de janeiro de 2005.	56
Figura 53: Variação diária da Demanda Química de Oxigênio (mg.L^{-1}) no rio Jacupiranguinha, no período de 04 a 06 de abril de 2005.	57
Figura 54: Variação diária da Demanda Química de Oxigênio (mg.L^{-1}) no rio Jacupiranguinha, no período de 11 a 13 de julho de 2005.	57
Figura 55: Variação diária da Demanda Química de Oxigênio (mg.L^{-1}) no rio Jacupiranguinha, no período de 26 a 28 de setembro de 2005.	58
Figura 56: Concentrações médias de nitrogênio total (mg.L^{-1}) dos três dias de coleta, nos quatro períodos estudados, no rio Jacupiranguinha.	59
Figura 57: Concentrações de nitrogênio total (mg.L^{-1}) no rio Jacupiranguinha, no período de 26 a 28 de janeiro de 2005.	59
Figura 58: Concentrações de nitrogênio total (mg.L^{-1}) no rio Jacupiranguinha, no período de 04 a 06 de abril de 2005.	60
Figura 59: Concentrações de nitrogênio total (mg.L^{-1}) no rio Jacupiranguinha, no período de 11 a 13 de julho de 2005.	60
Figura 60: Concentrações de nitrogênio total (mg.L^{-1}) no rio Jacupiranguinha, no período de 26 a 28 de setembro de 2005.	61
Figura 61: Concentrações médias de nitrogênio amoniacal (mg.L^{-1}) dos três dias de coleta, nos quatro períodos estudados, no rio Jacupiranguinha.	61

Figura 62: Concentrações de nitrogênio amoniacal (mg.L^{-1}) no rio Jacupiranguinha, no período de 26 a 28 de janeiro de 2005.	62
Figura 63: Concentrações de nitrogênio amoniacal (mg.L^{-1}) no rio Jacupiranguinha, no período de 04 a 06 de abril de 2005.	62
Figura 64: Concentrações de nitrogênio amoniacal (mg.L^{-1}) no rio Jacupiranguinha, no período de 11 a 13 de julho de 2005.	63
Figura 65: Concentrações de nitrogênio amoniacal (mg.L^{-1}) no rio Jacupiranguinha, no período de 26 a 28 de setembro de 2005.	63
Figura 66: Concentrações médias de nitrito ($\mu\text{g.L}^{-1}$) dos três dias de coleta, nos quatro períodos estudados, no rio Jacupiranguinha.	65
Figura 67: Concentrações de nitrito ($\mu\text{g.L}^{-1}$) no rio Jacupiranguinha, no período de 26 a 28 de janeiro de 2005.	65
Figura 68: Concentrações de nitrito ($\mu\text{g.L}^{-1}$) no rio Jacupiranguinha, no período de 04 a 06 de abril de 2005.	66
Figura 69: Concentrações de nitrito ($\mu\text{g.L}^{-1}$) no rio Jacupiranguinha, no período de 11 a 13 de julho de 2005.	66
Figura 70: Concentrações de nitrito ($\mu\text{g.L}^{-1}$) no rio Jacupiranguinha, no período de 26 a 28 de setembro de 2005.	67
Figura 71: Concentrações médias de nitrato ($\mu\text{g.L}^{-1}$) dos três dias de coleta, nos quatro períodos estudados, no rio Jacupiranguinha.	67
Figura 72: Concentrações de nitrato ($\mu\text{g.L}^{-1}$) no rio Jacupiranguinha, no período de 26 a 28 de janeiro de 2005.	68
Figura 73: Concentrações de nitrato ($\mu\text{g.L}^{-1}$) no rio Jacupiranguinha no período de 04 a 06 de abril de 2005.	68
Figura 74: Concentrações de nitrato ($\mu\text{g.L}^{-1}$) no rio Jacupiranguinha, no período de 11 a 13 de julho de 2005.	69
Figura 75: Concentrações de nitrato ($\mu\text{g.L}^{-1}$) no rio Jacupiranguinha, no período de 26 a 28 de setembro de 2005.	69
Figura 76: Valores médios da concentração de silicato reativo (mg.L^{-1}) dos três dias de coleta, nos quatro períodos estudados no rio Jacupiranguinha.	72

Figura 77: Variação das concentrações de silicato reativo (mg.L^{-1}) no rio Jacupiranguinha, no período de 04 a 06 de abril de 2005.	72
Figura 78: Variação das concentrações de silicato reativo (mg.L^{-1}) no rio Jacupiranguinha, no período de 11 a 13 de julho de 2005.	73
Figura 79: Variação das concentrações de silicato reativo (mg.L^{-1}) no rio Jacupiranguinha, no período de 26 a 28 de setembro de 2005.	73
Figura 80: Dendograma da análise de agrupamento das médias das variáveis físicas e químicas da água nos pontos do rio Jacupiranguinha, em janeiro.	74
Figura 81: Dendograma da análise de agrupamento das médias das variáveis físicas e químicas da água nos pontos do rio Jacupiranguinha, em abril.	75
Figura 82: Dendograma da análise de agrupamento das médias das variáveis físicas e químicas da água nos pontos do rio Jacupiranguinha, em julho.	75
Figura 83: Dendograma da análise de agrupamento das médias das variáveis físicas e químicas da água nos pontos do rio Jacupiranguinha, em setembro.	76
Figura 84: Variação das concentrações de nitrogênio total do sedimento (mg.g^{-1}) no rio Jacupiranguinha, nos quatro períodos estudados.	77
Figura 85: Porcentagem de matéria orgânica do sedimento do rio Jacupiranguinha nos quatro períodos estudados.	78
Figura 86: Porcentagem das frações granulométricas do sedimento do rio Jacupiranguinha, no período de 26 a 28 de janeiro de 2005.	79
Figura 87: Porcentagem das frações granulométricas do sedimento do rio Jacupiranguinha, no período de 04 a 06 de abril de 2005.	79
Figura 88: Porcentagem das frações granulométricas do sedimento do rio Jacupiranguinha, no período de 11 a 13 de julho de 2005.	80
Figura 89: Porcentagem das frações granulométricas do sedimento do rio Jacupiranguinha, no período de 26 a 28 de setembro de 2005.	81
Figura 90: Concentração de coliformes totais (NMP/100ml) do rio Jacupiranguinha nos quatro períodos amostrados.	82
Figura 91: Concentração de coliformes fecais (NMP/100ml) do rio Jacupiranguinha nos quatro períodos amostrados.	82

Lista de tabelas

Tabela 1: As sub-bacias do Rio Ribeira de Iguape, SP.....	14
Tabela 2: Relação das variáveis físicas e químicas que foram estudadas.....	24
Tabela 3: Total mensal de chuvas (mm) durante os anos de 2004 e 2005 no município de Jacupiranga. Os valores em destaque correspondem aos meses de coleta.....	28
Tabela 4: Condutividades elétricas ($\mu\text{S.cm}^{-1}$) nos quatro períodos estudados, no rio Jacupiranguinha.	41
Tabela 5: Concentrações de fósforo total (mg.L^{-1}) nos quatro períodos estudados no rio Jacupiranguinha.	64
Tabela 6: Concentrações de fosfato inorgânico (mg.L^{-1}) nos quatro períodos estudados, no rio Jacupiranguinha.	70
Tabela 7: Concentrações de fosfato total dissolvido (mg.L^{-1}) nos quatro períodos estudados no rio Jacupiranguinha.	71
Tabela 8: Variação das concentrações de fósforo total do sedimento (mg.g^{-1}) no rio Jacupiranguinha, nos quatro períodos estudados.	77
Tabela 9: Taxa identificados no estudo.....	83
Tabela 10: Número de unidades taxonômicas por ponto de coleta nos quatro períodos estudados.....	86
Tabela 11: Densidade de organismos por unidade taxonômica e total da coleta de janeiro de 2005.....	87
Tabela 12: Densidade de organismos por unidade taxonômica e total da coleta de abril de 2005.....	87
Tabela 13: Densidade de organismos por unidade taxonômica e total da coleta de julho de 2005.....	88
Tabela 14: Densidade de organismos por unidade taxonômica e total da coleta de setembro de 2005.....	88
Tabela 15: Abundância relativa por unidade taxonômica da coleta de janeiro de 2005.....	89
Tabela 16: Abundância relativa por unidade taxonômica da coleta de abril de 2005.....	89
Tabela 17: Abundância relativa por unidade taxonômica da coleta de julho de 2005.....	90
Tabela 18: Abundância relativa por unidade taxonômica da coleta de setembro de 2005..	90

Tabela 19: Abundância e dominância por unidade taxonômica da coleta de janeiro de 2005.....	91
Tabela 20: Abundância e dominância por unidade taxonômica da coleta de abril de 2005.	91
Tabela 21: Abundância e dominância por unidade taxonômica da coleta de julho de 2005.	92
Tabela 22: Abundância e dominância por unidade taxonômica da coleta de setembro de 2005.....	92
Tabela 23: Frequência de ocorrência total das unidades taxonômicas em todas as coletas.	93

Resumo

MOCCELLIN, J. (2006) A microbacia do rio Jacupiranguinha como unidade de estudo para a sustentabilidade dos recursos hídricos do Baixo Ribeira de Iguape – SP. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

Os recursos hídricos são considerados bem comum e, por isso, devem ser geridos de forma integrada; garantindo, assim, aproveitamento otimizado com mínimo de conflitos. O objetivo deste trabalho foi estudar o comportamento de variáveis limnológicas na microbacia do rio Jacupiranguinha (Município de Cajati – SP, Baixo Ribeira de Iguape), em quatro períodos hidrológicos distintos, com base nas teorias ecológicas de ecossistemas fluviais. As coletas foram realizadas em janeiro (verão), abril (outono), julho (inverno) e setembro (primavera) em onze pontos, no eixo longitudinal do rio Jacupiranguinha, com alguns abrangendo locais após lançamentos de efluentes de indústrias e esgoto doméstico, um ponto no rio Guaraú e um ponto no rio Jacupiranga. Levando-se em conta a sazonalidade a maior precipitação ocorreu em janeiro (305 mm), como era esperado, seguida pelas de setembro (266 mm), julho (119 mm) e abril (115 mm). Vazão e velocidade de escoamento tiveram relação direta com a precipitação e a vazão aumentou de montante à jusante, devido à contribuição de efluentes. A devastação da mata ciliar ocasionou incidência uniforme de radiação solar em todo o eixo longitudinal do rio Jacupiranguinha, além de facilitar a entrada de sólidos suspensos para o rio, principalmente no período chuvoso. Este rio recebe efluentes domésticos e de uma indústria de fertilizantes, que gera uma descontinuidade de fluxo de seus nutrientes da cabeceira à foz. Altos valores de condutividade, e dos compostos de fósforo a partir da entrada do efluente da indústria de fertilizantes indicam que ele muda as características do rio nos pontos à jusante deste e, por isso, é possível dividir o eixo longitudinal do rio Jacupiranguinha em duas regiões. A análise do sedimento revelou maiores concentrações de nitrogênio total no mês de setembro, provavelmente devido à entrada de carga alóctone ocasionada pelas chuvas e maiores concentrações de fósforo total foram obtidas no período seco. A comunidade bentônica apresentou variação temporal, provavelmente, devido a fatores hidráulicos, como vazão e velocidade de escoamento. O aumento da riqueza e diversidade no período de chuvas, provavelmente ocorreram em função do revolvimento do substrato que, neste período era composto por partículas mais finas. A baixa riqueza e diversidade de espécies encontradas no rio Jacupiranguinha nos demais períodos indica comprometimento da qualidade da água neste sistema

Palavras – chave: microbacia hidrográfica, sustentabilidade dos recursos hídricos, rio Jacupiranguinha, teorias ecológicas, Vale do Ribeira de Iguape.

Abstract

MOCCELLIN, J. The Jacupiranguinha river micro basin as an ecological unit for the sustainability of water resources in Low Ribeira de Iguape Valley – São Paulo, Brazil. M.Sc. Dissertation – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

Water resources are a well good, so they should be managed in an integrated form, guaranteeing their optimized use, with less conflict. The aim of this work was to study the behavior of limnological variables in the Jacupiranguinha River micro basin (Cajati City, São Paulo, Low Ribeira de Iguape Valley) in four different hydrological periods based on the conceptual structures of stream ecosystems. Samples were collected in January (summer), April (autumn), July (winter) and September (spring) in 11 points throughout the river, in points with discharge of sewage and industrial effluents, 1 point on Jacupiranga River and 1 on Guaraú River. Considering seasonality the higher precipitation occurred on January (305 mm), like it was expected, followed by that on September (266 mm), July (119 mm) and April (115 mm). Drainage speed and discharge were positively related with precipitation and there were an increase from headwaters to mouth in discharge because of the entrance of effluents. The absence of the riparian vegetation caused uniform incidence of solar radiation throughout the entire river channel; besides, it had facilitated the entrance of suspended solids (allochthonous input) during rainy season. The fertilizing industry, located in Cajati City, causes a discontinuity flow of nutrients in the river. High conductivity values and phosphorus compounds from the industry effluents change the continuum of the river and allow its section in two regions: before and after the industry effluent entrance. The sediment analysis revealed higher nitrogen concentrations on September, probably because the allochthonous input occasioned by the rain and higher phosphorous concentration was found on dry season. The benthic community presented temporal variation probably due to hydraulic factors as discharge and speed drainage. The increase of richness and diversity on rainy season is due to the suspension of organic matter cumulated on sediment. The low species richness and diversity in the other seasons on Jacupiranguinha River indicate that the water quality is not so good.

Keywords: micro basin, sustainability of water resources, Jacupiranguinha River, conceptual structures of stream ecosystems, Ribeira de Iguape Valley.

1 Introdução

O interesse pelo estudo dos recursos hídricos tem a ver com a estreita relação do ser humano com a água, seja no plano físico, como nos planos cultural e religioso. O acesso à água é condição de sobrevivência do homem. O conceito de direito de águas evoluiu à medida que evoluíram as relações sociais com o meio ambiente, principalmente na segunda metade do século XX. Com a Lei Federal número 9.433 de 8 de janeiro de 1997 (BRASIL, 1997), passou-se a falar na “gestão dos recursos hídricos” como forma de planejar e controlar o uso das águas, além de incorporar à ordem jurídica novos princípios, como o de bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão (GRANZIERA, 2003).

Além de insumo básico e essencial à vida em todas suas formas, a água representa bem de consumo para quase todas as atividades humanas. Em decorrência de sua importância, tanto em relação a seus diversos usos quanto à manutenção de sua qualidade e quantidade, os recursos hídricos são considerados bem comum, que devem ser geridos de forma integrada, garantindo, assim, aproveitamento otimizado com mínimo de conflitos (CALIJURI e BUBEL, 2006).

Para Câmara (2004), a manutenção dos processos hidrológicos é fundamental para garantir a disponibilidade deste recurso para usos múltiplos, tanto em termos quantitativos como qualitativos, tratando-se de uma questão fundamental para a gestão dos recursos hídricos.

De acordo com Calijuri e Bubel (2006), a pressão sobre os recursos hídricos torna essencial a implantação de ações de monitoramento, pesquisa e gerenciamento, possibilitando, assim, transferência contínua da base científica para a aplicação. A pesquisa científica demonstrou que ecossistemas são dinâmicos, alterando-se continuamente, principalmente sob impacto das atividades humanas. Por isso, faz-se necessário esforço concentrado das investigações para produzir projetos e desenvolver programas de manejo que garantam a sustentabilidade dos recursos naturais.

Segundo Lima (1997), a gestão dos recursos hídricos engloba, entre outras ações, caracterização ambiental, avaliação dos impactos das atividades instaladas na área de influência, investigação da capacidade de assimilação do corpo receptor, especialmente no

caso de descarga de efluentes, monitoramento ambiental e retroalimentação do processo de gestão como um todo, de forma a permitir um aperfeiçoamento do sistema adotado.

O Vale do Ribeira destaca-se por ser um dos mais importantes pólos de produção mineral e uma das regiões na qual ainda se encontram fragmentos expressivos de Mata Atlântica. Por outro lado, é um dos ambientes mais frágeis frente a qualquer ação antrópica que possa interferir de forma mais significativa em suas características naturais. A desconsideração deste fato nas decisões de uso e ocupação do solo e as fragilidades naturais da região são preocupantes e motivo de uma série de impactos ambientais negativos, muitas vezes irreversíveis, ou que exigem soluções onerosas e complexas.

Visando, portanto, a sustentabilidade dos recursos hídricos do Vale do Ribeira de Iguape, esta pesquisa executou um estudo de alguns dos problemas ambientais da microbacia do rio Jacupiranguinha, a fim de promover sua recuperação ambiental.

2 Objetivos

O objetivo desta pesquisa foi, com base nas teorias ecológicas de ecossistemas fluviais, avaliar as características limnológicas e do sedimento do rio Jacupiranguinha (Cajati, SP), visando fornecer subsídios para a gestão dos recursos hídricos no Baixo Ribeira de Iguape.

Para isso testou-se a seguinte hipótese: devido a mudanças das variáveis físicas e químicas da água durante os períodos hidrológicos do ano de 2005, além das atividades antrópicas exercidas às margens do rio Jacupiranguinha e lançamentos de efluentes, a condição de qualidade atribuída pela Resolução número 357 de 17 de março de 2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA (BRASIL, 2005) que o classifica com rio de Classe II, pode ter variado em alguns trechos. Mesmo com a urbanização e industrialização do município de Cajati – SP, espera-se que o rio Jacupiranguinha ainda mantenha suas características naturais de suporte de matéria orgânica.

Para alcançar este objetivo, esta pesquisa foi fundamentada:

- No estudo do comportamento de variáveis limnológicas na microbacia do rio Jacupiranguinha, em quatro períodos hidrológicos distintos.
- Na caracterização da comunidade bentônica do rio Jacupiranguinha, no espaço e no tempo.
- Na caracterização do sedimento (análise granulométrica, matéria orgânica, nitrogênio orgânico total, fósforo total) do rio Jacupiranguinha, no espaço e no tempo.

3 Revisão da literatura

Impacto ambiental é hoje um tema do nosso cotidiano. A qualidade da água do século XXI é um dos principais problemas da humanidade em decorrência de atividades de mineração, lançamentos de esgotos domésticos e industriais sem tratamento, utilização de agrotóxicos e pesticidas, retirada da vegetação ripária e depósito de lixo (CALLISTO e GONÇALVES JÚNIOR, 2005).

Uma determinada população, ao explorar os recursos naturais altera a capacidade regenerativa e de absorção do ecossistema, certamente ocasionará um desequilíbrio a longo prazo com reflexos negativos sobre sua própria qualidade de vida. A disponibilidade hídrica para usos nobres pode ser, em determinadas situações, o principal parâmetro da sustentabilidade de um espaço territorial.

Pela primeira vez a humanidade enfrenta uma situação na qual o manejo sustentável dos recursos naturais é mais importante que o suprimento desses produtos para o desenvolvimento – tendo em vista o fato de a sobrevivência humana e o próprio processo de desenvolvimento dependerem desses recursos. A degradação ambiental e o manejo equivocado desses recursos têm ameaçado nossas oportunidades e flexibilidades para aumentar “os serviços prestados pela natureza”; ao contrário, levam ao aumento da demanda em investimentos de conservação e recuperação de áreas degradadas (DUMANSKI e PIERI, 2000).

Para se elaborar uma metodologia de avaliação que incorpore indicadores de sustentabilidade para orientar as ações humanas, a partir das respostas obtidas com estudos ambientais, torna-se imprescindível uma discussão sobre o significado dos termos “sustentabilidade” e “desenvolvimento sustentável”.

Sustentabilidade é a propriedade de um processo que, além de continuar existindo no tempo, revela-se capaz de: manter padrão positivo de qualidade, apresentar autonomia de manutenção, ou seja, contar com suas próprias forças, no menor espaço de tempo possível, pertencer a uma rede de coadjuvantes também sustentáveis de maneira simbiótica e promover a dissipação de estratégias e resultados, em detrimento de qualquer tipo de concentração e/ou centralidade, tendo em vista a harmonia das relações sociedade-natureza.

O princípio do desenvolvimento sustentável tem sua origem remota no início da década de 70, quando uma equipe de cientistas do Instituto de Tecnologia de Massachussets (MIT) encaminhou ao Clube de Roma um relatório denominado *The Limits of Growth* (também conhecido como Relatório *Meadows*). Esse documento avaliou as condições da degradação ambiental planetária e estabeleceu as previsões para o futuro. Os resultados publicados foram pessimistas em relação ao comportamento predador do modelo desenvolvimentista da época e serviram de base para os estudos preliminares da Conferência de Estocolmo, em 1972 (OLIVEIRA, 2003).

No que se refere ao campo conceitual da expressão “Desenvolvimento Sustentável”, a Comissão Mundial para o Meio Ambiente e Desenvolvimento – CMMAD (*The World Commision on Environmental and Development*), criada na Organização das Nações Unidas com o objetivo de propor novas medidas tendentes a combater a degradação ambiental e a melhoria das condições de vida das populações carentes, da qual resultou o Relatório Bruntland ou *Our Common Future*, em 1987, convencionou denominar desenvolvimento sustentável como “*aquele que satisfaça as necessidades das presentes gerações sem comprometer a capacidade das futuras gerações em satisfazer suas próprias necessidades*” (*Our Commom Future*¹ apud SOUZA, 2000). Esse documento ampliou a discussão sobre desenvolvimento e meio ambiente, na medida em que introduziu parâmetros como, sustentabilidade, desenvolvimento, degradação ambiental, solidariedade e compromissos entre nações de diferentes graus de desenvolvimento e, também entre gerações; todos esses aspectos devem ser vistos sob enfoque global.

No Brasil, o debate da sustentabilidade se fortaleceu com a realização da Rio -92, favorecendo o surgimento de ONGs e outros movimentos sociais voltados tanto para a solução de problemas ambientais quanto sociais. Em 2000 a Comissão de Desenvolvimento Sustentável (CDS) da ONU propôs a realização de mais uma cúpula mundial para tratar do desenvolvimento sustentável. Foi então realizada, em 2002, na cidade de Joanesburgo, *World Summit on Sustainable Development*, conhecida como Rio + 10 ou Cúpula do

---

¹ THE WORLD COMISSION ON ENVIRONMENTAL AND DEVELOPMENT. (1987) *Our Common Future*. Oxford, Oxford University Press apud SOUZA, M. P. (2000) – *Instrumentos de gestão ambiental: Fundamentos e Prática*. São Carlos. Editora Riani Costa. 112p.

Milênio, que tinha como meta a implementação da Agenda 21 mundial, focalizando atingir o desenvolvimento sustentável, levando em conta a explosão demográfica mundial e demanda de recursos ambientais e materiais para suprir as necessidades da população global, o que, sob a ótica capitalista, vai de encontro às conquistas e necessidades de conservação e preservação do meio ambiente (OLIVEIRA, 2003).

Segundo Masera et al (1999), um dos maiores desafios enfrentados na argumentação sobre desenvolvimento sustentável é a elaboração de metodologias a serem aplicadas que permitam avaliar a sustentabilidade de diferentes projetos e tecnologias. Este desafio tem como uma de suas causas a necessidade de questionamento das formas convencionais de avaliar esses projetos, tecnologias e sistemas de manejo de recursos naturais.

Mais importante que buscar definições universais é identificar e entender os elementos centrais comuns na discussão, de forma a conseguir produzir definições operacionais úteis para problemas concretos para ser possível utilizá-las de maneira consistente (LEONARDO, 2003).

Uma maneira efetiva de se garantir a sustentabilidade dos recursos naturais utilizados pelo homem é através, por exemplo, da preservação das características naturais dos ecossistemas aquáticos. Neste sentido, o monitoramento ambiental funciona como uma ferramenta fundamental da sociedade, através da qual se pode avaliar o estado de preservação e/ou grau de degradação dos ecossistemas, fornecendo subsídios para a proposição de estratégias de conservação de áreas naturais e planos de recuperação dos ecossistemas degradados (GOULART e CALLISTO, 2003).

De acordo com Callisto e Gonçalves Júnior (2005), dentre as principais perspectivas e iniciativas para a conservação dos recursos hídricos destacam-se: atividades de recomposição de mata ciliar, proteção de nascentes, mudanças de atitudes cotidianas relacionadas ao uso da água, além da ampliação no número de estações de tratamento de esgotos (ETEs), iniciativas no reuso da água e monitoramento da qualidade dos recursos hídricos (variáveis físicas e químicas e biomonitoramento).

Os rios são sistemas complexos caracterizados como escoadouros naturais das áreas de drenagens adjacentes, que em princípio formam as bacias hídricas. A complexidade desses sistemas lóticos é devida ao uso e ocupação do solo, à geologia, tamanho e formas

das bacias de drenagem, além das condições climáticas locais (TOLEDO & NICOLELLA, 2002).

Datam do início do século passado os primeiros estudos que, tendo a microbacia hidrográfica como unidade experimental, buscavam compreender as relações existentes entre a cobertura florestal, a quantidade e a qualidade da água. Mas foi a partir da década de 1960 que os estudos em microbacias tiveram maior avanço, com visão mais integrada do ecossistema, englobando a qualidade da água, a ciclagem de nutrientes e a biota aquática ao aspecto quantitativo da produção de água. (CÂMARA, 2004).

De acordo com Granziera (2003) a importância em definir “bacia hidrográfica” refere-se ao fato de ela ser considerada, na legislação nacional, assim como em outras, como “unidade territorial para implementação da Política Nacional dos Recursos Hídricos e atuação do Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos” (Lei das Águas, art.1º, V) (BRASIL, 1997).

Para Lima (1999) e Odum (2001), a bacia hidrográfica é uma unidade natural da paisagem, que representa a definição de um ecossistema aberto, no qual ocorre troca contínua de energia e nutrientes com o meio, fazendo com que a qualidade da água nela produzida seja resultado de diversas características da bacia. Likens et al. (1977), defenderam o uso de microbacias como ecossistemas para estudar ciclagem de nutrientes, comportamento hidrológico, intemperismo das rochas, e outros processos naturais. Portanto, a microbacia hidrográfica é a unidade geográfica ideal para o planejamento integrado do manejo dos recursos naturais como ecossistema (ASSAD e SANO, 1987).

A distinção entre bacia e microbacia pode ser feita em relação à área. Sob o ponto de vista da hidrologia, essa classificação não deve ser feita somente com base em sua superfície total, mas é preciso considerar, também, os efeitos de certos fatores dominantes na geração do deflúvio. Assim, hidrologicamente, as microbacias têm como características distintas uma grande sensibilidade tanto a chuvas de alta intensidade, como também ao fator uso do solo (cobertura vegetal e geomorfologia). Desta forma, essas variáveis são detectadas com muito mais sensibilidade nas microbacias do que nas grandes bacias (LIMA e ZAKIA, 2000).

Cada bacia é formada por um conjunto de microbacias e, segundo o conceito de microbacias sobrepostas, a eficácia do manejo da qualidade da água será maior à medida

que enfocarmos as bacias de escalas menores para as maiores (CALIJURI e BUBEL, 2006).

Um rio é um sistema que apresenta uma série de gradientes físicos formando um contínuo, ao longo de seu curso ou extensão, ao qual a comunidade biológica estaria associada. Dessa maneira, existiria uma forte dependência pelos processos “rio abaixo” dos processos ocorridos “rio acima” (VANNOTE et al. 1980). Ou seja, as comunidades a jusante teriam forte dependência de materiais e energia não aproveitados à montante e se estruturariam a fim de minimizar a perda de energia e maximizar a eficiência das comunidades lólicas (SÉ, 1992; CUMMINS, 1996).

O contínuo fluvial ou *River Continuum Concept* (RCC) divide o rio em três zonas geomorfológicas: nascente, médio curso e baixo curso. Na nascente, a mata galeria exerce forte influência na produção primária, reduzindo-a devido ao sombreamento, ao mesmo tempo em que contribui com grande quantidade de material alóctone. O substrato é composto por pedras, cascalhos, há baixa variação sazonal da temperatura; o curso médio caracteriza-se por ser de transferência e a sedimentação pode ser igual à remoção de nutrientes e matéria do substrato, devido à estabilidade do canal. A região é menos dependente da contribuição direta dos ecossistemas terrestres e mais da produção por algas e plantas aquáticas vasculares, e, ainda, do material orgânico oriundo das correntes à montante. O baixo curso tende a ser turvo, com grande carga de sedimento de todos os processos à montante e, apesar de já possuírem desenvolvidas comunidades de plâncton, a respiração excede a produção (VANNOTE et al, 1980).

Statzner e Higler (1985) concordaram que em muitos casos esta teoria é aplicável para ambientes que ainda não sofreram atuação antrópica, porque, no que tange a autotrofia e heterotrofia do sistema, os ambientes podem desviar-se do modelo geral, pois dependendo do volume e da natureza dos efluentes que deságuam na corrente principal, os efeitos podem ser localizados e ter magnitude variável. Além disso, este conceito não considera as diferentes estruturas que um rio pode assumir, como cachoeiras, por exemplo.

Para bacias hidrográficas que apresentam alguma interferência antrópica, Ward e Stanford (1983) propuseram o conceito da *Descontinuidade Serial*, o qual postula que o represamento rompe o gradiente do rio em relação às condições ambientais e produz mudanças longitudinais. Para essa previsão, utilizam-se dois parâmetros: a distância de

descontinuidade – que consiste na mudança longitudinal de uma variável na ordem do rio – ou outra unidade de distância e a intensidade, que é a medida do impacto da regulação – a mudança entre o perturbado e o não perturbado. Posteriormente, Ward e Stanford (1995) ampliaram a abrangência desse conceito para considerar as interações entre o rio e sua planície de inundação.

O conceito da *Descontinuidade Serial* pode ser usado para medir as variações a partir de outros tipos de intervenções antrópicas como poluição, entrada de tributários ou efluentes, autodepuração, entre outros (SABATER et al., 1989).

Posteriormente, Rice et al (2001) propuseram o Conceito da *Descontinuidade de Ligação* o qual caracteriza a natureza descontínua dos sistemas aquáticos, pois as entradas de tributários ou efluentes geram mudanças no sedimento, no volume e na qualidade da água, sendo esses fatores importantes para a organização longitudinal das comunidades associadas, principalmente na comunidade bentônica. Além disso, os autores (op. cit.) citam a importância das características geomorfológicas da bacia no processo de descontinuidade dos sistemas aquáticos, conforme o Conceito do *Domínio de Processos*, proposto por Montgomery (1999). Neste conceito o autor (op. cit.) associa a variabilidade espacial de rios à geologia, clima, vegetação e topografia, podendo dividi-los em pequenas regiões, nas quais a estrutura e dinâmica das comunidades respondem diferentemente a cada tipo de interferência.

Devido a uma distinta dinâmica geomorfológica, alguns rios possuem áreas de planície de inundação. Junk et al. (1989), entenderam a estruturação biótica de rios como dependente das trocas laterais entre o canal fluvial e a planície e deram a esse conceito o nome *Pulso de Inundação*. Os pulsos periódicos de inundação na planície conferem características especiais às comunidades, bastante diferentes das características de ambientes apenas lóticos ou lênticos, além de as forças serem controladoras da biota desses sistemas. Essa teoria apresenta a biomassa animal do rio como direta ou indiretamente dependente da produção orgânica nas planícies de inundação e não considera a necessidade de alguma interferência no processamento de materiais rio acima para o funcionamento do sistema rio abaixo, como postula o conceito do *Continuum Fluvial* (VANNOTE et al, 1980).

O conceito da Espiral de Nutrientes ou *Nutrient Spiraling*, desenvolvido por Elwood et al. (1983), inicialmente foi usado para adaptar modelos de ciclagem de nutrientes em águas paradas à águas com movimento, como rios. Devido ao movimento unidirecional em sistemas lóticos, a ciclagem de nutrientes adquire a forma de uma espiral, uma vez que o transporte horizontal impossibilita essa ocorrência em ciclos. Esta teoria considera a concentração de nutrientes em sua forma inorgânica dissolvida, incorporação pela biota e retorno à água como nutriente dissolvido (WARD, 1994). O padrão de espirais pode servir como parâmetro de eficiência e estabilidade do ecossistema (ELWOOD et al., 1983).

Petts et al. (1992), mencionaram que para a prática da conservação dos rios, devem ser consideradas cinco dimensões (longitudinal, lateral, vertical, temporal e conceitual). A dimensão temporal é importante e significativa, pois a morfologia do canal e as comunidades aquáticas podem alterar-se naturalmente ao longo do tempo e mudanças abruptas induzidas pelo homem, como represamento e lançamento de esgoto, alteram os processos a montante e a jusante. A dimensão conceitual é endereçada a questões filosóficas, políticas e práticas, levantando questões a respeito de como avaliar, o que conservar, e quais as prioridades que devem ser dadas à conservação.

O conhecimento do processo de autodepuração é importante para que se utilize a capacidade de assimilação dos rios; uso que deve ser feito com parcimônia e dentro de critérios técnicos seguros para impedir o lançamento de despejos maior do que o corpo de água possa suportar, ou seja, estabilizar. Um dos problemas de poluição dos cursos de água é o consumo de Oxigênio Dissolvido (OD) por processos de estabilização da matéria orgânica realizados por bactérias decompositoras.

Segundo Von Sperling (1996), a autodepuração é um processo de sucessão ecológica, ou seja, uma seqüência de substituições de uma comunidade por outra até que se estabelece uma comunidade em equilíbrio com as condições locais.

Batalha (1986) definiu autodepuração como um processo natural de recuperação dos corpos de água que se realiza por meio de processos físicos – diluição, sedimentação e turbulência; químicos – oxidação dos redutores; e biológicos – ação de bactérias e algas – como forma de contribuição reativa do ambiente frente aos distúrbios causados pelo homem.

Este processo pode ser percebido ao longo de um rio devido à presença de zonas características, denominadas por Margalef (1983) por zona de degradação, de decomposição ativa, de recuperação e de águas limpas.

O conceito de capacidade de autodepuração possui a mesma relatividade que o conceito de poluição. Uma água pode ser considerada adequada para uso, sob o ponto de vista ecológico, mesmo sem estar totalmente purificada, com presença de organismos patogênicos, por exemplo. Portanto, depuração é a capacidade intimamente relacionada aos usos preponderantes a que se destina cada trecho de um curso de água (BENASSI, 2002).

A avaliação da qualidade da água como indicador da saúde da microbacia deve incluir, assim como variáveis físicas e químicas, as respostas biológicas do ambiente aos impactos das atividades de uso da terra.

Os chamados indicadores biológicos são organismos que refletem a integridade ecológica dos ecossistemas onde vivem, respondendo a diferentes agentes estressantes, refletindo o histórico de degradação e devendo, sempre que possível, fazer parte de programas de monitoramento ambiental a longo prazo (CALLISTO e GONÇALVES JÚNIOR, 2005).

Rosemberg e Resh (1993) citaram que dentre os organismos aquáticos, algas e invertebrados bentônicos são os grupos de organismos mais freqüentemente recomendados para a avaliação da qualidade da água, sendo que os organismos bentônicos apresentam algumas vantagens em relação aos outros invertebrados. Dentre estas vantagens destacam-se: a) o fato de poderem ser encontrados nos diferentes ecossistemas de água doce, permitindo a observação de perturbações em sua comunidade nos diversos tipos de habitat aquático; b) apresentarem grande número de espécies, oferecendo um amplo espectro de respostas para as alterações ambientais; c) sua natureza sedentária, não permitindo a migração quando as características do meio lhes são desfavoráveis, d) apresentarem ciclos de vida relativamente longos, permitindo análise temporal.

Desta forma, para a gestão e monitoramento da microbacia, é de grande importância um estudo das variáveis limnológicas do rio Jacupiranguinha e sua associação com o uso e ocupação da região, principalmente o industrial, que representa a sua maior atividade econômica e o uso agrícola, com a monocultura de banana.

4 Materiais e Métodos

4.1 Área de estudo – Bacia Hidrográfica do Ribeira de Iguape

4.1.1 Aspectos geológicos e geomorfológicos

O Vale do Ribeira de Iguape apresenta uma grande diversidade de ambientes terrestres e aquáticos, e por isso é considerada a região mais rica em recursos naturais no Estado de São Paulo. A bacia hidrográfica do Rio Ribeira de Iguape comporta grandes variedades de rochas com diferentes características (idade, gênese e área de ocorrência), sendo agrupadas em vários domínios geológicos (figura 1), sendo três os principais. As rochas metamórficas pré-cambrianas formam o primeiro domínio, caracterizando-se por sua resistência. Também fazem parte desse grupo as rochas cataclásticas antigas e mais jovens (Paleozóicas), geradas por esforços de cisalhamento em zonas de falhamentos. Na formação do segundo domínio, com presença mais restrita, estão as rochas magmáticas que apresentam grande resistência mecânica e forte coesão dos constituintes minerais. No terceiro domínio estão as rochas brandas e os sedimentos inconsolidados, representados pelas coberturas sedimentares cenozóicas, encontrados nas porções de relevos suavizados e planos, principalmente na Baixada Litorânea (CETEC, 2000).

A região do Baixo Ribeira é ocupada pela zona de Morraria Costeira da Província Costeira que ocupa a região central do Vale e do Baixo Ribeira, no sopé dos relevos montanhosos da Serrania Costeira. Constitui área de relevos arrasados, cujas elevações raramente se erguem acima de 100-200 m do nível do mar. É composta principalmente por colinas, morrotes e morros que se destacam da planície costeira e das vastas planícies aluviais no trecho inferior do Rio Ribeira. Fazem parte desta zona, também, as formações originadas por processo de pedimentação (superfícies aplainadas por um sistema de erosão devido a um clima quente) e intensa sedimentação fluvial, condicionados pela morfogênese cenozóica, formando rampas, terraços antigos e intermediários, cones de dejeção e planícies aluviais. Os relevos presentes na Morraria Costeira são os de tipo Planícies Aluviais, Morrotes em Meia Laranja, Morros de Topos Achatados, Mar de Morros, Morros Paralelos, Morros Isolados, Serras Alongadas e Montanhas (CETEC, 2000).

As litologias predominantes na bacia são das rochas metamórficas, que pertencem ao Grupo Açungui. De acordo com o mapa pedológico do Estado de São Paulo (IAC,

1999), os tipos de solo predominante da microbacia do rio Jacupiranguinha são o Organissolo méxico e o Argissolo Vermelho-Amarelo (figura 2).

4.1.2 Aspectos Políticos

A Bacia do rio Ribeira de Iguape está inserida na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo – UGRHI 11, a qual possui 23 municípios, com área total de drenagem de 17.180 km² (figura 3). Está localizada na região sul do Estado de São Paulo e leste do Estado do Paraná, abrangendo uma área total de aproximadamente 25.000 km², dos quais cerca de 17.000 km² (dois terços) estão em território paulista, segundo a Secretaria do Meio Ambiente (SMA, 1995).

Seus principais cursos de água são os rios Juquiá, Ribeira, Ribeira de Iguape, São Lourenço, Jacupiranga, Pardo, Una da Aldeia e Itariri (CETEC, 2000), que foram divididos em 13 sub-bacias, apresentadas na tabela 1.

Tabela 1: As sub-bacias do Rio Ribeira de Iguape, SP.

Código	Sub – bacia	Área de drenagem (km ²)	Municípios
1	Alto Ribeira	1781,44	Barra de Chapéu, Itapirapuã Paulista, Apiaí, Itaoca, Iporanga, Ribeira.
2	Baixo Ribeira	3115,63	Apiaí, Iporanga, Eldorado, Sete Barras.
3	Ribeira de Iguape	1184,94	Registro, Pariquera-Açu, Iguape.
4	Alto Juquiá	1493,46	São Lourenço da Serra, Juquitiba, Tapiraí
5	Médio Juquiá	1166,59	Tapiraí, Juquiá, Miracatu.
6	Baixo Juquiá	1059,20	Juquiá, Tapiraí, Sete Barras.
7	Rio São Lourenço	1240,80	Miracatu, Pedro de Toledo, Juquiá.
8	Rio Itariri	511,83	Itariri, Pedro de Toledo.
9	Una da Aldeia	950,42	Iguape.
10	Rio Pardo	1082,03	Barra do Turvo
11*	Rio Jacupiranga	1469,93	Jacupiranga, Cajati, Registro, Pariquera-Açu.
12	Vertente Marítima Sul	1544,15	Cananéia, Ilha Comprida.
13	Vertente Marítima Norte	539,67	Iguape.
Área total		17180,09	

* Microbacia estudada neste trabalho

Figura 2: Mapa pedológico do Baixo Ribeira de Iguape - SP (microbacias hidrográficas: rio Jacupiranga, rio Jacupiranguinha e rio Pariqueira-Açu).

Figura 3: Mapa de hidrografia do Baixo Ribeira de Iguape - SP (microbacias hidrográficas: rio Jacupiranga, rio Jacupiranguinha e rio Pariquera-Açu).

4.1.3 Aspectos sócio – econômicos

O Vale do Ribeira apresenta características bastante singulares, com os mais baixos índices de desenvolvimento do Estado de São Paulo. Os parâmetros sócio-econômicos e demográficos, tais como mortalidade infantil, abastecimento de água, coleta e tratamento de esgotos, condições de habitação e níveis de renda e de escolaridade, apresentam todos uma imagem contrastante com o restante do estado. Além disso, é uma região peculiar por ser uma das áreas menos urbanizadas do estado, com grande parcela da população vivendo em áreas rurais e desenvolvendo atividades agrícolas de subsistência e extrativistas.

O Vale do Ribeira é apresentado como potencial modelo brasileiro de desenvolvimento sustentado. Posiciona-se em local privilegiado, entre duas importantes capitais, São Paulo e Curitiba, e o acesso à região se dá por meio de rodovias, aeroportos e ferrovias. Por suas peculiaridades, a região concentra natureza e cultura para tornar-se importante pólo de desenvolvimento sustentado e do ecoturismo (CETEC, 2000).

A agricultura é a principal atividade econômica, destacando-se as culturas da banana e do chá pela área que ocupam e importância comercial que representam, além de absorverem a maior parte dos trabalhadores da área. A lavoura de banana ocupa 5.320 hectares de terra com a produção anual de 162.500 toneladas (CETEC, 2000).

A atividade de extração movimenta a economia local desde o início da colonização do Vale do Ribeira, atraindo população para se fixar na região. Recentemente, a região tem atraído pessoas que se dedicam à extração de ametista.

4.2 Microbacia do Rio Jacupiranguinha

No sistema do Ribeira de Iguape foi escolhida, para a realização deste estudo, a microbacia do rio Jacupiranguinha na região do Baixo Ribeira de Iguape. Essa seleção foi devida ao sistema de tratamento de esgotos sanitários utilizado pelo município (sistema de lagoas de estabilização), ao lançamento dos efluentes da estação de tratamento e da indústria e mineradora da região no rio Jacupiranguinha, como também as características da microbacia hidrográfica.

Uma característica que merece destaque é a presença de planícies aluviais, também conhecidas por várzeas – áreas planas que margeiam os rios. Por uma série de razões, as planícies aluviais são os ambientes que mais merecem cuidados especiais nas decisões de planejamento e gestão ambiental, o que, muitas vezes, não é levado em conta nas decisões de uso e ocupação do solo, resultando em uma série de problemas ambientais. Por mais que se tenha conhecimento disso, as planícies aluviais continuam sendo ocupadas de forma inadequada, principalmente por bananais e pastagens (THEODOROVICZ, 2005), como pode ser visto na figura 4.

Os municípios que fazem parte desta microbacia são Jacupiranga e Cajati, sendo este último o alvo deste estudo.

O município de Cajati (com sede localizada nas coordenadas 24°43'39''S e 48°07'30''W) ocupa uma área correspondente a 455 km². Segundo a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP, 2004), sua população está em torno de 30.947 habitantes. O índice de atendimento de abastecimento de água da região é de 100%, e 71% das casas estão ligadas à rede de coleta de esgoto; o tratamento é feito pelo sistema de lagoas de estabilização com efluente lançado no rio Jacupiranguinha.

A principal atividade econômica do município é a extração de apatita e carbonatito do Complexo Alcalino de Jacupiranga com a Indústria Serrana S/A de Mineração, responsável pela produção de cimento, concentrados fosfáticos para fertilizantes, para uso na alimentação humana e na produção de ração animal (CETEC, 2000). Além disso, outra atividade que culmina com o desenvolvimento da cidade é a agricultura, em especial a bananicultura.

4.3 Amostragem

Este estudo contemplou amostragens em quatro períodos hidrológicos distintos, levando-se em conta a sazonalidade, com intervalo de três meses, durante três dias consecutivos. As coletas de amostras foram feitas em onze pontos, no eixo longitudinal do rio Jacupiranguinha (figura 5), com alguns abrangendo locais após lançamentos de efluentes de indústrias e esgoto doméstico, um ponto no rio Guaraú e um ponto no rio Jacupiranga (figuras 6 e 7).

Figura 4: Região de planícies aluviais (1); bananicultura nas margens do rio Jacuoiranguinha (2); pastagens (3) e lançamento do efluente industrial (4).

4.4 Variáveis climatológicas

Os dados de temperatura do ar e precipitação foram obtidos no Posto Pluviométrico do DAEE do município de Jacupiranga (Prefixo F4 – 017, altitude 90m. Latitude: 24°43'; Longitude: 48°01'), nas datas correspondentes às coletas e dados mensais no ano hidrológico enfocado. Foram considerados, ainda, os dados pluviométricos da região, em 2004, para comparação com os que ocorreram durante os períodos de amostragem (2005).

Figura 5: Mapa da localização dos pontos de coleta no rio Jacupiranguinha.

Figura 6: Pontos de coleta no rio Jacupiranguinha. Ponto 1: mais próximo à nascente. Ponto 2: zona rural do município de Cajati. Ponto 3: captação de água da Sabesp. Ponto 4: ponte no início do município de Cajati. Ponto 5: ponte após município de Cajati. Ponto 6: 20 m após lançamento de efluente de ETE. Ponto 7: 20 m após lançamento do efluente da indústria de fertilizantes. Ponto 8: entrada de uma área alagada marginal

Figura 7: Pontos de coleta no rio Jacupiranguinha. Ponto 9: saída da área alagada marginal. Ponto 10: zona rural de Cajati. Ponto 11: último ponto rio Jacupiranguinha. Ponto 12: rio Jacupiranga. Ponto 13: rio Guaraú.

4.5 Variáveis hidrológicas

As variáveis hidrológicas medidas em três pontos de coleta considerados estratégicos, devido ao lançamento de efluentes (pontos 1, 2 e 8), foram:

4.5.1 Vazão e Velocidade de escoamento

A vazão ou descarga de um rio é o volume de água que passa através de uma seção transversal na unidade de tempo (em geral um segundo).

Vazão e velocidade de escoamento foram calculadas em apenas três pontos, julgados representativos, do eixo longitudinal do rio Jacupiranguinha. O ponto 1 é o mais próximo à nascente do rio Jacupiranguinha, o ponto 2 localiza-se antes do município de Cajati e o 8, depois da entrada do efluente de uma indústria de fertilizantes situado no local.

A velocidade de escoamento (m.s^{-1}) foi calculada pelo método do molinete, que é um equipamento que contém uma hélice que gira quando é colocada no sentido do fluxo da água. O princípio utilizado é que a rotação da hélice em torno do eixo abre e fecha um circuito elétrico, contando o número de voltas durante um intervalo de tempo fixo, obtendo-se assim uma relação entre a velocidade do fluxo e a rotação da hélice.

O método para cálculo de vazão consistiu nos seguintes passos (STUDART, 2003):

1. Divisão da seção do rio em um certo número de posições para levantamento do perfil de velocidades;
2. Levantamento do perfil de velocidades;
3. Cálculo da velocidade média de cada perfil;
4. Determinação da vazão pelo somatório do produto de cada velocidade média por sua área de influência

4.5.2 Profundidade do rio

A profundidade (m) foi medida a cada dois metros em toda a seção transversal do canal, nos três pontos em que foram calculadas as vazões.

4.6 Variáveis físicas e químicas da água

Os materiais e métodos utilizados para determinação das variáveis físicas e químicas, em pontos da água do rio Jacupiranguinha, são apresentados na Tabela 2:

Tabela 2: Relação das variáveis físicas e químicas que foram estudadas.

Variável	Unidade	Técnica	Referência
Condutividade elétrica	$\mu\text{S.cm}^{-1}$	Multisonda Yellow - Springer	*
Oxigênio dissolvido	% de saturação e mg.L^{-1}	Multisonda Yellow - Springer	*
Temperatura	$^{\circ}\text{C}$	Multisonda Yellow - Springer	*
pH		Multisonda Yellow - Springer	*
Alcalinidade	mEq	Titulometria	Golterman (1978)
Demanda Química de Oxigênio	mg.L^{-1}	Espectrofotometria	APHA (2002)
Sólidos em suspensão	mg.L^{-1}	Gravimetria	APHA (2002)
Nitrito	$\mu\text{g.L}^{-1}$	Espectrofotometria	Golterman (1978)
Nitrato	$\mu\text{g.L}^{-1}$	Espectrofotometria	*
Fosfato total	$\mu\text{g.L}^{-1}$	Espectrofotometria	Menzel & Corwin (1965)
Fosfato inorgânico	$\mu\text{g.L}^{-1}$	Espectrofotometria	Menzel & Corwin (1965)
Silicato reativo	mg.L^{-1}	Espectrofotometria	Golterman (1978)
Nitrogênio amoniacal	mg.L^{-1}	Titulometria	APHA (2002)
Nitrogênio orgânico total (Kjeldhal)	mg.L^{-1}	Titulometria	APHA (2002)
Fósforo total	$\mu\text{g.L}^{-1}$	Espectrofotometria	APHA (2002)

4.7 Coliformes

Para a análise da concentração de coliformes totais e fecais utilizou-se o método das membranas filtrantes (APHA, 2002). As amostras de água foram coletadas no primeiro dia do período amostral em sacos plásticos estéreis e descartáveis. Elas foram filtradas, incubadas em meio de cultura *cromocult* a 30°C e contadas após 24 horas. Os resultados são expressos em Número Mais Provável por volume (NMP/100ml).

4.8 Variáveis físicas e químicas do sedimento

O sedimento foi coletado com draga do tipo Van Veen (área de $0,525\text{m}^2$) e armazenado em potes plásticos. Em laboratório, as amostras foram secas a temperatura

ambiente. Foram determinados: fósforo total, nitrogênio orgânico total (Kjeldhal), matéria orgânica e granulometria.

4.8.1 Fósforo total do sedimento

A determinação do fósforo total foi feita pelo método de incineração (ANDERSEN, 1976), que consiste na pesagem de 200 mg de amostra seca adicionada a 500 mg de carbonato de sódio, que são aquecidos em forno mufla por 1 hora a 550°C. Após resfriamento, transfere-se o material para um erlenmeyer de 250 ml e adiciona-se 25 ml de ácido clorídrico 1N, aquecendo-o por 15 minutos. Em seguida, essa amostra é transferida a um balão volumétrico de 100 ml, completando-se o volume com água deionizada. Retira-se 6 ml da solução e adiciona-se 1 ml de reagente misto, fazendo-se a leitura em espectrofotômetro a 880 nm.

4.8.2 Nitrogênio orgânico total do sedimento

A determinação do nitrogênio orgânico total foi feita pelo método de Kjeldahl (APHA, 2002). Este método consiste de duas etapas: digestão e destilação. Na digestão, coloca-se 3 g da amostra com 1,5 g de sulfato de potássio, 1 ml de sulfato de cobre e 2,5 ml de ácido sulfúrico concentrado por 40 minutos a 300 °C.

Na destilação, colocam-se 50 ml de água deionizada nos tubos recém saídos do digestor e acrescentam-se 20 ml de hidróxido de sódio 10N. Nos erlenmeyers que receberão o destilado, colocam-se 50 ml de ácido bórico e cinco gotas de indicador rosa. Destila-se até completar 100 ml.

4.8.3 Matéria Orgânica

A análise da matéria orgânica foi realizada através do método descrito em Trindade (1980), que consiste na pesagem de 5g de amostra em cadinho previamente calcinado e secagem em estufa a 100°C por 24h. Em seguida, as amostras foram calcinadas em mufla a 550°C por 1 hora e nova pesagem determinou a porcentagem de matéria orgânica.

4.8.4 Granulometria

A amostra para ensaio foi obtida de acordo com o capítulo 4 da Norma DNER – ME 041/94 (DNER, 1994).

A primeira etapa consistiu em passar todo o material por uma peneira de 2,0 mm. Do que passou por esta peneira, retiraram-se cerca de 120 g, no caso de solos arenosos, ou cerca de 70 g no caso de solos siltosos e argilosos e passou-se por uma série de peneiras de malhas quadradas de dimensões padronizadas (1,18 mm, 600, 425, 300, 150 e 75µm).

O material retido em cada peneira foi pesado e posteriormente analisado em programa específico – ANASED (LIMA, 2000) – no qual se quantificaram as porções cascalho, areia, silte e argila do sedimento em questão.

4.9 Comunidade bentônica

4.9.1 Análise qualitativa

Os organismos bentônicos foram coletados em apenas um dia em cada período de amostragem com amostrador Surber e, em pontos de maior profundidade, com draga tipo Van Veen. Esta draga foi escolhida devido ao tipo de sedimento presente no rio, composto em sua maioria por partículas grossas, como cascalho e areia. Os organismos foram separados, colocados em frascos de 30 ml e fixados com álcool 70%. Posteriormente, os organismos bentônicos foram identificados, utilizando-se as chaves de identificação de Edmondson (1959), Maccafferty (1981), Fontoura (1985) e Brinkhurst e Marchese (1989).

4.9.2 Análise quantitativa

A caracterização da estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos foi feita sob o aspecto da abundância relativa, da frequência de ocorrência e da diversidade.

Foram consideradas abundantes as famílias cuja ocorrência numérica era maior que o valor médio do número total de organismos de todas as taxa presentes na amostra; predominantes àquelas cuja ocorrência ficou entre 50% e 80% e dominantes, àquelas cuja ocorrência superou 80% do número total de organismos da amostra. Este critério foi modificado de Lobo e Leighton (1986).

A frequência é a relação entre a ocorrência dos diferentes taxa e o número total de amostra e foi expressa em porcentagem. Segundo o critério descrito em Branco (1991), os taxa são considerados freqüentes quando a frequência supera 50%, comuns quando está entre 10% e 50% e raros quando inferior a 10%. Para este cálculo, utilizou-se a seguinte fórmula:

$$F = (Pa / P) . 100$$

na qual,

Pa = número de amostras em que o táxon “a” esteve presente

P = número total de amostras analisadas.

4.10 Análise numérica

Os dados químicos e físicos da água, divididos por coleta, foram submetidos a análises de agrupamento, nos quais obtiveram-se dendogramas de similaridade entre os pontos de coleta. Para isso, utilizou-se o software Statistica 6.0.

5 Resultados

5.1 Variáveis climatológicas

Os dados de precipitação dos anos de 2004 e 2005 foram obtidos no posto pluviométrico do DAEE do município de Jacupiranga e estão apresentados na tabela 3. Nesta tabela é possível observar que a maior precipitação mensal total, entre os períodos de estudo, ocorreu em janeiro, como era esperado, seguida pelas de setembro, julho e abril. A precipitação total de julho foi maior que a de abril, porém, no período de amostragem a precipitação foi zero, como pode ser observado na figura 10.

Tabela 3: Total mensal de chuvas (mm) durante os anos de 2004 e 2005 no município de Jacupiranga. Os valores em destaque correspondem aos meses de coleta.

Precipitação total												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2004	280,2	244,5	160,2	79,5	101,1	84,2	184,4	3,3	34,9	113,1	138,3	373,7
2005	377	89,3	348,7	99,1	138,7	65,5	141,5	12,6	266			

Fonte: posto pluviométrico de Jacupiranga, código F4-017 (DAEE).

Nas figuras 8, 9, 10 e 11 são mostrados dados de precipitação diária dos períodos nos quais foram realizadas coletas.

Figura 8: Altura de chuva diária (mm) do município de Jacupiranga em janeiro de 2005. As barras hachuradas correspondem ao período de coleta (26 a 28/01/2005). Fonte: DAEE, 2005.

Figura 9: Altura de chuva diária (mm) do município de Jacupiranga em abril de 2005. As barras hachuradas correspondem ao período de coleta (04 a 06/04/2005). Fonte: DAEE, 2005.

As chuvas, que elevaram a precipitação total do mês de julho, ocorreram apenas 10 dias após este período.

Figura 10: Altura de chuva diária (mm) do município de Jacupiranga em julho de 2005. Não houve precipitação no período de coleta (11 a 13/07/2005). Fonte: DAEE, 2005.

Figura 11: Altura de chuva diária (mm) do município de Jacupiranga em setembro de 2005. As barras hachuradas correspondem ao período de coleta (26 a 28/09/2005). Fonte: DAEE, 2005.

Os maiores valores da temperatura do ar foram encontrados na coleta de abril, com uma média de 25,3 °C. Em janeiro, a temperatura média foi de 24,2 °C, devido a uma frente fria que havia chegado à região um dia antes de começarem as coletas deste período. Em julho a média de temperatura foi 19,6°C. A menor temperatura média foi obtida em setembro, 19,0 °C. As temperaturas médias semanais dos meses amostrados estão representadas na figura 12.

Figura 12: Valores médios semanais da temperatura do ar no município de Cajati nos meses de janeiro, abril, julho e setembro. As barras hachuradas correspondem às semanas as quais foram realizadas as coletas para cada período. Fonte: CIIAGRO, 2005.

5.2 Variáveis hidrológicas

As figuras 13 e 14 apresentam os valores médios da velocidade de escoamento e vazão em cada ponto amostrado, nos meses de janeiro, abril, julho e setembro de 2005. Em todos os pontos a velocidade média e a vazão foram maiores em janeiro. As maiores vazões (figura 14), foram 50, 53 e 56,48 $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, respectivamente nos pontos 1, 2 e 8. Em julho, foram obtidas as menores, como era esperado, pois foi o período de menor precipitação entre os amostrados. As vazões médias foram 2,41, 3,47 e 3,88 $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, respectivamente.

Figura 13: Velocidades médias de escoamento (m.s⁻¹) nos três pontos amostrados, nos quatro períodos estudados, no rio Jacupiranguinha.

Figura 14: Vazões médias (m³.s⁻¹) nos três pontos amostrados, nos quatro períodos estudados, no rio Jacupiranguinha.

Em janeiro, por problemas com o equipamento de medição, vazão e velocidade de escoamento foram medidas em apenas um dia. Portanto, os valores correspondem aos apresentados nas figuras acima (13 e 14). Para a velocidade, os valores obtidos foram 0,93, 0,95 e 1,00 m.s⁻¹, respectivamente, e as vazões foram 50, 53 e 56,48 m³.s⁻¹.

Em abril as velocidades de escoamento (figura 15) cresceram de montante à jusante no rio Jacupiranguinha, com o máximo de 0,8 m.s⁻¹ no ponto 8, nos dias 04 e 05/04/2005. As menores velocidades foram obtidas no ponto 1, alto curso do rio, que foi de 0,64 m.s⁻¹,

nos dias 05 e 06/04/2005. Houve tendência de diminuição da velocidade do dia 04 a 06/04/2005.

Figura 15: Variação longitudinal da velocidade de escoamento (m.s^{-1}) em três pontos do eixo longitudinal do rio Jacupiranguinha, no período de 04 a 06 de abril de 2005.

Assim como a velocidade, a vazão também apresentou tendência de diminuição entre os três dias de coleta em abril (figura 16). As menores vazões ocorreram no alto curso do rio, ponto 1, com o mínimo de $5,18 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ no dia 06/04/2005. Os valores mais elevados foram encontrados no ponto 8, baixo curso do rio, com o máximo de $9,53 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ no dia 04/04/2005.

Figura 16: Variação longitudinal da vazão ($\text{m}^3.\text{s}^{-1}$) em três pontos do eixo longitudinal do rio Jacupiranguinha, no período de 04 a 06 de abril de 2005.

Em julho as velocidades de escoamento (figura 17) cresceram de montante à jusante no rio Jacupiranguinha, com o máximo de $0,84 \text{ m.s}^{-1}$ no ponto 8, no dia 13/07/2005. O

menor valor foi obtido no ponto 1, alto curso do rio, que foi de $0,30 \text{ m.s}^{-1}$, no dia 12/07/2005.

Figura 17: Variação longitudinal da velocidade de escoamento (m.s^{-1}) em três pontos do eixo longitudinal do rio Jacupiranguinha, no período de 11 a 13 de julho de 2005.

Assim como a velocidade, a vazão também aumentou de montante à jusante em julho (figura 18). As menores vazões foram obtidas no ponto 1, com o mínimo de $2,24 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ no dia 13/07/2005. As maiores foram encontradas no ponto 8, com o máximo de $3,92 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ no dia 11/07/2005. Houve pequena tendência de decréscimo das vazões entre os dias 11 a 13/07/2005.

Figura 18: Variação longitudinal da vazão ($\text{m}^3.\text{s}^{-1}$) em três pontos do eixo longitudinal do rio Jacupiranguinha, no período de 11 a 13 de julho de 2005.

Em setembro as velocidades de escoamento (figura 19) cresceram de montante à jusante no rio Jacupiranguinha no segundo e terceiro dia de coleta. Do primeiro para o segundo ponto houve aumento de velocidade. A velocidade máxima foi de $1,08 \text{ m.s}^{-1}$ no

ponto 2, em 26/09/2005. A mínima foi $0,60 \text{ m.s}^{-1}$, obtida no ponto 1, alto curso do rio, em 28/09/2005. As maiores velocidades no primeiro dia provavelmente foram devidas à precipitação ocorrida na noite anterior à coleta.

Figura 19: Variação longitudinal da velocidade de escoamento (m.s^{-1}) em três pontos do eixo longitudinal do rio Jacupiranguinha, no período de 26 a 28 de setembro de 2005.

A vazão aumentou de montante à jusante em setembro e diminuiu do primeiro ao terceiro dia de coleta (figura 20). As menores vazões foram obtidas no ponto 1, com o mínimo de $6,56 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ em 28/09/2005. As maiores foram encontradas no ponto 8, com o máximo de $29,77 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ em 26/09/2005.

Figura 20: Variação longitudinal da vazão ($\text{m}^3.\text{s}^{-1}$) em três pontos do eixo longitudinal do rio Jacupiranguinha, no período de 26 a 28 de setembro de 2005.

5.3 Variáveis físicas e químicas da água

5.3.1 Temperatura da água

As médias de temperatura da água são mostrados na figura 21. As maiores médias foram obtidas no mês de abril, seguidas pelas dos meses de janeiro, julho e setembro. Pode-se observar também um aumento de temperatura de montante a jusante, principalmente a partir do ponto 7. Nos pontos à montante, a menor temperatura média foi 16,91 °C em setembro no ponto 1 e o maior foi 24,41 °C no ponto 2 em abril. Nos pontos à jusante, a menor temperatura média foi 18,08 °C no ponto 13 em setembro e a maior foi 24,24 °C no ponto 9 em abril.

Figura 21: Temperaturas médias da água (oC) dos três dias de coleta, nos quatro períodos estudados, no rio Jacupiranguinha.

A temperatura da água pode variar em função do horário de coleta. Como as coletas não foram realizadas simultaneamente, o padrão de distribuição da temperatura no eixo longitudinal do rio foi em função da variação dos horários de amostragem.

Em janeiro, as maiores temperaturas ocorreram em 26/01/2005 em todos os pontos de amostragem, exceto no ponto 7, cuja maior temperatura foi encontrada em 28/01/2005. Os menores valores foram obtidos no dia 28/01/2005, exceto nos pontos 4, 7, 11 e 12. O ponto 7 obteve as maiores temperaturas em todos os dias de amostragem (figura 22). Em 28/01/2005 foram encontradas a temperatura mínima (20,37 °C) no ponto 1 e a máxima (24,66 °C) no ponto 7.

Figura 22: Variação da temperatura da água (°C) no rio Jacupiranguinha, no período de 26 a 28 de janeiro de 2005.

Em abril, as maiores temperaturas foram obtidas em 06/04/2005 em quase todos os pontos de amostragem, exceto em 4, 5 e 6 (figura 23) e as menores ocorreram no segundo dia, em todos os pontos. A mínima foi 22,18 °C no rio Guaraú (ponto 13). No rio Jacupiranguinha, a mínima foi 22,39 °C no ponto 7, em 05/04/2005 e a máxima foi 26,1 °C no ponto 1, em 06/05/2005.

Figura 23: Variação da temperatura da água (°C) no rio Jacupiranguinha, no período de 04 a 06 de abril de 2005.

Na amostragem de julho, as maiores temperaturas da água foram observadas em 12/07/2005 (segundo dia de coleta) em quase todos os pontos de amostragem, exceto nos

pontos 5 e 6 (figura 24). A mínima foi 16,8 °C (ponto 1, em 13/07/2005) e a máxima, 21,38°C (ponto 7, em 12/07/2005).

Figura 24: Variação da temperatura da água (°C) no rio Jacupiranguinha, no período de 11 a 13 de julho de 2005.

Em setembro, as maiores temperaturas da água foram observadas, em sua maioria, em 26/09/2005 (primeiro dia de coleta). A maior temperatura foi 21,47 no ponto 7, em 28/09/2005 e a menor foi 16,88, no mesmo dia, ponto 1 (figura 25).

Figura 25: Variação da temperatura da água (°C) no rio Jacupiranguinha, no período de 26 a 28 de setembro de 2005.

5.3.2 pH

Os valores médios de pH foram maiores em todos os pontos amostrados em janeiro (figura 26). Em abril ocorreram os menores. O maior pH médio medido foi 10,7 nos pontos 5 e 6 em janeiro e o menor foi 6,3 no ponto 8 em setembro.

Figura 26: Valores médios de pH dos três dias de coleta, nos quatro períodos de estudo, do rio Jacupiranguinha.

Em janeiro, as águas do rio Jacupiranguinha apresentaram valores de pH alcalinos. O ponto que apresentou valor mais baixo foi o de número 11, 7,38 no dia 27/ 01/2005. Os valores mais altos ocorreram no dia 28/01/2005 na maioria dos pontos amostrados. Neste período, o maior valor encontrado foi 11,19 (ponto 3, dia 27/01/2005) (figura 27).

Figura 27: Variação de pH no rio Jacupiranguinha no período de 26 a 28 de janeiro de 2005

Em abril, as águas do rio Jacupiranguinha apresentaram pH alcalinos a ácidos. O ponto que apresentou pH mais baixo (6,24) foi o 7 no dia 04/04/2005. Os mais altos

ocorreram nos pontos 1 a 6, nos três dias de coleta. Neste período, o maior pH encontrado foi 7,48 (ponto 1, dia 05/04/2005) (figura 28).

Figura 28: Variação de pH no rio Jacupiranguinha, no período de 04 a 06 de abril de 2005.

Em julho, os pH variaram de neutros a alcalinos. Menores pH ocorreram em todos pontos, no primeiro dia de coleta (11/07/2005). Os mais altos foram obtidos no terceiro dia de coleta (13/07/2005), em todos os pontos. O menor pH encontrado foi 6,98 no ponto 1 e o maior foi 9,01 no 4 (figura 29).

Figura 29: Variação de pH no rio Jacupiranguinha, no período de 11 a 13 de julho de 2005.

Valores de pH variaram de ácidos a alcalinos em setembro. Os menores ocorreram em todos pontos, no primeiro dia de coleta (26/09/2005). Os maiores foram obtidos no terceiro dia de coleta (28/09/2005), em todos os pontos, exceto pontos 3 e 5. O menor pH

encontrado foi 3,72 no ponto 8, em 26/09/2005 e o maior foi 8,28 em 27/09/2005 no ponto 2 (figura 30).

Figura 30: Variação de pH no rio Jacupiranguinha, no período de 26 a 28 de setembro de 2005.

5.3.3 Condutividade elétrica

Tabela 4: Condutividades elétricas ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$) nos quatro períodos estudados, no rio Jacupiranguinha.

		Pontos												
Período		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Janeiro	26/01	45	47	47	50	53	56	934	146	202	157	95	72	34
	27/01	50	53	54	56	58	60	1225	256	234	214	220	135	38
	28/01	46	50	52	49	52	52	1206	193	184	188	204	104	38
	média	47	50	51	52	54	56	1132	198	207	186	173	104	37
Abril	04/04	231	247	230	244	251	250	259	349	371	335	323	264	241
	05/04	195	195	130	196	197	193	200	437	467	451	448	278	195
	06/04	204	201	197	199	202	203	194	487	503	488	485	299	119
	média	210	214	186	213	217	215	218	424	447	425	419	280	185
Julho	11/07	428	427	446	433	450	448	951	909	894	890	895	730	473
	12/07	417	423	434	427	513	508	1823	938	897	975	944	809	554
	13/07	485	484	498	491	486	489	1560	1039	957	965	956	805	552
	média	443	445	459	450	483	482	1445	962	916	943	932	781	526
Setembro	26/09	270	263	264	263	260	260	359	227	280	276	280	264	280
	27/09	261	262	259	260	257	258	443	336	331	284	321	296	268
	28/09	248	250	254	253	254	256	879	861	340	339	345	334	274
	média	260	258	259	259	257	258	560	475	317	300	315	298	274

As condutividades elétricas de janeiro apresentadas na tabela 4, mostram uma diferenciação a partir do ponto 7, o que indica a influência do efluente de uma indústria de fertilizantes no rio Jacupiranguinha.. Nos pontos 1 ao 6, a condutividade mostrou-se aparentemente uniforme. No dia 26/01/2005 ocorreram as menores condutividades em todos os pontos. As maiores condutividades foram encontradas no ponto 7, em todos os dias de amostragem, respectivamente 934, 1255 e 1206 $\mu\text{S.cm}^{-1}$. A menor foi de 34 $\mu\text{S.cm}^{-1}$ no ponto 13 (rio Guaraú). No rio Jacupiranguinha, a menor foi 45 $\mu\text{S.cm}^{-1}$, no ponto 1, em 26/01/2005.

Em abril, as condutividades mostram uma diferenciação a partir do ponto 8. Nos pontos de 1 a 7 e no 13 as maiores condutividades foram obtidas no primeiro dia de amostragem. Nos demais, as maiores foram obtidas no terceiro dia de coleta. O valor mínimo observado em abril foi 130 $\mu\text{S.cm}^{-1}$ no ponto 3, em 05/04/2005 e o máximo foi 503 $\mu\text{S.cm}^{-1}$ em 06/04/2005, no ponto 9.

As condutividades em julho, como em janeiro, apresentaram o mesmo padrão espacial, com aumento a partir do ponto 7. As menores condutividades foram observadas no primeiro dia de coleta (11/07/2005) em todos os pontos, exceto no 2, cuja menor ocorreu no segundo dia e foi de 417 $\mu\text{S.cm}^{-1}$. A maior foi encontrada no ponto 7, 1823 $\mu\text{S.cm}^{-1}$.

Em setembro, dos pontos 1 ao 6, as maiores condutividades foram obtidas no primeiro dia de coleta (26/09/2005) e as menores no terceiro dia. A partir do ponto 7, ocorreu o contrário: as maiores foram obtidas no terceiro dia (28/09/2005) e as menores, no primeiro dia de coleta. O valor mínimo e o máximo foram encontrados em setembro, em 20/09/2005 e foram 248 $\mu\text{S.cm}^{-1}$, no ponto 1 e 879 $\mu\text{S.cm}^{-1}$, no ponto 7.

5.3.4 Alcalinidade

Pode-se observar na figura 31 os valores médios de alcalinidade. Na coleta de julho eles foram maiores (exceto no ponto 7, que foi maior em setembro), seguidos pelos de abril, setembro e janeiro. O maior valor encontrado foi 0,91 meq.L⁻¹ no ponto 7 em setembro e o menor foi 0,10 meq.L⁻¹ no ponto 13, em janeiro.

Figura 31: Alcalinidades médias (meq.L⁻¹) dos três dias de coleta, nos quatro períodos estudados, no rio Jacupiranguinha.

Em relação à alcalinidade, observa-se pela figura 32, que em janeiro ela seguiu o mesmo padrão da condutividade, no qual há uma mudança significativa à partir do ponto 7. As menores alcalinidades foram encontradas no dia 26/01/2005 em todos os pontos amostrados, cujo mínimo foi 0,15 no ponto 11. As maiores foram obtidos em 27/01/2005, exceto nos pontos 7 e 11, com valor máximo de 0,52 meq. L⁻¹. O rio Guaraú (ponto 13) obteve as menores alcalinidades em todos os dias de amostragem em janeiro (respectivamente 0,09, 0,10 e 0,12 meq. L⁻¹).

Figura 32: Variação da alcalinidade (meq.L⁻¹) no rio Jacupiranguinha, no período de 26 a 28 de janeiro de 2005

Em abril, observa-se pela figura 33 que as alcalinidades não seguiram um padrão definido. O menor valor no rio Jacupiranguinha ($0,25 \text{ meq. L}^{-1}$) foi encontrado no dia 04/04/2005 no ponto 12. O maior valor ($0,64 \text{ meq. L}^{-1}$) foi observado no dia 05/04/2005 no ponto 11.

Figura 33: Variação da alcalinidade (meq.L^{-1}) no rio Jacupiranguinha, no período de 04 a 06 de abril de 2005.

Em julho também não houve padrão definido. O menor valor ($0,32 \text{ meq. L}^{-1}$) foi encontrado no rio Guaraú dia 12/07/2005; no rio Jacupiranguinha foi em 13/07/2005 no ponto 12 ($0,62 \text{ meq. L}^{-1}$). O maior ($0,85 \text{ meq. L}^{-1}$) foi encontrado no dia 13/07/2005, no ponto 5. (figura 34)

Figura 34: Variação da alcalinidade (meq.L^{-1}) no rio Jacupiranguinha, no período de 11 a 13 de julho de 2005.

Pela figura 35 observa-se que as menores alcalinidades, em setembro, foram obtidas no primeiro dia e aumentaram no segundo e terceiro dias, quando alcançaram os maiores valores desta coleta. A menor alcalinidade no rio Jacupiranguinha ($0,18 \text{ meq. L}^{-1}$) foi

encontrada em 26/09/2005 no ponto 12. A maior ($1,40 \text{ meq. L}^{-1}$) foi encontrada em 28/09/2005 no ponto 7.

Figura 35: Variação da alcalinidade (meq.L^{-1}) no rio Jacupiranguinha, no período de 26 a 28 de setembro de 2005.

5.3.5 Oxigênio dissolvido

Em relação ao oxigênio dissolvido, as maiores concentrações médias foram obtidas na coleta de setembro, seguidas pelas de abril, janeiro e julho, como pode ser visto na figura 36. No geral, para esta variável, obteve-se o mesmo padrão longitudinal em todos os pontos durante os quatro períodos analisados. Houve, porém, variação temporal, como esperado. A maior concentração foi $8,9 \text{ mg.L}^{-1}$ (94% de saturação) no ponto 13 em setembro, e a menor foi $3,6 \text{ mg.L}^{-1}$ (40,9 % de saturação) no ponto 4 em janeiro.

Figura 36: Concentrações e porcentagens médias de saturação de oxigênio dissolvido dos três dias de coleta, nos quatro períodos estudados, no rio Jacupiranguinha.

O rio Jacupiranguinha, na amostragem de janeiro 2005, apresentou concentrações oxigênio dissolvido entre 3,36 mg.L⁻¹ (40% de saturação) (ponto 7 em 26 e 27/01/2005) e 5,82 mg.L⁻¹ (68% de saturação) (ponto 6 em 26/01/2005) (figura 37).

Figura 37: Concentrações e porcentagens de saturação de oxigênio dissolvido no rio Jacupiranguinha, no período de 26 a 28 de janeiro de 2005

Em abril, as concentrações de oxigênio dissolvido ficaram entre 4,2 mg.L⁻¹ (42% de saturação) (ponto 10 em 04/05/2005) e 7,7 mg.L⁻¹ (77% de saturação) (ponto 6 em 05/04/2005) (figura 38). O segundo dia de amostragem foi o que apresentou as maiores concentrações e porcentagens em todos os pontos.

Figura 38: Concentrações e porcentagens de saturação de oxigênio dissolvido no rio Jacupiranguinha, no período de 04 a 06 de abril de 2005

Em julho foram obtidas as menores concentrações de oxigênio dissolvido de todos os períodos amostrais (figura 39). A concentração mínima foi encontrada no ponto 7 em 13/07/2005 e foi 3,04 mg.L⁻¹ (34,4% de saturação); a máxima foi 6,31 mg.L⁻¹ (65,3% de saturação) no ponto 1 em 11/07/2005. Não houve padrão definido para esta variável em julho.

Figura 39: Concentrações e porcentagens de saturação de oxigênio dissolvido rio Jacupiranguinha, no período de 11 a 13 de julho de 2005.

O rio Jacupiranguinha, na amostragem de setembro de 2005, apresentou as maiores concentrações de oxigênio dissolvido de todos os períodos amostrais. Elas ficaram entre $4,63 \text{ mg.L}^{-1}$ (49,7% de saturação) (ponto 10 em 27/09/2005) e $9,17 \text{ mg.L}^{-1}$ (94,7% de saturação) (ponto 1 em 27/07/2005) (figura 40). As concentrações de oxigênio dissolvido foram maiores no primeiro dia em nove dos treze pontos amostrados.

Figura 40: Concentrações e porcentagens de saturação de oxigênio dissolvido rio Jacupiranguinha, no período de 26 a 28 de setembro de 2005.

5.3.6 Sólidos suspensos inorgânicos e orgânicos

Nas figuras 41 e 42 podem ser observados os valores médios das concentrações de sólidos suspensos inorgânicos e orgânicos, respectivamente. As maiores médias de sólidos suspensos orgânicos ocorreram em janeiro e setembro, devido às chuvas; para os sólidos inorgânicos, as maiores médias foram obtidas em janeiro nos pontos de 1 a 9 e, em setembro, nos pontos de 10 a 13. Também pelas figuras 41 e 42, pode-se observar que ocorreu predomínio de material inorgânico. Para os sólidos suspensos inorgânicos, a maior concentração encontrada foi 133,0 mg.L⁻¹ no ponto 11 em setembro, e a menor foi 1,33 mg.L⁻¹ no ponto 11, em julho. Para os sólidos suspensos orgânicos, a maior concentração encontrada foi 18,83 mg.L⁻¹ em setembro no ponto 11 e o menor foi 1,42 mg.L⁻¹ em julho no ponto 4.

Figura 41: Concentrações médias de sólidos suspensos inorgânicos (mg.L^{-1}) dos três dias de coleta, nos quatro períodos estudados, no rio Jacupiranguinha.

Figura 42: Concentrações médias de sólidos suspensos orgânicos (mg.L^{-1}) dos três dias de coleta, nos quatro períodos estudados, no rio Jacupiranguinha.

Em janeiro, as concentrações de sólidos suspensos orgânicos e inorgânicos oscilaram durante os dias de amostragem devido às chuvas, como pode ser visto nas figuras 43 e 44. Os maiores valores do primeiro dia (exceto nos pontos 11, 12 e 13) relacionaram-se à grande precipitação ocorrida neste dia (figura 8 das variáveis hidrológicas). A concentração mínima de sólidos suspensos inorgânicos foi 21mg.L^{-1} no ponto 2 em 28/01/2005 e a máxima foi $205,3\text{ mg.L}^{-1}$ no ponto 8 em 26/01/2005. Em relação aos sólidos orgânicos, a mínima foi $4,0\text{ mg.L}^{-1}$ no ponto 7 em 28/01/2005 e a máxima, $32,8\text{ mg.L}^{-1}$ no ponto 8 em 26/01/2005.

Figura 43: Variação diária das concentrações de sólidos suspensos inorgânicos (mg.L^{-1}) no rio Jacupiranguinha, no período de 26 a 28 de janeiro de 2005

Figura 44: Variação diária das concentrações de sólidos suspensos orgânicos (mg.L^{-1}) no rio Jacupiranguinha, no período de 26 a 28 de janeiro de 2005.

Em abril, as concentrações apresentaram padrão de decréscimo ao longo dos três dias de amostragem, como pode ser visto nas figuras 45 e 46. O mesmo ocorreu com as concentrações de julho (figuras 47 e 48) e setembro (figuras 49 e 50). Isto pode ser devido ao fato de ter ocorrido, coincidentemente, chuvas fortes sempre no primeiro dia de coleta destes três períodos (figuras 9, 10 e 11 das variáveis hidrológicas).

A concentração mínima de sólidos inorgânicos em abril foi $0,0 \text{ mg.L}^{-1}$ no ponto 1 em 06/04/2005 e a máxima, $241,5 \text{ mg.L}^{-1}$ no ponto 10 em 04/06/2005. Os sólidos orgânicos

oscilaram entre $1,75 \text{ mg.L}^{-1}$ (ponto 4 em 06/04/2005) e $21,75 \text{ mg.L}^{-1}$ (pontos 5 e 6 em 04/05/2005).

Figura 45: Variação diária das concentrações de sólidos suspensos inorgânicos (mg.L^{-1}) no rio Jacupiranguinha, no período de 04 a 06 de abril de 2005.

Figura 46: Variação diária das concentrações de sólidos suspensos orgânicos (mg.L^{-1}) no rio Jacupiranguinha, no período de 04 a 06 de abril de 2005.

Em julho, a concentração mínima de sólidos suspensos inorgânicos foi $0,5 \text{ mg.L}^{-1}$ (pontos 6 e 7, em 11/07/2005) e a máxima, 18 mg.L^{-1} (pontos 3 e 4 em 11/07/2005). As concentrações de sólidos orgânicos variaram de $0,25 \text{ mg.L}^{-1}$ no ponto 3, em 12/07/2005 a $6,75 \text{ mg.L}^{-1}$ no ponto 7, em 11/07/2005 (figuras 47 e 48).

Figura 47: Variação diária das concentrações de sólidos suspensos inorgânicos (mg.L^{-1}) no rio Jacupiranguinha, no período de 11 a 13 de julho de 2005.

Figura 48: Variação diária das concentrações de sólidos suspensos orgânicos (mg.L^{-1}) no rio Jacupiranguinha, no período de 11 a 13 de julho de 2005.

Pelas figuras 49 e 50, pode-se ver que a concentração mínima de sólidos suspensos inorgânicos em setembro foi $0,0 \text{ mg.L}^{-1}$ (ponto 1 em 28/09/2005) e a máxima, $227,5 \text{ mg.L}^{-1}$ no ponto 10 em 26/09/2005. A concentração mínima de sólidos orgânicos foi $1,5 \text{ mg.L}^{-1}$ no ponto 4, em 28/09/2005 e a máxima em 26/09/2005, no ponto 12 ($29,5 \text{ mg.L}^{-1}$).

Figura 49: Variação diária das concentrações de sólidos suspensos inorgânicos (mg.L^{-1}) no rio Jacupiranguinha, no período de 26 a 28 de setembro de 2005.

Figura 50: Variação diária das concentrações de sólidos suspensos orgânicos (mg.L^{-1}) no rio Jacupiranguinha, no período de 26 a 28 de setembro de 2005.

5.3.7 Demanda Química de Oxigênio

A figura 51 mostra que a DQO no rio Jacupiranguinha apresentou valores médios maiores em setembro em quase todos os pontos (exceto no ponto 4 que foi maior em abril). Não houve padrão longitudinal definido para esta variável. Em janeiro, ocorreram as menores oscilações espaciais. A maior DQO média encontrada foi 145 mg.L^{-1} no ponto 5 em setembro e a menor foi de 21 mg.L^{-1} no ponto 11 em abril.

Figura 51: Valores médios da Demanda Química do Oxigênio (mg.L⁻¹) dos três dias de coleta, nos quatro períodos estudados, no rio Jacupiranguinha.

Na figura 52 são apresentados os resultados da demanda química de oxigênio (DQO), obtidos nos pontos de amostragem do rio Jacupiranguinha, em janeiro. A maior DQO ocorreu no ponto 6, em 26/01/2005 (100,51 mg.L⁻¹) e a menor de 24,91 mg.L⁻¹ no ponto 4.

Figura 52: Variação diária da Demanda Química de Oxigênio (mg.L⁻¹) no rio Jacupiranguinha, no período de 26 a 28 de janeiro de 2005.

Os resultados da DQO em abril estão apresentados na figura 53. A maior DQO ocorreu no ponto 5 em 04/04/2005 (144,43 mg.L⁻¹) e a menor foi 3,26 mg.L⁻¹ em 06/04/2005, no ponto 3.

Figura 53: Variação diária da Demanda Química de Oxigênio (mg.L^{-1}) no rio Jacupiranguinha, no período de 04 a 06 de abril de 2005.

Em julho, a maior DQO ocorreu no ponto 3 em 12/07/2005 ($153,7 \text{ mg.L}^{-1}$) e a menor foi $15,1 \text{ mg.L}^{-1}$ em 13/07/2005, no ponto 13 (figura 54).

Figura 54: Variação diária da Demanda Química de Oxigênio (mg.L^{-1}) no rio Jacupiranguinha, no período de 11 a 13 de julho de 2005.

Na figura 55 são apresentados os resultados da DQO de setembro. A maior ocorreu no ponto 13 em 27/09/2005 e foi $172,8 \text{ mg.L}^{-1}$ e a menor foi $21,1 \text{ mg.L}^{-1}$ em 27/09/2005, no ponto 7. Como nos três períodos anteriores, houve variação espacial e temporal da DQO e esta variação não seguiu padrão definido.

Figura 55: Variação diária da Demanda Química de Oxigênio (mg.L^{-1}) no rio Jacupiranguinha, no período de 26 a 28 de setembro de 2005.

5.3.8 Nutrientes totais na água

5.3.8.1 Nitrogênio total

As formas nitrogenadas totais não apresentaram padrão definido ao longo do eixo longitudinal do rio e durante as estações do ano amostradas. Porém, pode-se notar que, em geral, as concentrações médias de nitrogênio total (figura 56) foram maiores em janeiro. Neste período foram encontradas a maior concentração média ($4,29 \text{ mg.L}^{-1}$) no ponto 6 e a menor de $0,40 \text{ mg.L}^{-1}$ no ponto 12.

Os pontos que apresentaram as maiores concentrações de nitrogênio total foram o 6 (após a entrada do efluente da ETE), fonte pontual de poluição, pontos 8, 10 e 11, fontes difusas (loais com plantações de banana, nas quais, provavelmente, são utilizados fertilizantes químicos).

Figura 56: Concentrações médias de nitrogênio total (mg.L⁻¹) dos três dias de coleta, nos quatro períodos estudados, no rio Jacupiranguinha.

As concentrações de nitrogênio total da coleta de janeiro estão apresentadas na figura 57. A concentração mínima obtida foi 0,37 mg.L⁻¹ no ponto 12 em 28/01/2005 e a máxima foi 9,99 mg.L⁻¹ no ponto 11 em 26/01/2005. Em geral, a distribuição no eixo longitudinal do rio não seguiu padrão definido.

Figura 57: Concentrações de nitrogênio total (mg.L⁻¹) no rio Jacupiranguinha, no período de 26 a 28 de janeiro de 2005.

Em abril, as concentrações de nitrogênio total variaram de 1,21 mg.L⁻¹ (ponto 3 em 05/04/2005) a 3,55 mg.L⁻¹ (ponto 2 em 04/04/2005) e estão apresentadas na figura 58.

Figura 58: Concentrações de nitrogênio total (mg.L⁻¹) no rio Jacupiranguinha, no período de 04 a 06 de abril de 2005.

A figura 59 mostra as concentrações de nitrogênio total em julho. A concentração mínima foi 0,19 mg.L⁻¹ no ponto 11 em 11/07/2005 e a máxima foi 3,92 mg.L⁻¹ no ponto 7 no mesmo dia.

Figura 59: Concentrações de nitrogênio total (mg.L⁻¹) no rio Jacupiranguinha, no período de 11 a 13 de julho de 2005.

Em setembro, assim como nos demais períodos amostrados, não houve padrão definido de distribuição longitudinal. Neste período a concentração mínima obtida foi 1,59 mg.L⁻¹ no ponto 5 em 26/09/2005 e a máxima 5,13 mg.L⁻¹ no ponto 6 no mesmo dia, como pode ser observado na figura 60.

Figura 60: Concentrações de nitrogênio total (mg.L⁻¹) no rio Jacupiranguinha, no período de 26 a 28 de setembro de 2005.

5.3.8.2 Nitrogênio amoniacal

Para o nitrogênio amoniacal a maior concentração média encontrada foi 1,37 mg.L⁻¹ no ponto 6 em janeiro e a menor foi 0,31 mg.L⁻¹ em abril no ponto 9 (figura 61).

Figura 61: Concentrações médias de nitrogênio amoniacal (mg.L⁻¹) dos três dias de coleta, nos quatro períodos estudados, no rio Jacupiranguinha.

As concentrações de nitrogênio amoniacal da coleta de janeiro estão apresentadas na figura 62. A concentração mínima obtida foi 0,20 mg.L⁻¹ no ponto 1 em 27/01/2005 e a máxima foi 1,79 mg.L⁻¹ no ponto 3 em 26/01/2005 e ponto 6 em 27/01/2005. Em geral, a distribuição no eixo longitudinal do rio não seguiu padrão definido.

Figura 62: Concentrações de nitrogênio amoniaco (mg.L^{-1}) no rio Jacupiranguinha, no período de 26 a 28 de janeiro de 2005.

Em abril, as concentrações de nitrogênio amoniaco variaram de $0,25 \text{ mg.L}^{-1}$ (ponto 7 em 05/04/2005) a $1,40 \text{ mg.L}^{-1}$ (ponto 5 em 04/04/2005) e estão apresentadas na figura 63.

Figura 63: Concentrações de nitrogênio amoniaco (mg.L^{-1}) no rio Jacupiranguinha, no período de 04 a 06 de abril de 2005.

A figura 64 mostra as concentrações de nitrogênio amoniaco em julho. A concentração mínima foi $0,25 \text{ mg.L}^{-1}$ no ponto 5 em 11/07/2005 e a máxima foi $1,71 \text{ mg.L}^{-1}$ no ponto 8 em dia 12/07/2005.

Figura 64: Concentrações de nitrogênio amoniacal (mg.L^{-1}) no rio Jacupiranguinha, no período de 11 a 13 de julho de 2005.

Em setembro, assim como nos demais períodos amostrados, não houve padrão definido de distribuição longitudinal. Neste período a concentração mínima obtida foi $0,20 \text{ mg.L}^{-1}$ no ponto 8 em 26/09/2005 e a máxima $1,04 \text{ mg.L}^{-1}$ no ponto 8 em 27/09/2005 (figura 65).

Figura 65: Concentrações de nitrogênio amoniacal (mg.L^{-1}) no rio Jacupiranguinha, no período de 26 a 28 de setembro de 2005.

5.3.8.3 Fósforo total

Da mesma forma que para as formas nitrogenadas, a concentração de fósforo total não apresentou padrão de distribuição ao longo do rio. Como mostrado na tabela 5, dos pontos 1 ao 6, exceto ponto 5, os valores médios da concentração de fósforo total foram maiores em abril. Nos demais pontos (7 ao 13), as médias foram maiores em julho.

Tabela 5: Concentrações de fósforo total (mg.L⁻¹) nos quatro períodos estudados no rio Jacupiranguinha.

		Pontos												
Período		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Janeiro	26/01	0,04	0,13	0,03	0,41	4,73	0,03	6,30	15,63	17,35	13,14	0,36	4,65	0,05
	27/01	0,16	0,08	0,29	0,11	0,10	0,24	49,39	5,87	22,16	14,80	10,22	6,51	0,43
	28/01	0,16	0,37	0,17	0,13	0,35	0,27	45,97	4,35	7,06	5,04	6,61	10,48	0,13
	média	0,12	0,19	0,16	0,22	1,73	0,18	33,89	8,62	15,52	10,99	5,73	7,21	0,21
Abril	04/04	0,07	0,19	0,60	0,58	0,41	0,16	28,39	0,75	26,96	18,04	16,83	5,17	0,14
	05/04	0,05	0,52	0,47	0,38	0,27	0,29	29,34	14,09	25,05	17,54	13,38	14,46	0,18
	06/04	1,09	0,05	0,45	0,09	0,28	0,22	4,95	18,96	32,13	23,80	34,84	18,49	0,17
	média	0,40	0,25	0,51	0,35	0,32	0,22	20,89	11,27	28,05	19,79	21,68	12,70	0,17
Julho	11/07	0,03	0,03	0,08	0,01	0,14	0,11	81,94	36,63	30,61	48,18	53,84	32,42	0,21
	12/07	0,62	0,36	0,02	0,09	0,24	0,39	128,79	42,18	33,48	34,08	25,90	22,48	0,60
	13/07	0,16	0,30	0,03	0,20	0,09	0,30	161,02	40,23	106,00	60,32	43,88	30,04	0,27
	média	0,27	0,23	0,04	0,10	0,16	0,17	123,92	69,68	56,70	47,53	41,20	28,31	0,36
Setembro	26/09	0,07	0,24	0,18	0,15	0,18	0,31	28,90	3,16	2,19	2,67	2,74	1,07	0,12
	27/09	0,04	0,10	0,14	0,11	0,11	0,14	14,53	10,20	8,58	2,37	7,88	4,56	0,28
	28/09	0,01	0,16	0,01	0,02	0,04	0,17	23,68	3,77	3,47	8,92	8,15	3,37	0,41
	média	0,04	0,17	0,11	0,09	0,11	0,20	22,37	5,71	4,75	4,65	6,25	3,00	0,27

Em janeiro, a concentração mínima de fósforo total encontrada foi 0,03 mg.L⁻¹ nos pontos 3 e 6 em 26/01/2005 e a máxima foi 49,39 mg.L⁻¹ no ponto 7 em 27/01/2005.

Em abril, a menor concentração de fósforo total foi 0,05 mg.L⁻¹ nos pontos 1, em 05/04/2005 e 2, em 06/04/2005 e a maior foi 34,84 mg.L⁻¹ no ponto 11 em 06/04/2005.

Em julho, a concentração mínima de fósforo total foi 0,01 mg.L⁻¹ no ponto 4 em 11/07/2005 e a máxima foi 161,02 mg.L⁻¹ no ponto 7 em 13/07/2005.

A concentração mínima de fósforo total em setembro foi 0,01 mg.L⁻¹ nos pontos 1 e 3 em 28/09/2005 e a máxima foi 28,90 mg.L⁻¹ em 26/09/2005, no ponto 7.

5.3.9 Nutrientes dissolvidos na água

5.3.9.1 Nitrito

Exceto pelos pontos 5 e 6 em julho, as concentrações médias de nitrito foram maiores em janeiro e setembro, seguidas pelas de abril e julho, respectivamente, como pode ser visto na figura 66. A maior concentração média de nitrito ($5,74 \mu\text{g.L}^{-1}$ no ponto 6) e a menor ($0,08 \mu\text{g.L}^{-1}$ no ponto 10) foram observadas em julho.

Figura 66: Concentrações médias de nitrito ($\mu\text{g.L}^{-1}$) dos três dias de coleta, nos quatro períodos estudados, no rio Jacupiranguinha.

Na figura 67 estão as concentrações de nitrito do rio Jacupiranguinha em janeiro. A concentração mínima foi $1,03 \mu\text{g.L}^{-1}$ no ponto 8 em 28/01/2005 e a máxima foi $5,29 \mu\text{g.L}^{-1}$ no ponto 5 em 26/01/2005.

Figura 67: Concentrações de nitrito ($\mu\text{g.L}^{-1}$) no rio Jacupiranguinha, no período de 26 a 28 de janeiro de 2005.

Em 05/04/2005, foram observadas a menor ($0,50 \mu\text{g.L}^{-1}$ no ponto 9) e a maior ($1,96 \mu\text{g.L}^{-1}$ no ponto 7) concentrações de nitrito (figura 68).

Figura 68: Concentrações de nitrito ($\mu\text{g.L}^{-1}$) no rio Jacupiranguinha, no período de 04 a 06 de abril de 2005.

Em 11/07/2005 foram observadas a menor concentração ($0,06 \mu\text{g.L}^{-1}$ no ponto 11) e a maior ($6,82 \mu\text{g.L}^{-1}$ no ponto 6), como pode ser visto na figura 69.

Figura 69: Concentrações de nitrito ($\mu\text{g.L}^{-1}$) no rio Jacupiranguinha, no período de 11 a 13 de julho de 2005.

Na coleta de setembro, a concentração mínima de nitrito encontrada foi $1,43 \mu\text{g.L}^{-1}$ no ponto 8, em 28/09/2005 e a máxima foi $6,46 \mu\text{g.L}^{-1}$ em 27/09/2005, no ponto 10 (figura 70).

Figura 70: Concentrações de nitrito ($\mu\text{g.L}^{-1}$) no rio Jacupiranguinha, no período de 26 a 28 de setembro de 2005.

5.3.9.2 Nitrato

Em relação ao nitrato, nota-se pela figura 71, que as maiores concentrações médias deste composto ocorreram no mês de setembro, (exceto no ponto 7, que ocorreu em abril) e as menores ocorreram em julho. A maior concentração média obtida para o nitrato foi de $1,92 \mu\text{g.L}^{-1}$ no ponto 7, em abril e a menor foi de $0,31 \mu\text{g.L}^{-1}$ no ponto 1, em julho.

Figura 71: Concentrações médias de nitrato ($\mu\text{g.L}^{-1}$) dos três dias de coleta, nos quatro períodos estudados, no rio Jacupiranguinha.

Na figura 72 estão as concentrações de nitrato do rio Jacupiranguinha em janeiro. A concentração mínima foi $0,46 \mu\text{g.L}^{-1}$ no ponto 1, em 27/01/2005 e a máxima foi $1,47 \mu\text{g.L}^{-1}$ no ponto 7, em 26/01/2005.

Figura 72: Concentrações de nitrato ($\mu\text{g.L}^{-1}$) no rio Jacupiranguinha, no período de 26 a 28 de janeiro de 2005.

Em abril, em 06/04/2005, ocorreram a menor concentração de nitrato de $0,46 \mu\text{g.L}^{-1}$ no ponto 1 e a maior de $3,90 \mu\text{g.L}^{-1}$ no ponto 7, como pode ser visto na figura 73.

Figura 73: Concentrações de nitrato ($\mu\text{g.L}^{-1}$) no rio Jacupiranguinha no período de 04 a 06 de abril de 2005.

Em 11/07/2005 foram observadas a menor concentração de nitrato ($0,30 \mu\text{g.L}^{-1}$ no ponto 1) e a maior ($0,73 \mu\text{g.L}^{-1}$ no ponto 12), como pode ser visto na figura 74.

Figura 74: Concentrações de nitrato ($\mu\text{g.L}^{-1}$) no rio Jacupiranguinha, no período de 11 a 13 de julho de 2005.

Na coleta de setembro, a concentração mínima de nitrato encontrada foi $0,86 \mu\text{g.L}^{-1}$ no ponto 1, em 28/09/2005 e a máxima foi $2,13 \mu\text{g.L}^{-1}$ em 26/09/2005, no ponto 3 (figura 75).

Figura 75: Concentrações de nitrato ($\mu\text{g.L}^{-1}$) no rio Jacupiranguinha, no período de 26 a 28 de setembro de 2005.

5.3.9.3 Fósforo inorgânico

As concentrações de fósforo inorgânico estão apresentadas na tabela 6.

Em janeiro, a concentração mínima de fósforo inorgânico foi $0,01 \text{ mg.L}^{-1}$ nos pontos 1, 3 e 4, em 26/01/2005, e 2, 3 e 4, em 28/09/2005 e a máxima foi $27,90 \text{ mg.L}^{-1}$ no ponto 10 em 26/01/2005.

Em abril, na primeira região, a menor concentração de fosfato inorgânico foi 0,01 mg.L⁻¹ nos pontos 2 e 3, em 04/04/2005, pontos 1, 2 e 4 em 05/04/2005 e pontos 1, 2 e 5, em 06/04/2005 e a maior foi 41,50 mg.L⁻¹ no ponto 7 em 04/04/2005.

Em julho, a concentração mínima de fosfato inorgânico 0,01 mg.L⁻¹ no ponto 1, em 11/07/2005 e no ponto 2 em 12/07/2005 e a máxima foi 274,95 mg.L⁻¹ no ponto 7 em 13/07/2005.

A concentração mínima de fosfato inorgânico em setembro foi 0,01 mg.L⁻¹ nos pontos 3, 5 e 6, em 26/09/2005 e em 27/09/2005 e a máxima foi 46,59 mg.L⁻¹ em 28/09/2005, no ponto 7.

Tabela 6: Concentrações de fosfato inorgânico (mg.L⁻¹) nos quatro períodos estudados, no rio Jacupiranguinha.

		Pontos												
Período		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Janeiro	26/01	0,01	*	0,01	0,01	0,05	0,03	24,09	7,92	20,95	27,90	4,90	27,65	0,01
	27/01	0,34	0,03	0,04	0,02	0,02	0,04	---	27,25	27,55	11,60	26,65	4,85	0,04
	28/01	0,04	0,01	0,01	0,01	0,03	0,02	---	19,35	10,90	16,40	12,90	14,30	0,02
	média	0,13	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	24,09	18,17	19,80	18,60	14,83	15,60	0,02
Abril	04/04	0,29	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03	41,50	14,88	18,45	9,61	9,91	5,49	0,02
	05/04	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	10,68	19,89	30,28	31,26	32,90	12,87	0,03
	06/04	0,01	0,01	*	0,05	0,01	0,02	13,50	32,68	35,21	31,72	31,74	39,95	0,02
	média	0,10	0,01	0,01	0,03	0,02	0,02	17,84	22,48	27,98	24,20	24,85	19,44	0,02
Julho	11/07	0,01	*	*	0,03	0,02	0,07	91,61	41,59	49,42	50,15	53,63	37,83	69,34
	12/07	0,97	0,01	0,03	*	0,03	*	140,99	50,42	50,46	49,48	57,48	43,87	68,51
	13/07	0,97	*	*	*	0,08	0,04	274,96	109,38	105,25	57,84	55,98	49,85	0,78
	média	0,65	*	0,01	0,01	0,04	0,03	169,18	67,13	68,38	52,49	55,70	43,85	46,21
Setembro	26/09	0,02	0,03	0,01	0,02	0,01	0,01	28,72	6,67	2,99	1,93	2,37	1,57	2,56
	27/09	0,02	*	0,01	0,05	0,01	0,01	38,52	11,24	9,56	4,20	10,28	5,60	0,08
	28/09	0,04	0,02	0,02	*	0,02	0,03	46,59	13,15	25,98	10,85	14,82	10,28	0,26
	média	0,03	0,02	0,01	0,03	0,01	0,02	37,94	10,35	12,84	5,66	9,16	5,82	0,97

* inferior ao limite de detecção do método (L= 0,01 m.L⁻¹)

--- amostras perdidas

5.3.9.4 Fوسفato total dissolvido

As concentrações de fوسفato total dissolvido (tabela 7) apresentaram variações temporais aleatórias. Nos pontos 3, 4 e 5, as médias foram maiores em janeiro. Em abril, ela foi maior somente no ponto 2. Nos demais pontos, as médias foram maiores em julho.

Tabela 7: Concentrações de fوسفato total dissolvido (mg.L⁻¹) nos quatro períodos estudados no rio Jacupiranguinha.

		Pontos												
Período		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Janeiro	26/01	0,02	0,05	0,34	0,05	0,01	0,04	29,13	13,00	17,85	28,85	6,00	4,80	0,04
	27/01	0,37	0,05	0,04	18,54	15,53	0,03	122,80	28,05	23,55	22,45	23,35	9,95	0,04
	28/01	0,03	0,04	0,05	0,02	0,03	0,05	117,23	15,40	15,55	17,45	31,65	27,45	0,05
	média	0,14	0,05	0,15	6,20	5,19	0,04	89,72	18,82	18,98	22,92	20,33	14,07	0,04
Abril	04/04	0,30	0,03	0,05	0,05	0,06	0,04	27,72	28,57	28,80	20,43	17,77	8,57	0,04
	05/04	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,06	16,14	25,08	31,44	33,34	32,74	32,60	0,32
	06/04	0,36	0,32	0,04	0,07	0,05	0,10	3,38	2,40	3,37	5,82	32,80	13,98	0,11
	média	0,23	0,12	0,04	0,05	0,05	0,07	15,75	18,69	21,21	19,86	27,77	18,38	0,16
Julho	11/07	0,03	0,02	0,02	0,03	0,05	0,12	109,75	2,25	54,36	51,67	55,43	47,76	2,79
	12/07	2,06	0,05	0,03	0,03	0,07	0,05	162,68	59,45	54,10	56,41	61,92	48,99	7,66
	13/07	2,40	0,03	0,02	0,02	0,15	0,09	122,45	57,72	60,48	63,72	60,63	46,07	1,97
	média	1,49	0,03	0,03	0,03	0,09	0,09	131,63	39,81	56,31	57,27	59,33	47,61	4,14
Setembro	26/09	0,04	0,03	0,01	0,04	0,02	0,02	21,44	8,41	2,46	1,84	2,03	2,30	0,03
	27/09	0,03	0,01	0,03	0,07	0,01	0,01	32,22	15,28	6,46	6,60	5,88	6,49	0,08
	28/09	0,04	0,04	0,03	0,01	0,05	0,06	37,26	10,16	31,04	12,76	15,81	14,04	0,26
	média	0,04	0,03	0,02	0,04	0,02	0,03	30,30	11,29	13,32	7,07	7,91	7,61	0,12

Em janeiro, a concentração mínima de fوسفato total dissolvido foi 0,01 mg.L⁻¹ no ponto 5 em 26/01/2005 e a máxima foi 122,80 mg.L⁻¹ no ponto 7 em 27/01/2005.

Em abril, a menor concentração foi 0,02 mg.L⁻¹ no ponto 2 em 05/04/2005 e a maior foi 33,34 mg.L⁻¹ no ponto 10 em 05/04/2005.

Em julho, a concentração mínima de fوسفato total dissolvido foi 0,02 mg.L⁻¹ nos pontos 2 e 3 em 11/07/2005 e pontos 3 e 4, em 13/07/2005 e a máxima foi 162,68 mg.L⁻¹ no ponto 7 em 12/07/2005.

A concentração mínima em setembro foi 0,01 mg.L⁻¹ no ponto 3, em 26/09/2005, pontos 2, 5 e 6, em 27/09/2005 e ponto 4, em 28/09/2005 e a máxima foi 37,259 mg.L⁻¹ em 28/09/2005 no ponto 7.

5.3.9.5 Silicato reativo

As concentrações de silicato reativo apresentaram-se, em média, maiores no mês de abril, seguidas pelas de julho e setembro (figura 76). Em janeiro, as concentrações de silicato estiveram abaixo do limite de detecção do método que é de $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$ e, portanto, não constam da figura.

Figura 76: Valores médios da concentração de silicato reativo (mg.L^{-1}) dos três dias de coleta, nos quatro períodos estudados no rio Jacupiranguinha.

Em abril, elas apresentaram-se, em média, maiores nos pontos de 1 a 7 nos três dias de coleta. A maior concentração encontrada foi $7,22 \text{ mg.L}^{-1}$ no ponto 3, dia 05/04/2005. A menor foi determinada para o ponto 9, no dia 06/04/2005 e foi de $1,30 \text{ mg.L}^{-1}$ (figura 77).

Figura 77: Variação das concentrações de silicato reativo (mg.L^{-1}) no rio Jacupiranguinha, no período de 04 a 06 de abril de 2005.

A maior concentração de silicato encontrada em julho (13/07/2005) foi $1,12 \text{ mg.L}^{-1}$ no ponto 5. A menor foi encontrada nos pontos 11 e 12, no dia 11/07/2005 e foi de $0,10 \text{ mg.L}^{-1}$ (figura 78).

Figura 78: Variação das concentrações de silicato reativo (mg.L^{-1}) no rio Jacupiranguinha, no período de 11 a 13 de julho de 2005.

Em setembro, elas apresentaram-se, em média, maiores nos pontos de 1 a 6 nos três dias de coleta (figura 79). A concentração máxima obtida foi de $1,33 \text{ mg.L}^{-1}$ no ponto 3, em 26/09/2005 e a mínima foi de $0,22$ no ponto 10, em 28/09/2005.

Figura 79: Variação das concentrações de silicato reativo (mg.L^{-1}) no rio Jacupiranguinha, no período de 26 a 28 de setembro de 2005.

5.4 Análise numérica

A análise de agrupamento da média do conjunto de dados físicos e químicos da água da coleta de janeiro de 2005 (figura 80) reuniu os pontos amostrais em 3 grupos no perfil longitudinal: pontos 1 ao 6 e ponto 13, correspondente ao rio Guaraú (grupo 1); pontos 8 ao 12 (grupo 2) e ponto 7 (grupo 3), quando considerada a distância euclidiana de 10.000.

Em abril, considerando-se a mesma distância, foram formados apenas dois grupos: pontos 1 ao 6 e 13 (grupo 1) e pontos 7 ao 12 (grupo 2) (figura 81).

As médias dos dados físicos e químicos da água em julho (figura 82) reuniu os pontos em 7 grupos, quando se considerou uma distância euclidiana de 10.000: pontos 1, 2 e 3 (grupo 1); pontos 4, 5, 6 e 13 (grupo 2); ponto 8 (grupo 3), ponto 9 (grupo 4), pontos 10 e 11 (grupo 5), ponto 12 (grupo 6) e ponto 7 (grupo 7).

Em setembro, o agrupamento dos pontos de coleta foi semelhante ao ocorrido em janeiro, provavelmente devido às altas precipitações ocorridas também neste período. Portanto, os pontos foram reunidos nos mesmos grupos de janeiro (figura 83).

Figura 80: Dendrograma da análise de agrupamento das médias das variáveis físicas e químicas da água nos pontos do rio Jacupiranguinha, em janeiro.

Figura 81: Dendrograma da análise de agrupamento das médias das variáveis físicas e químicas da água nos pontos do rio Jacupiranguinha, em abril.

Figura 82: Dendrograma da análise de agrupamento das médias das variáveis físicas e químicas da água nos pontos do rio Jacupiranguinha, em julho.

Figura 83: Dendrograma da análise de agrupamento das médias das variáveis físicas e químicas da água nos pontos do rio Jacupiranguinha, em setembro.

5.5 Nitrogênio total do sedimento

As concentrações de nitrogênio do sedimento (mg.g^{-1}) são mostradas na figura 84. Dos treze pontos amostrados, seis apresentaram as maiores concentrações em setembro e quatro em janeiro, períodos de maiores precipitações e maiores vazões. As menores concentrações foram obtidas, na maioria dos pontos (exceto ponto 9), em abril. O maior valor encontrado foi $1,41 \text{ mg.g}^{-1}$ no ponto 13, em setembro e o menor valor foi $0,01 \text{ mg.g}^{-1}$ no ponto 3, em abril.

Figura 84: Variação das concentrações de nitrogênio total do sedimento (mg.g^{-1}) no rio Jacupiranguinha, nos quatro períodos estudados.

5.6 Fósforo total do sedimento

As concentrações de fósforo total do sedimento estão na tabela 8. Houve variação espacial e temporal, com aumento das concentrações a partir do ponto 6 e nos períodos de menores vazão e precipitação (abril e julho). O maior valor encontrado foi $10,50 \text{ mg.g}^{-1}$ no ponto 7, em janeiro e o menor foi $0,02 \text{ mg.g}^{-1}$ no ponto 2, em abril.

Tabela 8: Variação das concentrações de fósforo total do sedimento (mg.g^{-1}) no rio Jacupiranguinha, nos quatro períodos estudados.

<i>Pontos</i>	<i>Janeiro</i>	<i>Abril</i>	<i>Julho</i>	<i>Setembro</i>
1	0,12	0,10	0,23	0,55
2	0,13	0,02	0,76	0,03
3	0,32	0,23	0,10	1,12
4	0,30	0,23	0,85	0,27
5	0,17	1,60	1,72	1,52
6	0,50	3,00	6,40	0,05
7	10,50	0,20	7,20	1,47
8	1,40	0,60	3,90	1,28
9	1,70	9,60	7,10	1,21
10	1,70	4,80	1,04	1,61
11	0,83	3,00	1,40	0,90
12	0,44	0,20	1,65	0,76
13	0,35	0,33	0,41	0,63

5.7 Matéria orgânica do sedimento

A porcentagem de matéria orgânica do sedimento do rio Jacupiranguinha está representada na figura 85. Nos pontos 1, 3, 8, 10, 12 e 13 as maiores porcentagens de matéria orgânica ocorreram no mês de setembro. Nos pontos 9, 10 e 11 elas foram obtidas em abril. Em janeiro a porcentagem de matéria orgânica foi maior nos pontos 2, 4 e 7. Em julho, a maior porcentagem ocorreu no ponto 5. A porcentagem mínima foi 0,45% no ponto 8, em abril e a máxima foi 9,91% no ponto 13, em setembro.

Figura 85: Porcentagem de matéria orgânica do sedimento do rio Jacupiranguinha nos quatro períodos estudados.

5.8 Granulometria do sedimento

Os dados de granulometria do sedimento do rio Jacupiranguinha dos meses de amostragem estão nas figuras 86, 87, 88 e 89. Nelas estão representadas as frações de cascalho, areia, argila e silte.

Em janeiro (figura 86), houve predominância da fração areia em todos os pontos amostrados. No ponto 1, esta fração foi de 99,23% e foi a maior neste período. No ponto 5 houve 50% de cascalho e 49,83% de areia. A maior porcentagem da fração argila foi encontrada no rio Guaraú e foi de 29,9%. No rio Jacupiranguinha, a maior porcentagem desta fração foi encontrada no ponto 7 (28,61%). A fração silte não foi encontrada em janeiro.

Figura 86: Porcentagem das frações granulométricas do sedimento do rio Jacupiranguinha, no período de 26 a 28 de janeiro de 2005.

Em abril, a maior porcentagem de areia foi encontrada no ponto 6 e foi de 99,47%. No ponto 8 foi encontrada a maior porcentagem da fração cascalho, 36,21%. A fração argila foi maior no rio Guaraú, ponto 13, e foi de 32,4%. No rio Jacupiranguinha, a maior porcentagem desta fração foi encontrada no ponto 11 e foi de 27,02% (figura 87).

Figura 87: Porcentagem das frações granulométricas do sedimento do rio Jacupiranguinha, no período de 04 a 06 de abril de 2005.

Em julho houve maior incidência da fração cascalho do que em janeiro e abril, porém houve predomínio da fração areia, assim como ocorreu também nestes meses. Nos pontos 2, 3 e 6 foram obtidos 100% de areia. A maior porcentagem da fração cascalho foi obtida no ponto 12 e foi de 52,64%. A fração argila foi obtida somente em três pontos (9, 11 e 12), nos quais o ponto 11 obteve a maior porcentagem (15,52%) (figura 88).

Figura 88: Porcentagem das frações granulométricas do sedimento do rio Jacupiranguinha, no período de 11 a 13 de julho de 2005.

A fração argila foi mais incidente em setembro (figura 89), obtida em onze dos treze pontos amostrados, porém houve predomínio da fração areia. No ponto 9 obteve-se 95,69% desta fração. A fração cascalho foi maior, em setembro, no rio Guaraú e foi de 73,68%. No rio Jacupiranguinha a maior porcentagem foi 41,24% no ponto 6. O ponto 1 obteve a maior porcentagem de argila desta amostragem e foi de 22,27%.

Figura 89: Porcentagem das frações granulométricas do sedimento do rio Jacupiranguinha, no período de 26 a 28 de setembro de 2005.

5.9 Variáveis bióticas

5.9.1 Colimetria

A concentração de coliformes totais por ponto de coleta está na figura 90. A maior concentração foi encontrada em abril, exceto nos pontos 1, 2 e 3, nos quais as amostras foram perdidas. Em setembro as amostras não puderam ser contadas por problemas com o meio de cultura dos coliformes e, por isso, foram desconsideradas. Houve variação espacial na distribuição de coliformes totais, com aumento do ponto 4 ao 7; a partir daí, diminuição até o ponto 10 e a partir do ponto 11, novamente a concentração aumenta. A maior concentração encontrada foi 41600 NMP/100ml no ponto 13, em abril e a menor foi 600 NMP/100ml, em julho, no ponto 7.

Figura 90: Concentração de coliformes totais (NMP/100ml) do rio Jacupiranguinha nos quatro períodos amostrados.

A concentração de coliformes fecais, em geral, foram maiores em janeiro, exceto no ponto 4, que foi maior em julho e dos pontos 5, 7 e 8, que foram maiores em abril (figura 91). A maior concentração encontrada foi em janeiro no ponto 6 e foi 5700 NMP/100ml e a menor foi 100 NMP/100ml no ponto 11 em julho.

Figura 91: Concentração de coliformes fecais (NMP/100ml) do rio Jacupiranguinha nos quatro períodos amostrados.

5.9.2 Comunidade bentônica

Durante o estudo foram identificados 24 taxa, conforme tabela 9. No rio Jacupiranguinha os insetos dominaram em abundância e diversidade, com representantes

das ordens Coleoptera, Diptera, Ephemeroptera, Hemíptera, Lepidóptera, Odonata, Orthoptera e Trichoptera. Na ordem Coleoptera ocorreram 5 famílias, seguida de Diptera com 4 e Ephemeroptera com 3. As demais contribuíram com 1 ou 2 taxa cada.

Tabela 9: Taxa identificados no estudo.

FILO	CLASSE	ORDEM	FAMÍLIA
MOLLUSCA	BIVALVIA		
	GASTROPODA		
ANNELIDA	OLIGOCHAETA	TUBIFICIDA	Naididae Tubificidae
ARTHROPODA	INSECTA	COLEOPTERA	Curculionidae Elmidae Hidroscaphidae Hydrophilidae Limnichidae
		DIPTERA	Blephariceridae Chironomidae Empididae Tabanidae pupa
		EPHEMEROPTERA	Baetidae Leptophlebiae Leptohyphidae
		HEMIPTERA	
		LEPIDOPTERA	Pyrallidae
		ODONATA	Gomphidae Libellulidae
		ORTHOPTERA	
		TRICHOPTERA	Hydropsychidae
Sub-filo CHELICERATA	ARACHNIDA	Agrupamento ACARI	

5.9.2.1 Organização temporal da comunidade bentônica

Considerando o número total de espécimes coletados (39.732), o maior valor foi encontrado em julho, com 29.353 indivíduos (73,9%), seguido das coletas em janeiro (4129

indivíduos, 10,4%), abril (3278 indivíduos, 8,2%) e setembro (2972 indivíduos, 7,5%), que apresentou a menor densidade.

As tabelas 11, 12, 13 e 14 apresentam as densidades totais de organismos (número absoluto de organismos coletados) nos pontos de coleta por unidade taxonômica. Elas correspondem, respectivamente, às coletas de janeiro (verão), abril (outono), julho (inverno) e setembro (primavera). As tabelas 15, 16, 17 e 18 apresentam as abundâncias relativas para os mesmos quatro períodos citados acima.

No verão, Oligochaeta foi o grupo mais abundante, principalmente devido à presença das famílias Tubificidae (61,3%) e Naididae (9,7%), seguido de Diptera, família Chironomidae (16,2%). O agrupamento Acari teve importante contribuição, com 3,2% dos indivíduos (tabela 15).

Diptera foi mais abundante no outono com 29,7% dos indivíduos representados pela família Chironomidae. Em seguida tem-se Oligochaeta, principalmente em função do número de indivíduos da família Tubificidae (24,3%), Ephemeroptera, família Baetidae com 17,6%, Coleoptera, famílias Curculionidae (8,1%) e Elmidae (5,4%), e Odonata, família Gomphidae (4%) como contribuintes numericamente importantes (tabela 16).

Diptera voltou a se destacar no inverno, principalmente pela família Chironomidae, com 82% dos indivíduos encontrados. Foram ainda encontradas 4,9% de pupas de Diptera e 2,1% de indivíduos da família Tabanidae. Em seguida tem-se Coleoptera, família Elmidae com 3,2% e Ephemeroptera, família Leptohyphidae com 2,7% dos indivíduos encontrados em julho (tabela 17).

Em setembro, Oligochaeta foi o mais abundante, principalmente pela presença da família Tubificidae e Naididae, respectivamente com 74,7% e 7,5%, seguidos por Diptera, famílias Chironomidae (5,9%) e Blephariceridae (3%), Coleoptera (família Elmidae) e Ephemeroptera (família Leptohyphidae) com 3% cada (tabela 18).

Quanto à ocorrência, nenhum grupo foi considerado freqüente ou comum em todos os períodos de estudo. A família Tubificidae foi considerada freqüente somente no verão e comum nas demais épocas. Pupas de Diptera e a família Chironomidae foram freqüentes somente no inverno, sendo esta última também considerada comum nas demais épocas amostradas. Estes dados são apresentados na tabela 23.

5.9.2.2 Organização espacial da comunidade bentônica

Em janeiro, a maior densidade ocorreu no rio Guaraú (ponto 13, 1155 organismos), no qual dominou a família Tubificidae da ordem Oligochaeta (tabela 11). No rio Jacupiranguinha, a maior densidade ocorreu no ponto 7 (932 indivíduos), no qual Tubificidae também foi predominante, correspondendo a 71,5% dos indivíduos coletados, com densidade de 667 organismos. Esta família também foi dominante no ponto 5, com 82,4% da densidade total que foi de 755 indivíduos. Nos pontos 3, 4 e 10, a presença de Tubificidae foi de 100%, com densidade de 44 indivíduos em cada ponto.

Depois do ponto 5, o ponto de maior densidade foi o 9, com 533 indivíduos, dos quais Chironomidae (Diptera) e Naididae (Oligochaeta) foram predominantes, com densidade relativa de 33,4% cada um (178 indivíduos). Neste ponto, o agrupamento Acari foi considerado abundante, com 24,9% do total de organismos (133 indivíduos).

O ponto 8 obteve densidade total de 355 indivíduos, dos quais 62,5% (222 organismos) pertencem à família Naididae (Oligochaeta). No ponto 12, 100% dos 89 indivíduos encontrados são da família Chironomidae. Nos pontos 1, 2 e 11 não foram encontrados organismos.

A maior densidade durante a coleta de abril (tabela 12) ocorreu no ponto 1, com 1065 indivíduos, dos quais a família Baetidae (Ephemeroptera) foi predominante, com 50% (533 indivíduos) de densidade relativa. Em seguida estão Curculionidae e Elmidae (ordem Coleoptera) e Chironomidae (Diptera) com 12,5% (133 indivíduos) de densidade relativa cada.

O ponto com a segunda maior densidade total em abril foi o 5, com 576 indivíduos, dos quais 77% são Chironomidae (444 indivíduos). Em seguida está o ponto 8, com 443 indivíduos, dos quais 80,1% são pertencentes à família Tubificidae (Oligochaeta). Esta mesma família obteve 100% dos indivíduos encontrados nos pontos 3, 11 e 13. O ponto 9 obteve 100% de Naididae (Oligochaeta) e os pontos 4 e 7, 100% de Chironomidae (Diptera). Não foram encontrados organismos nos pontos 10 e 12.

Em julho ocorreu a maior densidade total de organismos de todo o período estudado (29.353 indivíduos), dos quais 82% são da família Chironomidae (Diptera). Esta família foi predominante em quase todos os pontos amostrados, exceto ponto 6, no qual dominaram

dípteros em estágio de pupa e ponto 7, no qual não foi encontrado organismo algum (tabela 13).

O ponto de maior densidade foi o 2, com densidade total de 10.708 organismos (87,6% Chironomidae). Em seguida está o ponto 5, com 6.309 organismos (81% Chironomidae) e o ponto 1 com 2.176 (55,1% Chironomidae). Neste ponto, Hydrophilidae (Coleoptera) foi considerado abundante, com 18,4% de densidade relativa (400 indivíduos).

A família Tubificidae voltou a dominar em setembro, com 74,7% de densidade relativa (2220 indivíduos), como pode ser visto na tabela 14. Este mesmo grupo foi dominante nos pontos 3, 7 e 9 (densidades relativas de 72,4%, 100% e 100%, respectivamente). No ponto 6, 100% dos indivíduos encontrados são da família Blephariceridae (Diptera) e 100% de Chironomidae (mesma ordem) foram encontrados no ponto 4 (ambos com 44 indivíduos cada). Nos pontos 1, 10, 11, 12 e 13 não foram encontrados organismos.

5.9.2.3 Riqueza de Taxa

Nos períodos de verão, outono e inverno, a riqueza variou de 0 a 6 unidades taxonômicas em cada ponto de coleta. Na primavera chegou a somente 3 unidades, como pode ser observado pela tabela 10. Em janeiro, o ponto de maior riqueza foi o 7 (6 taxa), seguido pelo ponto 9 (4 taxa). Em abril, o ponto que obteve 6 unidades foi o 1, seguido pelos pontos 5 e 6 (4 taxa cada). Os pontos 1 e 2 foram os de maior riqueza em julho (6), seguidos pelos pontos 3, 5 e 9 (5 taxa cada). Em setembro, período de menor riqueza, os pontos 2 e 8 se destacaram com 3 unidades taxonômicas cada.

Sazonalmente, o período de inverno obteve o maior número de unidades taxonômicas em todos os pontos de coleta (13 taxa), seguido pelo verão (12) outono (11) e primavera (8), período de menor riqueza.

Tabela 10: Número de unidades taxonômicas por ponto de coleta nos quatro períodos estudados.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Total
Verão	0	0	1	1	3	2	6	3	4	1	0	1	2	12
Outono	6	3	1	1	4	4	1	2	1	0	1	0	1	11
Inverno	6	6	5	3	5	2	0	3	5	3	2	4	4	13
Primavera	0	3	2	2	2	1	1	3	1	0	0	0	0	8

Tabela 11: Densidade de organismos por unidade taxonômica e total da coleta de janeiro de 2005.

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Total
MOLLUSCA	Gastropoda							44							44
ACARI										133					133
COLEOPTERA	Elmidae							44							44
	Limnichidae							44							44
DIPTERA	Chironomidae					89	89	89		178			89	133	667
	Empididae								44						44
EPHEMEROPTERA	Leptophlebiae									44					44
LEPIDOPTERA	Pyrilidae							44							44
OLIGOCHAETA	Tubificidae			44	44	622	89	667			44			1022	2532
	Naididae								222	178					400
ORTHOPTERA						44									44
TRICHOPTERA	Hydropsychidae								89						89
Densidade Total		0	0	44	44	755	178	932	355	533	44	0	89	1155	4129

Tabela 12: Densidade de organismos por unidade taxonômica e total da coleta de abril de 2005.

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Total
OLIGOCHAETA	Naididae									88					88
	Tubificidae			44		44			355			44		311	798
MOLLUSCA	Bivalvia					44									44
ACARI			44				44								88
COLEOPTERA	Curculionidae	133	133												266
	Elmidae	133					44								177
	Limnichidae	89													89
DIPTERA	Chironomidae	133	44		266	444	44	44							975
EPHEMEROPTERA	Baetidae	533					44								577
HEMIPTERA		44													44
ODONATA	Gomphidae					44			88						132
Densidade Total		1065	221	44	266	576	176	44	443	88	0	44	0	311	3278

Tabela 13: Densidade de organismos por unidade taxonômica e total da coleta de julho de 2005.

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Total
OLIGOCHAETA	Tubificidae				44				44	44					132
MOLLUSCA	Bivalvia									44	44		44		132
COLEOPTERA	Curculionidae		222												222
	Elmidae	88	266	133		400				44					931
	Hidroscaaphidae												88	44	132
	Hydrophilidae	400													400
DIPTERA	Chironomidae	1200	9377	1644	1777	5111			1911	1155	177	711	577	444	24084
	Tabanidae	311		44								88		177	620
	Pupa	44	133	44		622	177		177	88	88				1373
EPHEMEROPTERA	Baetidae		222												222
	Leptohyphidae	133	488	44		88							44		797
ODONATA	Gomphidae				88		88							44	220
TRICHOPTERA	Hydropsychidae					88									88
Densidade Total		2176	10708	1909	1909	6309	265	0	2132	1375	309	799	753	709	29353

Tabela 14: Densidade de organismos por unidade taxonômica e total da coleta de setembro de 2005.

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Total
OLIGOCHAETA	Naididae					222									222
	Tubificidae		44	355				1777		44					2220
COLEOPTERA	Elmidae		44						44						88
DIPTERA	Blephariceridae						44		44						88
	Chironomidae			133	44										177
EPHEMEROPTERA	Leptohyphidae		89												89
ODONATA	Libelulidae					44									44
TRICHOPTERA	Hydropsychidae								44						44
Densidade Total			177	488	44	266	44	1777	132	44	0	0	0	0	2972

Tabela 15: Abundância relativa por unidade taxonômica da coleta de janeiro de 2005.

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Total
MOLLUSCA	Gastropoda							4,7%							1,1%
ACARI										24,9%					3,2%
COLEOPTERA	Elmidae							4,7%							1,1%
	Limnichidae							4,7%							1,1%
DIPTERA	Chironomidae					11,8%	50%	9,5%		33,4%			100%	11,5%	16,2%
	Empididae								12,4%						1,1%
EPHEMEROPTERA	Leptophlebiae									8,2%					1,1%
LEPDOPTERA	Pyalidae							4,7%							1,1%
OLIGOCHAETA	Tubificidae		100%	100%	82,4%	50%	71,5%				100%			88,5%	61,3%
	Naididae								62,5%	33,4%					9,7%
ORTHOPTERA						5,8%									1,1%
TRICHOPTERA	Hydropsychidae								25%						2,2%

Tabela 16: Abundância relativa por unidade taxonômica da coleta de abril de 2005.

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Total
OLIGOCHAETA	Naididae									100%					2,7%
	Tubificidae			100%		7,6%			80,1%			100%		100%	24,3%
MOLLUSCA	Bivalvia					7,6%									1,3%
ACARI			19,9%				25%								2,7%
COLEOPTERA	Curculionidae	12,5%	60,1%												8,1%
	Elmidae	12,5%					25%								5,4%
	Limnichidae	8,3%													2,7%
DIPTERA	Chironomidae	12,5%	19,9%		100%	77%	25%	100%							29,7%
EPHEMEROPTERA	Baetidae	50%					25%								17,6%
HEMIPTERA		4,1%													1,3%
ODONATA	Gomphidae					7,6%			19,9%						4,0%

Tabela 17: Abundância relativa por unidade taxonômica da coleta de julho de 2005.

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Total
OLIGOCHAETA	Tubificidae				2,3%				2,1%	3,2%					0,4%
MOLLUSCA	Bivalvia									3,2%	14,2%		5,8%		0,4%
COLEOPTERA	Curculionidae		2,0%												0,8%
	Elmidae	4,0%	2,5%	7,0%		6,3%				3,2%					3,2%
	Hidroscaphidae												11,7%	6,2%	0,4%
	Hydrophilidae	18,4%													1,4%
DIPTERA	Chironomidae	55,1%	87,6%	86,1%	93%	81%			89,6%	84%	57,3%	89%	76,6%	62,6%	82%
	Tabanidae	14,2%		2,3%								11%		25%	2,1%
	Pupa	2,0%	1,2%	2,3%		9,8%	66,8%		8,3%	6,4%	28,5%				4,7%
EPHEMEROPTERA	Baetidae		2,0%												0,8%
	Leptohyphidae	6,1%	4,5%	2,3%		4,6%							5,8%		2,7%
ODONATA	Gomphidae				4,6%		33,2%							6,2%	0,7%
TRICHOPTERA	Hydropsychidae					4,6%									0,3%

Tabela 18: Abundância relativa por unidade taxonômica da coleta de setembro de 2005.

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Total
OLIGOCHAETA	Naididae					83,4%									7,5%
	Tubificidae		24,8%	72,7%				100%		100%					74,7%
COLEOPTERA	Elmidae		24,8%						33,3%						3,0%
DIPTERA	Blephariceridae						100%		33,3%						3,0%
	Chironomidae			27,3%	100%										5,9%
EPHEMEROPTERA	Leptohyphidae		50,3%												3,0%
ODONATA	Libelulidae					16,5%									1,5%
TRICHOPTERA	Hydropsychidae								33,3%						1,5%

Tabela 23: Frequência de ocorrência total das unidades taxonômicas em todas as coletas

FILO	CLASSE	ORDEM	FAMÍLIA	Verão	Outono	Inverno	Primavera
MOLLUSCA	BIVALVIA			ausente	raro	comum	ausente
	GASTROPODA			raro	ausente	ausente	ausente
ANNELIDA	OLIGOCHAETA	TUBIFICIDA	Naididae	comum	raro	ausente	raro
			Tubificidae	freqüente	comum	comum	comum
ARTHROPODA	INSECTA	COLEOPTERA	Curculionidae	ausente	comum	raro	ausente
			Elmidae	raro	comum	comum	comum
			Hidrosaphidae	ausente	ausente	comum	ausente
			Hydrophilidae	ausente	ausente	raro	ausente
			Limnichidae	raro	raro	ausente	ausente
		DIPTERA	Blephariceridae	ausente	ausente	ausente	comum
			Chironomidae	comum	comum	freqüente	comum
			Empididae	raro	ausente	ausente	ausente
			Tabanidae	ausente	ausente	comum	ausente
			pupa	ausente	ausente	freqüente	ausente
		EPHEMEROPTERA	Baetidae	ausente	comum	raro	ausente
			Leptophlebiidae	raro	ausente	ausente	ausente
			Leptohyphidae	ausente	ausente	comum	raro
		HEMIPTERA		ausente	raro	ausente	ausente
		LEPIDOPTERA	Pyrilidae	raro	ausente	ausente	ausente
		ODONATA	Gomphidae	ausente	comum	comum	ausente
			Libelulidae	ausente	ausente	ausente	raro
		ORTHOPTERA		raro	ausente	ausente	ausente
		TRICHOPTERA	Hydropsychidae	raro	ausente	raro	raro
Sub-filo CHELICERATA	ARACHNIDA	Agrupamento ACARI		raro	comum	ausente	ausente

*Classificação dos organismos segundo Ruppert (1996)²

² RUPPERT, E. E. , BARNES, R. D. (1996) Zoologia dos invertebrados. Tradução: Paulo Marcos Oliveira. 6ª edição. Ed. Roca. São Paulo – SP.

6 Discussão

6.1 Variáveis abióticas

A geologia e o uso e ocupação do solo de uma microbacia são alguns dos aspectos mais importantes para se fazer estudo de monitoramento e restauração de um ecossistema (RICHARDS et al, 1996).

Além disso, para se usar as características físicas e químicas como indicadoras de condições ambientais é necessário que se entenda que rios são naturalmente instáveis. Mudanças naturais ou aquelas de origem antrópica podem ser interpretadas como resultado de uma mudança ambiental. O desafio é saber separar as duas. Além disso, mudanças podem ocorrer em várias escalas temporais e, por isso, o monitoramento é importante em tempo integral e não somente no momento da mudança (NORRIS e THOMS, 1999).

Ahearn et al (2005), estudando uma bacia de Sierra Nevada, Califórnia, EUA, comentam que a análise das características químicas da água e do fluxo de sedimento entre alto e baixo curso de um rio revelou a importância dos sistemas de cabeceira (alto curso) para a presença ou ausência de certos compostos (neste trabalho, em particular, nitrato e sílica na época de menor precipitação).

Ainda em relação aos sistemas de cabeceira, Gomi et al (2002) destacam que o entendimento das variações espaciais e temporais dos processos hidrológicos, geomórficos e biológicos desses sistemas é fundamental para a compreensão da heterogeneidade dos sistemas lóticos.

A velocidade de escoamento de um rio está intimamente ligada à geomorfologia da bacia hidrográfica na qual está inserido. Além disso, ela é responsável pelo maior ou menor tempo de permanência das partículas, pelo transporte de materiais até seu ponto de deposição ou assimilação biológica pela permanência de espécies animais e vegetais (BRIGANTE et al, 2003). Segundo Vannote (1980), é esperado, para rios que ainda não sofreram ação antrópica, que a velocidade de escoamento diminua gradativamente e que a vazão aumente à proporção que o rio se dirige à foz. Isso porque se espera que a declividade seja maior na região de cabeceiras e menor nas regiões próximas à foz.

A velocidade de escoamento e a vazão do rio Jacupiranguinha mostraram relação com a precipitação, e a vazão com a entrada de efluentes, que geram uma descontinuidade

no rio, segundo o conceito da Descontinuidade de Ligação (*The Link Descontinuity Concept*) proposta por Rice et al (2001).

As variações na precipitação geraram mudanças na velocidade, na vazão e também no transporte de materiais.

A vazão teve relação direta com a precipitação, sendo maior nos meses de chuva e menor no período de seca. Houve, também, aumento na vazão de montante à jusante, como era esperado, graças à contribuição de efluentes.

Domingos (2002) observou que as características morfométricas da bacia hidrográfica do rio Betari indicavam que ela não era suscetível a enchentes e as características morfológicas sugeriam que as águas de chuva atingiam rapidamente o rio Betari, porém, com possível retenção em rochas calcárias, mostrando a complexidade dos fatores que determinavam o ciclo hidrológico daquele sistema.

O rio Jacupiranguinha mostrou-se bastante suscetível a enchentes, principalmente no período de chuvas, no qual foi possível notar a formação de inúmeras áreas alagadas, sugerindo que este rio possui planície de inundação bastante desenvolvida. A partir desta informação podemos supor que um fator hidrológico de grande influência sobre o rio Jacupiranguinha seja o pulso de inundação anual, segundo o conceito *The Flood Pulse Concept* proposto por Junk et al (1989).

O monitoramento de variáveis físicas e químicas traz algumas vantagens na avaliação de impactos ambientais em ecossistemas aquáticos, tais como: identificação imediata de modificações nas propriedades físicas e químicas da água; detecção precisa da variável modificada, e determinação destas concentrações alteradas (GOULART e CALLISTO, 2003).

Algumas variáveis limnológicas, principalmente pH e condutividade elétrica, são fortemente influenciadas pela geologia da microbacia hidrográfica. Domingos (2002) observou essas influências na bacia do rio Betari (PETAR – SP), a qual possui áreas cársticas, resultantes da dissolução de rochas calcárias, em parâmetros como pH, alcalinidade, condutividade elétrica, concentração de carbonatos, entre outros.

Além disso, a entrada de alguns efluentes, como fontes de esgoto, por exemplo, também podem variar os valores de pH. Isso pôde ser observado por Silva e Sacomani

(2000) no rio Pardo, em Botucatu, SP. As autoras encontraram maiores pHs a partir da entrada do efluente da ETE da cidade de Pardinho (aumento de pH 7 para 11). Outra influência no pH é a sazonalidade. Evanson e Ambroge (2006) encontraram maiores valores de pH no período de chuvas no rio Santa Ana, na Califórnia, EUA.

No rio Jacupiranguinha, os valores de pH seguiram oscilação longitudinal semelhante em todos os períodos estudados. Vale destacar a queda desses valores a partir da entrada do efluente da indústria de fertilizantes, o qual provavelmente contribui com determinada quantidade de íons dissolvidos, provocando essa queda de pH. Relacionando a queda de pH com o aumento da condutividade neste ponto, era de se esperar que o pH variasse mais, porém o que pode estar ocorrendo é a presença de substâncias que exercem efeito tampão no sistema.

As maiores oscilações no pH ocorreram no período de chuvas. Na coleta de julho, os valores foram menores e menos oscilantes. O mesmo padrão temporal foi obtido por Rios (1993) no ribeirão do Feijão. Os valores de pH no rio Jacupiranguinha variaram de ácidos a alcalinos, provavelmente devido à formação calcária característica da região.

Os valores de condutividade elétrica encontrados por Domingos (2002) no rio Betari durante todos os períodos amostrados foram equivalentes somente aos do mês de janeiro ao rio Jacupiranguinha. O autor considerou seus valores relativamente altos quando os comparou a outros rios brasileiros, mas nenhum deles obteve valores tão elevados quanto o rio Jacupiranguinha neste trabalho. Somente na coleta de janeiro, dos pontos 1 ao 6 e ponto 13 (rio Guaraú), os valores de condutividade mantiveram-se dentro do limite superior esperado para águas naturais, que é de $100\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$. Nos demais pontos em janeiro e em todos os pontos dos outros três períodos estudados, os valores mantiveram-se muito acima deste limite, chegando ao máximo de $1445\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ no ponto do afluente da indústria de fertilizantes, no mês de julho.

Bubel (1998) também encontrou valores maiores de condutividade no rio Tietê no período seco, porém, no rio do Peixe, esses valores foram menores nesta mesma época, o que levou a autora a concluir que a condutividade elétrica neste rio foi diretamente influenciada pelo escoamento superficial promovido pelas chuvas. Benassi (2002) encontrou as maiores condutividades no período chuvoso, no ribeirão Bonito e relacionou

este fato às diferenças nos processos de autodepuração nos períodos estudados (chuva e seca), havendo redução da capacidade de assimilação do rio no período seco.

Os valores de condutividade encontrados no rio Jacupiranguinha obtiveram variação sazonal bem definida, com maiores valores no período seco e menores no chuvoso. Os valores de abril e setembro foram duas vezes maiores que os de janeiro; os de julho foram duas vezes maiores que os de abril e setembro, ou seja, quatro vezes maiores que os valores encontrados em janeiro.

A variação espacial da condutividade no rio Jacupiranguinha ocorreu com a entrada de efluentes, ocasionando aumento dos valores de montante à jusante, principalmente com o efluente da indústria de fertilizantes. Nos pontos à jusante deste efluente, a condutividade dobrou até o final do trecho amostrado. Isto corrobora com o trabalho de Montgomery (1999), no qual o autor cita que a variabilidade espacial das variáveis limnológicas e a qualidade da água podem se modificar com entrada de efluentes.

No ribeirão Bonito, Benassi (2002) observou uma “descontinuidade” nos valores de condutividade em função da entrada de um córrego e posterior aumento em função da entrada de uma fonte de esgoto. O mesmo padrão foi observado por Pompeu et al (2005), no rio das Velhas, na região metropolitana de Belo Horizonte, MG, por Silva e Sacomani (2000) no rio Pardo, Botucatu, SP e por Prat e Munné (2000) no rio Congost, na Espanha.

Jonnalagadda e Mhere (2001), em estudo no rio Odzi, no Zimbábue, observaram que os valores de condutividade também aumentaram de montante à jusante, relacionando este aumento à poluição causada por um efluente.

Houve variação longitudinal da alcalinidade com aumento a partir da entrada do efluente da indústria de fertilizantes; temporalmente, eles variaram com as chuvas, aumentando no período seco. Isto pode ser devido ao efeito de diluição provocado pelas chuvas. Os valores de alcalinidade foram duas vezes menores que os encontrados por Domingos (2002) no rio Betari.

Segundo Von Sperling (1995), a alcalinidade é um indicador da capacidade tampão do meio, ou seja, da resistência às variações do pH, devido, principalmente, à presença de bicarbonato, de carbonato e do íon hidroxila (OH^-). Essa pode ser a explicação para variação de pH ocorrida após a entrada do efluente industrial.

A concentração de oxigênio dissolvido está diretamente ligada à temperatura da água. O comportamento esperado para o oxigênio dissolvido, para sistemas naturais, sem interferência humana, é que haja maiores concentrações no inverno, pois as baixas temperaturas podem facilitar a dissolução dos gases. Este foi o padrão encontrado por Domingos (2002) e Rios (1993), respectivamente no rio Betari (PETAR) e ribeirão do Feijão (São Carlos – SP).

No rio Jacupiranguinha as maiores concentrações foram encontradas na primavera, período em que se obtiveram as menores temperaturas. Porém, o mesmo padrão não foi seguido nas demais coletas. Em abril foram encontradas as segundas maiores concentrações de OD; no entanto, neste período, obtiveram-se as maiores temperaturas da água. Provavelmente, o que pode estar interferindo nas concentrações de OD seja a concentração de sólidos suspensos.

As partículas inorgânicas em suspensão servem de substrato para bactérias. É comum encontrar, na época de maior precipitação, maiores concentrações de matéria orgânica e menor oxigenação na coluna de água. Associado a esse fenômeno ressalta-se que, nessa região, a época de maior precipitação coincide com as maiores temperaturas, favorecendo o crescimento destes microorganismos (CALIJURI, 1999).

Somente em janeiro as concentrações de oxigênio dissolvido no rio Jacupiranguinha estiveram abaixo do permitido pela Resolução número 357/05 do CONAMA (BRASIL, 2005) que é de $5,0 \text{ mg.L}^{-1}$, para rios classe 2.

Bubel (1998) encontrou concentrações elevadas de OD também na estação seca nos rios do Peixe e Tietê, com alguns pontos com anoxia no rio Tietê. A autora também observou diferenças na distribuição longitudinal de acordo com a época do ano estudada. Essa variação foi atribuída à alteração dos padrões e intensidade de mistura das águas, à profundidade e à presença de áreas alagadas.

Campolo et al (2002) puderam observar que o aumento do fluxo de água gerava decréscimo na concentração de oxigênio dissolvido, provavelmente devido ao maior input de matéria orgânica na época das chuvas.

A temperatura da água está relacionada à temperatura do meio aéreo circundante e, por isso, espera-se variação sazonal, com valores mais altos nos meses mais quentes e menores nos mais frios (HYNES, 1970).

No rio Jacupiranguinha, as medidas de temperatura foram tomadas na superfície e pode-se observar que as maiores temperaturas foram obtidas na coleta de outono (abril). Isto pode ser explicado devido a uma frente fria que havia chegado à região na coleta do verão (janeiro), e que ocasionou queda de temperatura.

Domingos (2002), estudando o comportamento do rio Betari (PETAR – SP), constatou que a maior variação de temperatura ocorreu nos meses de inverno, pois, segundo o autor, o volume de água é menor e as respostas podem ser mais rápidas, ou seja, o ganho e a perda de calor podem ocorrer mais facilmente e a entrada de efluentes passa a ser mais significativa.

O mesmo resultado foi encontrado no presente trabalho. Após a entrada do efluente da indústria de fertilizantes (ponto 7), houve aumento da temperatura da água. Este fato ocorreu em três dos quatro períodos estudados (somente em abril este padrão não foi observado). Sasaki et al (2005) também encontraram maiores temperaturas na água após a entrada de um efluente no rio Akagawa, na região de Tohoku, no Japão.

Apesar desta variação com a entrada do efluente, as temperatura não tiveram variação espacial (de montante à jusante) significativa. A devastação da mata ciliar ou a ausência desta em alguns pontos de coleta, fruto da urbanização e cultivo de banana, ocasiona incidência uniforme de radiação solar em todo o eixo longitudinal do rio Jacupiranguinha. Para Rios (1993), dois fatores influenciaram os resultados de temperatura no ribeirão do Feijão (São Carlos – SP): cobertura vegetal e horário de coleta, na qual as maiores temperaturas são obtidas no período da tarde. A amostragem no rio Jacupiranguinha foi realizada sempre no período da manhã, o que pode explicar a pequena variação diária entre os pontos de coleta.

Para Silva e Sacomani (2000), a mata ciliar teve bastante influência na temperatura da água do rio Pardo, mesmo nos meses de verão, quando comparada a outros pontos de coleta sem vegetação. Nos pontos protegidos por mata intensa, as temperaturas da água eram sempre mais baixas, independente do horário de coleta.

Portanto, a temperatura do rio Jacupiranguinha pode ter sido influenciada longitudinalmente pela ocupação da bacia (urbanização, industrialização e cultivo de banana) e ausência da vegetação ciliar e temporalmente por características climáticas, como a chegada de frentes frias atípicas em épocas de calor.

Um grave problema ambiental observado ao longo de córregos e rios, sobretudo nos que se localizam em planícies de inundação, é a retirada das matas ciliares. A retirada da vegetação marginal nas margens dos rios elimina as barreiras naturais que impedem o carreamento de fertilizantes e herbicidas, expõe as margens à erosão, facilita o transporte de sedimentos e o assoreamento do leito dos rios. Além disso, aumenta o fluxo da correnteza, reduz a capacidade de retenção e infiltração de água no solo e aumenta os efeitos das enchentes e inundações (Calisto et al 2005).

A entrada de efluentes causam mudanças espaciais e temporais no rio e isto também pode ser percebido pela entrada de sólidos que são transportados (RICE et al, 2001). A quantidade desses sólidos está relacionada à geologia, uso do solo, precipitação e evaporação e podem diferir entre os rios que compõem a mesma bacia hidrográfica (MONTGOMERY, 1999).

Segundo Ahearn (2005) a carga de sólidos suspensos totais (SST) diminui muito em períodos de seca, principalmente em terras com predominância de atividades agrícolas, pois é preciso fortes chuvas para mobilizar o sedimento e causar erosão no solo. O aumento da densidade populacional tem maior influência no aumento da carga de SST em períodos chuvosos, enquanto que o aumento da porcentagem de área com agricultura tem um impacto bem menor na carga de SST, no mesmo período. Isso pode ser devido à grande impermeabilidade do solo pelo processo de urbanização.

Sasaki et al (2005) observaram aumento na concentração de sólidos suspensos com a entrada de efluentes no rio Akagawa, no Japão. Além da entrada de efluentes, as estações da amostragem que apresentaram aumento eram circundadas por atividades agrícolas e várias casas lançavam seus esgotos no rio.

As concentrações de sólidos suspensos no rio Jacupiranguinha apresentaram duas tendências. Temporalmente, foram obtidas maiores concentrações no período chuvoso e menores no seco. Uma provável explicação para este fato é a contribuição das fortes chuvas ocorridas na região que carregam componentes dos solos expostos e erodíveis pela falta de mata ciliar e pela prática agrícola para dentro do sistema aquático, corroborando o trabalho de Bordalo et al (2001), no rio Bangpakong, na Tailândia. Especialmente, houve aumento nas concentrações dos sólidos dos pontos à montante para os pontos à jusante. Este aumento ficou mais marcante a partir do ponto 10, no qual as plantações de banana chegam

até a margem do rio, provocando grande erosão e conseqüentemente, maior aporte de material em suspensão para o rio, principalmente em épocas de chuva.

Santos (2000) estudou a bacia do rio Aquidauana, no Mato Grosso do Sul e encontrou maiores concentrações de sólidos suspensos totais nos meses de chuva, relacionando-os à atividade agrícola da região. No mesmo trabalho, a autora notou crescimento do percentual de sólidos suspensos de um ano para outro, apontando para a tendência temporal da perda de qualidade da água.

Schulz (2000) estudou o efeito da chuva no carreamento de sedimento e pesticidas para dentro do rio Lourens, na África do Sul, que é circundado por pomares. O autor pôde observar que a concentração de sólidos suspensos aumentava dezesseis vezes logo após picos de chuva de aproximadamente 1 hora e que os compostos químicos tóxicos dos pesticidas ficavam associados às partículas em suspensão por até 3,5 meses após o evento de chuva. O autor concluiu que um evento de curta duração (1 hora de chuva) pode provocar uma contaminação de longa duração nas águas do rio.

Os sólidos totais inorgânicos predominaram sobre os orgânicos, principalmente no período chuvoso. Isso mostra a contribuição tanto de fatores naturais, como intemperismo físico e químico das rochas, quanto de fatores de origem antrópica, como atividades que geram erosão e lixiviação do solo da microbacia, nos quais o material em suspensão é drenado para o rio.

Resultado semelhante foi encontrado por Bubel (2003) nos ribeirões do Moqué e Água Clara, na região do Médio Tietê Superior. A autora relacionou as concentrações de sólidos orgânicos e inorgânicos com os totais e os máximos de chuvas mensais e com as vazões e encontrou correlações positivas entre estas variáveis somente para o ribeirão do Moqué, no qual domina o escoamento de águas superficiais. No ribeirão Água Clara domina o escoamento de água subterrânea e, por isso, a correlação não foi significativa.

A DQO no rio Jacupiranguinha variou, espacial e temporalmente, mas não apresentou tendência de variação. A estação chuvosa apresentou os maiores valores, provavelmente devido ao maior input de material para o sistema neste período, resultado semelhante ao encontrado por Jonnalagadda e Mhere (2001) no rio Odzi, no Zimbabwe e Campolo et al (2002) no rio Arno, na Itália.

No período chuvoso, com a entrada do efluente da indústria de fertilizantes (ponto 7), houve aumento na DQO. Na estação seca, neste estudo, ocorreu o contrário: a DQO diminuiu a partir do efluente da indústria.

Segundo Chapman³ citado por Benassi (2002), a DQO em águas superficiais não poluídas podem atingir até 20 mg.L⁻¹ e valores superiores a 200 mg.L⁻¹, em águas que recebem efluentes domésticos. No rio Jacupiranguinha as demandas químicas foram maiores em setembro e variaram, em todos os períodos amostrados, de 21 mg.L⁻¹ a 145 mg.L⁻¹.

No rio Bangkapong, na Tailândia, Bardalo et al (2001) encontraram DQO maior no período seco ($68,5 \pm 6,7$ mg.L⁻¹) do que no chuvoso ($27,5 \pm 2,0$ mg.L⁻¹) e também notaram aumento da DQO de montante à jusante, relacionando aos possíveis efeitos causados pela entrada de efluentes. No rio Pardo, Silva e Sacomani (2000) encontraram maior DQO em pontos com fontes de esgoto. No presente estudo a entrada de esgoto doméstico não mostrou influência clara na DQO.

Para a elaboração de diagnósticos ambientais é importante que se façam determinações de nutrientes, pois, quando em altas concentrações, podem ser considerados como indicadores de poluição.

O uso e ocupação do solo da microbacia e sua cobertura vegetal interferem significativamente na qualidade da água, principalmente em parâmetros como quantidade de nitrogênio e fósforo. Áreas dominadas pela agricultura contêm altas concentrações de sais dissolvidos e nutrientes (OSBORNE e WILEY, 1988).

A entrada de carga alóctone como, por exemplo, esgoto doméstico e outros efluentes, é a principal fonte de nutrientes para um sistema aquático. Isso corrobora com o trabalho de Sasaki et al (2005), que encontraram maiores concentrações de nitrogênio e fósforo totais em áreas de atividade agrícola intensa e com entrada de esgoto doméstico.

Bollinger et al (1999) num trabalho que envolveu um monitoramento de aproximadamente 37 anos (1960-1997) na região do baixo rio Mississipi, nos Estados de Arkansas e Missouri, próximo ao Golfo do México, nos Estados Unidos, observaram que houve aumento das concentrações de nitrogênio total Kjeldahl e compostos de fósforo com

---

³ CHAPMAN, D. (1996) Water Quality Assessments: Guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring. 2ed. Chapman & Hall Editors.

o passar dos anos. A região é ocupada, principalmente, por centros urbanos, atividades agrícolas e industriais e, com o monitoramento, os autores puderam observar o impacto dessas atividades na qualidade da água do rio.

No rio Jacupiranguinha, pode-se observar que a entrada de efluentes influenciou, principalmente, diferenças nas concentrações de fósforo. Em relação ao nitrogênio, essa influência não ficou clara, o que se faz supor que este composto possa ser influenciado, provavelmente, por fontes difusas, através do escoamento superficial das plantações de banana, por exemplo.

No rio Pardo, a influência nas concentrações de nitrogênio vem tanto de fontes difusas (áreas de agricultura com uso de fertilizantes) como de fontes pontuais (lançamentos de esgotos domésticos), de acordo com os resultados encontrados por Silva e Sacomani (2000). Na República Tcheca, as maiores fontes de nitrogênio para o rio Slapanka são as plantações de batata em áreas de grande declividade, nas quais o efeito erosivo é alto e em solos pouco férteis, sendo necessário uso intensivo de fertilizantes (JUDOVÁ e JANSKY, 2005).

Não houve padrão definido nas variações espacial e temporal das formas de nitrogênio total e amoniacal no rio Jacupiranguinha. Para estas duas formas nitrogenadas, as concentrações foram maiores no período chuvoso em quase todos os pontos, corroborando o estudo de Bollinger et al (1999) no rio Mississipi e o de Judová e Jansky (2005) no rio Slapanka, República Tcheca e diferindo dos resultados obtidos por Brigante et al (2003) no rio Mogi-Guaçu, cujas concentrações de nitrogênio total reduziram-se no período de chuvas, assim como no ribeirão Bonito, estudado por Benassi (2002). Neste último, a autora (op. cit.) relacionou o aumento das concentrações de nitrogênio amoniacal no período seco à menor precipitação e, conseqüentemente, à menor diluição pelo corpo de água, mostrando que, neste sistema, os maiores problemas relacionados a este composto vem de fontes pontuais.

No rio Jacupiranguinha, somente os pontos 5 e 8 obtiveram maiores concentrações de nitrogênio amoniacal no período seco. Nos demais, as concentrações foram maiores no período de maior precipitação, o que se faz supor que, para este rio, a maior contribuição de nitrogênio amoniacal seja proveniente do escoamento superficial das áreas de plantações de

banana e pastagens, atividades que são realizadas às margens do rio, corroborando o trabalho de Bordalo et al (2001).

A forma nitrogenada inorgânica predominante no rio Jacupiranguinha foi o nitrito, principalmente no período chuvoso, ao contrário do que foi observado por Domingos (2002) no rio Betari e Bubel (1998) no rio do Peixe nos quais predominou o nitrato. No caso do rio Betari, o autor citou que isso ocorreu devido às altas concentrações de oxigênio dissolvido neste rio, que favoreceriam a oxidação biológica da amônia e do nitrito.

Houve uma tendência de aumento da concentração de nitrato a partir do ponto 7. No mesmo ponto, mas agora em relação ao nitrito, essa tendência foi oposta; houve diminuição das concentrações de nitrito à montante deste ponto. O limite de nitrato definido pelo CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005) para rios classe 2 é 10 mg.L^{-1} , mostrando que as concentrações de nitrato estão bem abaixo desse limite, pois a concentração máxima de nitrato encontrada no rio Jacupiranguinha foi $0,192 \text{ mg.L}^{-1}$. O nitrito, fase intermediária entre amônia e nitrato, está diretamente ligado à poluição e apresentou concentração mais alta no ponto que recebe o efluente da estação de tratamento de esgotos do município de Cajati em julho, o que pode indicar poluição orgânica da água neste trecho. Porém, em nenhuma ocasião, as concentrações de nitrito superaram o limite máximo estabelecido pelo CONAMA 357/05 (op. cit.) para rios de classe 2, que é de $1,0 \text{ mg.L}^{-1}$.

As formas de fosfato apresentaram variações entre os três dias de coleta de cada período, variações sazonais e espaciais que podem estar relacionadas à entrada de efluentes de esgoto e de indústria, além do escoamento superficial da área vegetada, na qual o uso de fertilizantes é intenso.

A influência do esgoto e do uso de fertilizantes nas concentrações de fósforo pôde ser observada por Silva e Sacomani (2000). No rio Pardo, em Botucatu, as concentrações passaram de $0,50 \text{ mg.L}^{-1}$ para aproximadamente $8,0 \text{ mg.L}^{-1}$ de fosfato, em média, no ponto que recebe o efluente da ETE e que possui área de agricultura.

Com relação ao fósforo total e fosfato total dissolvido, suas concentrações médias apresentaram, em sua maioria, valores mais elevados no outono (abril) nos pontos 1 ao 6 e dos pontos 7 ao 13, as concentrações foram maiores no inverno. Já as concentrações de fosfato inorgânico foram maiores no inverno na maioria dos pontos amostrados. No ribeirão Bonito, a partir do ponto que recebe descarga pontual de efluente doméstico,

Benassi (2002) observou que as concentrações de fósforo total e das formas fosfatadas foram maiores nos meses de inverno, como ocorreu no rio Jacupiranguinha no presente trabalho e no rio Slapanka na República Tcheca, estudado por Judová e Jansky (2005).

No rio Bangkapong, na Tailândia, Bordalo et al (2001) encontraram diferença sazonal clara nas concentrações de fósforo, sendo maiores no período chuvoso. No caso deste rio, a maior contribuição para o aumento das concentrações pode estar sendo o escoamento superficial.

Os maiores valores de fosfatos a partir do ponto 7 estão relacionados à entrada do efluente da indústria. Os pontos à jusante obtiveram concentrações elevadíssimas se comparadas às dos pontos à montante deste efluente. A análise de suas águas detectou presença de 541 mg.L^{-1} de fósforo total, indicando que o efluente da indústria é a maior fonte de fósforo para o sistema.

A Resolução número 357/05 do CONAMA (BRASIL, 2005) estabelece concentração máxima de $0,01 \text{ mg.L}^{-1}$ de fósforo total para rios de classe 2. Porém, em todos os pontos amostrados e em todos os períodos estudados, as concentrações estiveram muito acima desse limite. Para se ter uma idéia, a menor concentração obtida foi $0,04 \text{ mg.L}^{-1}$ no ponto 3 em julho e no ponto 1, em setembro, quatro vezes superior ao limite do CONAMA, e a maior foi $123,92 \text{ mg.L}^{-1}$ no ponto 7 em julho.

Essas altas concentrações de compostos de fósforo são provenientes da indústria de fertilizantes Serrana, criada em 1938 para explorar e industrializar as jazidas de fósforo existentes na encosta da Serra do Mar, em Cajati - SP. Uma das atividades desta indústria é a purificação do minério de apatita extraído das rochas da região. Neste processo, o minério é moído e colocado em meio líquido, no qual as partículas com maior concentração de fósforo serão agrupadas por processos físicos e químicos. Este processo é conhecido por flotação e nele o carbonato é separado do fosfato (SERRANA, 2006).

Os pontos localizados antes da entrada de efluentes de esgoto e industrial apresentaram concentrações médias de silicato reativo maiores ao longo do eixo longitudinal do rio, principalmente na coleta referente à estação do outono (abril). Em janeiro e abril, as concentrações ficaram abaixo de $1,0 \text{ mg.L}^{-1}$, sendo que em janeiro, o método utilizado para a análise deste componente não detectou silicato nas amostras. Benassi (2002) encontrou maiores concentrações de silicato reativo no período de chuvas

no ribeirão Bonito e observou que a entrada de efluentes ocasionava diminuição nessas concentrações nos pontos à montante destes efluentes.

Os agrupamentos formados com as médias dos conjuntos das variáveis físicas e químicas de cada período de coleta no rio Jacupiranguinha demonstraram a formação de três grupos em janeiro e setembro, dois em abril e sete grupos em julho, relativos aos impactos antrópicos e entrada de efluentes. Os parâmetros que puderam diferenciar esses grupos foram, principalmente, condutividade, alcalinidade, sólidos em suspensão orgânicos e inorgânicos e concentrações dos compostos totais e dissolvidos de fósforo (que apresentaram aumento dos valores de montante à jusante) e nitrito e silicato (que tiveram suas concentrações diminuídas de montante à jusante, principalmente nos períodos de menor precipitação – abril e julho).

Houve variação temporal entre os grupos. Em abril, foram reunidos apenas dois grupos, pois o ponto 7 foi colocado junto aos pontos 8 ao 12. O que pode explicar isso, provavelmente, são os baixos valores de condutividade encontrados neste ponto em abril. Em julho, houve a distinção em sete grupos provavelmente devido à menor vazão (e conseqüentemente menor diluição da água) que causaram diferenças mais significativas nas variáveis físicas e químicas. Aparentemente, nos períodos de maior precipitação (janeiro e setembro), o aumento do volume de água alterou as características ambientais pois os pontos analisados foram agrupados de maneira semelhante.

6.2 Sedimento

Thoms et al (1999) sugerem que os indicadores físicos e químicos do sedimento são muito úteis para estudos em longo prazo. Além disso, há muitas variações dentro de um mesmo sistema lótico e cada rio muda de acordo com sua extensão. A análise de compostos físicos e químicos do sedimento de um rio pode ser importante para o controle de poluição, pois este compartimento retém metais e pesticidas, além de abrigar microrganismos indicadores de qualidade de água, a comunidade bentônica. As frações granulométricas mais importantes para avaliação da qualidade dos sedimentos em relação a substâncias químicas são a argila e o silte. Essas partículas de menor tamanho apresentam maior predisposição à adsorção de metais (MARGALEF, 1983).

A análise granulométrica do sedimento do rio Jacupiranguinha mostrou que a fração areia é predominante em quase toda sua extensão amostrada em todos os períodos estudados, corroborando os trabalhos de Brigante et al (2003) no rio Mogi-Guaçu e Novelli (2005) no rio Monjolinho.

De acordo com Tonissi (1999) a composição granulométrica do sedimento pode apresentar variações entre os períodos de maior e menor precipitação, principalmente as camadas mais superficiais. Na época de chuvas, o material particulado fino é retirado do sedimento e ressuspenso, restando predominantemente areia. No período seco, à medida que a vazão e velocidade da água vão diminuindo, poderá ocorrer acúmulo de sedimentos finos. Neste estudo constatou-se a relação inversa. Partículas menores (argila) foram encontradas em maior quantidade no período de maior precipitação (janeiro e setembro), ao passo que em julho, período considerado seco, as maiores porções foram as de areia e cascalho.

A fração de matéria orgânica no sedimento depende da rapidez de sua decomposição, que por sua vez, está associada a vários fatores, principalmente à disponibilidade de oxigênio (MARGALEF, 1983).

A variação da porcentagem de matéria orgânica não apresentou padrão definido. Porém, em nenhum dos pontos e períodos amostrados, essa porcentagem foi maior que 10%, o que, segundo a classificação proposta por Naumann⁴ citado por Esteves (1988) caracteriza o sedimento do rio Jacupiranguinha como mineral.

Novelli (2005) estudou o sedimento do rio Monjolinho (São Carlos, SP) e também encontrou valores de matéria orgânica inferiores a 10%, exceto em um dos pontos amostrados, o qual foi classificado como sedimento orgânico. A autora atribuiu este fato ao aporte de material alóctone, à baixa turbulência e menor oxigenação da coluna de água.

Em estudo no rio Mogi-Guaçu, Brigante et al (2003) encontraram valores de matéria orgânica, no período de chuvas, considerados elevados para sedimentos de rios (entre 0,9% e 48%) e os consideraram como indicativo de poluição.

A reduzida contribuição de matéria orgânica do sedimento neste estudo, provavelmente está relacionada às características físicas do ambiente em questão

---

⁴ NAUMANN, E. (1930) Einführung in die Bodenkunde der Seen. Stuttgart E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. 126pp.

(velocidade de escoamento, baixa profundidade do rio), que impedem o acúmulo deste material por longos períodos.

A mesma relação feita por Tonissi (1999) para a composição granulométrica pode ser usada para a concentração de nutrientes no sedimento. A análise do sedimento do rio Jacupiranguinha revelou maiores concentrações de nitrogênio total nos meses de janeiro e setembro, provavelmente devido à entrada de material (carga alóctone) e possível ressuspensão do sedimento ocasionada pelas chuvas. A variação espacial na concentração de nitrogênio não apresentou padrão definido. O rio Guaraú (ponto 13) foi o que apresentou as maiores concentrações de matéria orgânica e nitrogênio total, além das maiores porcentagens da fração argila, mostrando a relação direta entre tamanho da partícula e adsorção de nutrientes (MARGALEF, 1983). Além disso, este fato pode ser atribuído a um possível efeito de remanso no trecho amostrado do rio Guaraú, devido à confluência com o rio Jacupiranguinha.

As concentrações de fósforo total foram maiores no período seco, principalmente entre os pontos 6 e 9, que compreendem os pontos que recebem os efluentes da estação de tratamento de esgotos e da indústria de fertilizantes, além da entrada e saída de uma área alagada marginal, que podem ter contribuído significativamente para este aumento.

Bubel (2003) avaliou teores de nutrientes (nitrogênio e fósforo totais) no sedimento dos ribeirões Moqué e Água Clara e encontrou valores semelhantes de nitrogênio aos encontrados no presente trabalho. Em abril, foram obtidas concentrações menores no rio Jacupiranguinha. Em relação ao fósforo, as concentrações encontradas foram muito superiores aos encontrados pela autora citada acima.

Os resultados do presente trabalho foram, em alguns pontos, semelhantes aos obtidos por Novelli (2005), no qual foram encontrados valores entre 58,78 e 998,7 $\mu\text{g.g}^{-1}$ no período de estiagem, no rio Monjolinho (São Carlos, SP).

6.3 Variáveis bióticas

6.3.1 Coliformes

Por mais de um século a gestão dos recursos hídricos brasileiros foi baseada em normas estrangeiras e na má aplicação de leis rigorosas, além de um foco restrito nas características químicas das águas. Ainda que as medidas físicas e químicas de coluna d'água retratem o *status* de um ecossistema, o ideal é a associação desses métodos com métodos biológicos, permitindo uma caracterização mais completa, muitas vezes necessária para o manejo adequado dos recursos hídricos existentes (CALLISTO et al., 2004).

O monitoramento dos níveis de contaminação de sistemas aquáticos é feito através de indicadores de poluição fecal, representados pelas bactérias do grupo coliforme, originárias do intestino de animais de sangue quente (CEBALLOS *et al.*, 1995). Este parâmetro é usado por órgãos governamentais para classificar os corpos de água em relação ao seu uso (balneabilidade e potabilidade).

A Resolução 357/05 do CONAMA estabelece um máximo de 5000 coliformes totais e 1000 coliformes fecais por 100ml para rios classe 2. No rio Jacupiranguinha esta concentração esteve acima do permitido em todos os pontos das coleta de janeiro e abril. Somente em julho ela esteve abaixo do máximo em alguns pontos. Nos locais em que a concentração de coliformes encontrada foi maior existem pequenas propriedades que possuem animais, os quais permanecem nas margens do rio. Provavelmente suas fezes sejam a principal fonte de coliformes para o sistema.

Bordalo et al (2001) encontraram menores concentrações de coliformes fecais no rio Bangkaong, na Tailândia tanto no período seco como no chuvoso, com uma concentração máxima de 2403 organismos/100ml. Os autores atribuíram este fato às elevadas temperaturas da água encontradas durante todo o ano (entre 26,2 °C e 34,9 °C na seca e entre 26,3 °C e 35,6 °C no período chuvoso). Além disso, eles puderam reparar que a concentração de coliformes diminuía com o decréscimo da porcentagem de saturação de oxigênio dissolvido, também independentemente da sazonalidade.

No rio Pardo, em Botucatu, Silva e Sacomani (2000) encontraram maiores concentrações de coliformes em apenas uma estação de coleta que, segundo as autoras, é influenciada pelo uso e ocupação do solo, pelo escoamento e, principalmente, pela entrada

do efluente da ETE do município. No rio Jacupiranguinha, a ETE de Cajati teve influência maior que os demais pontos somente no período chuvoso, visto que, no período de menor precipitação (coleta de julho), a estação estava desativada e, por isso, não havia lançamento para o rio.

Boualam et al (2002), em um estudo com um rio que abastece a cidade de Nancy, na França observaram que a quantidade de coliformes pode mudar conforme a época do ano. Na época de maior precipitação há arraste de matéria orgânica para o rio proveniente do escoamento superficial de vegetações e lixiviação do solo, que contém substâncias que favorecem a ocorrência das bactérias coliformes nas águas. Maiores concentrações de coliformes no período chuvoso também foi encontrado por Chigbu et al (2004), no rio Mississippi, nos Estados Unidos, por Evanson e Ambrose (2006) no rio Santa Ana, na Califórnia, EUA e por Wilkinson et al (2006) em três rios do Reino Unido.

Portanto, as concentrações de coliformes fecais encontradas no rio Jacupiranguinha comprometem o uso dessas águas para irrigação de plantas frutíferas, recreação de contato primário e pesca, tendo em vista as doenças causadas por contaminação fecal. Este resultado deve ser motivo de preocupação uma vez que todas as atividades citadas anteriormente são realizadas pela população local.

6.3.2 Comunidade bentônica

Recentemente, os sistemas aquáticos vêm sofrendo alterações antrópicas em diferentes escalas com conseqüências negativas para a comunidade biológica, como represamento, eutrofização artificial, canalização de rios e recreação. A detecção dos impactos resultantes destas atividades pode ser feita através do uso de organismos bioindicadores combinados a fatores físicos (temperatura e sólidos suspensos) e químicos (concentração de nutrientes e toxinas) (DUDGEON, 1994) para que se possa fazer um biomonitoramento.

Rosemberg e Resh (1993) definiram biomonitoramento como o uso sistemático de respostas biológicas para avaliar mudanças no ambiente com o objetivo de utilizar esta informação em programas de controle de qualidade de água.

O uso de indicadores biológicos em programas de monitoramento é a melhor forma de se medir os impactos antrópicos em sistemas aquáticos (CALLISTO e ESTEVES,

1995). Dentre os bioindicadores, os mais recomendados são os macroinvertebrados bentônicos, por possuírem diversas vantagens, como: a) são organismos grandes, sésseis ou com pouca mobilidade e possuem ciclos de vida longos, refletindo padrões temporais e condições locais; b) apresentam alta diversidade biológica e abundância; c) são sensíveis a diferentes níveis de poluição; d) são de fácil amostragem, com técnicas padronizadas e custo baixo de equipamentos (ROSEMBERG e RESH, 1993; MORENO e CALLISTO, 2004).

De acordo com Hynes (1970), os insetos compõem a maior parte da fauna de águas correntes, predominando em diversidade e abundância, como observado neste estudo.

Por serem sistemas dinâmicos, os rios refletem a qualidade de toda microbacia, pois eles recebem não só a matéria orgânica (folhas, galhos ou partículas finas) essencial para seu metabolismo, mas também fertilizantes e pesticidas utilizados em agricultura e efluentes industriais. A qualidade da água e a saúde do ecossistema podem ser avaliados através da diversidade de macroinvertebrados bentônicos, que podem ser avaliados pela sua composição taxonômica e também pelos grupos tróficos funcionais existentes (BARBOSA et al, 2001).

Estes mesmos autores propuseram uma classificação da comunidade bentônica em três grupos básicos: 1) organismos sensíveis, que são altamente suscetíveis a qualquer tipo de impacto; 2) organismos tolerantes, que suportam impactos em níveis não tão altos, capazes de se adaptarem à nova condição do ambiente, refletindo a resiliência do ecossistema; 3) organismos resistentes, que suportam grandes impactos e por, isso, são o grupo de menor diversidade.

Chironomidae tem distribuição mundial, sendo os insetos mais abundantes em água doce. Certas espécies mostram adaptações ecológicas, em ecossistemas de diferentes níveis tróficos até situações extremas como altas temperaturas, pH, matéria orgânica no sedimento e baixas concentrações de oxigênio dissolvido. (CRANSTON, 1995).

Callisto et al (2002), em um estudo na Lagoa Imboassica, região costeira do Rio de Janeiro, observou que a eutrofização do sistema, provocado pelo homem, influenciou na estrutura da comunidade bentônica (na qual prevaleciam indivíduos da família Chironomidae), aumentando a biomassa e diminuindo a diversidade.

Callisto et al (2001b) em estudo realizado em quatro parques municipais da região de Belo Horizonte, MG, em riachos impactados pela ação antrópica, encontraram 13 gêneros de Chironomidae, considerando este fato importante ferramenta para estudo de monitoramento em bacias sob fortes pressões de atividade antrópica.

Trechos de córregos com mata ciliar desenvolvida, alta diversidade de habitats aquáticos, rápidos e remansos frequentes, presença de muitos seixos e cascalho e pouca deposição de lama, apresentam condições favoráveis à manutenção da diversidade de macroinvertebrados (CALLISTO et al, 2002). A eliminação da mata ciliar acarreta a destruição de locais de acasalamento e oviposição, reduzindo a fecundidade e sucesso reprodutivo das espécies aquáticas. (DUDGEON, 1996).

Estudo do rio Pintado, MG, na Bacia do Rio São Francisco, que recebe cargas de esgotos domésticos e um afluente do reservatório Ibirité, demonstrou que o ambiente é bastante impactado e, portanto, só foram encontrados organismos considerados resistentes, como Chironomidae (Diptera) e Tubificidae (Oligochaeta) (MORENO e CALLISTO, 2005). Semelhante resultado também foi encontrado por Pompeu et al (2005), na bacia do Rio das Velhas, na região metropolitana de Belo Horizonte, que recebe esgoto sem tratamento.

Segundo Esteves (1988), os oligoquetas, principalmente aqueles das famílias Tubificidae e Naididae são importantes, pois participam da decomposição da matéria orgânica e do transporte desta matéria das camadas mais profundas do sedimento à superfície. Além disso, possuem pigmentos semelhantes à hemoglobina o que faz com que suportem baixas concentrações de oxigênio, sendo, por isso, encontrados em ambientes poluídos.

A predominância da família Chironomidae e Tubificidae no rio Jacupiranguinha pode ter ocorrido devido a alguns fatores, como: ausência de mata ciliar, que ocasiona maior aporte de material alóctone para o sistema aquático, e lançamento de esgotos e afluente industrial, que diminui a concentração de oxigênio dissolvido na água, condições que exigem espécies mais resistentes.

Estudos de monitoramento têm utilizado a abundância de Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera e Coleoptera (EPTC) como indicadores de água de boa qualidade (LOCH et al, 1996). Não é só a presença destes grupos que deve ser levada em

consideração, mas principalmente sua abundância na estrutura da comunidade bentônica e contribuição à diversidade de espécies (BARBOSA et al, 2001). O córrego Doné (Estação Ambiental de Peti – MG), em estudo realizado por Oliveira et al (2005), apresentou boas condições ambientais e, por isso, maiores valores de riqueza taxonômica e maior número de *taxa* indicadores de boa qualidade ambiental, como Plecoptera e Trichoptera.

Os Ephemeroptera vivem desde ambientes de águas limpas até em locais com temperaturas elevadas e baixas concentrações de oxigênio. Algumas espécies podem viver e até mesmo se beneficiar da poluição causada por esgotos domésticos, aumentando sua densidade. Reconhecidamente, as ninfas da família Baetidae apresentam alto grau de tolerância, vivendo em águas das classes 3 e 4 segundo a Resolução 357/05 do CONAMA (CALLISTO et al, 2001b).

Boreham e Birch (1987) em estudo de um rio impactado por derramamento de inseticida observaram que, logo após o acidente, Ephemeroptera, Trichoptera, Odonata e Coleoptera diminuíram significativamente; Chironomidae mostrou certa resistência e após seis meses do acidente, sua comunidade estava completamente restabelecida.

A recolonização da macrofauna bentônica também foi estudada por Den Besten e Van den Brink (2005) nos rios Nieuwe Merve e Spijkerboor, na Holanda. Oligoquetos e Chironomidae foram os grupos que se destacaram como os primeiros a se restabelecerem.

A qualidade da água também foi avaliada através da riqueza e abundância de EPTC na bacia de Adour-Garrone, região sudoeste da França, por Compin e Céréghino (2003). Os autores concluíram, depois de 153 amostras coletadas, que as ordens Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera e Coleoptera (EPTC) são eficientes indicadores da saúde da bacia, pois responderam coerentemente aos níveis de poluição que ela recebe. Além disso, seus resultados corroboram com os de Vannote et al (1980) em relação à maior diversidade e riqueza terem sido encontradas na região de médio curso.

No presente estudo, no rio Jacupiranguinha, a maior densidade de organismos foi encontrada nos pontos de 1 ao 5 (68% do total). Os organismos EPTC representaram 10,8% do total de organismos encontrados neste estudo, contra 82,9% de Chironomidae (Diptera) e Tubificidae (Annelida), organismos resistentes e, portanto, considerados indicadores de água de má qualidade.

A densidade e diversidade da comunidade bentônica são também influenciadas pelas variações sazonais, como mudanças na vazão e velocidade de escoamento (STATZNER e HIGLER, 1985). Para Gomi et al (2002), os movimentos dos sedimentos e de material alóctone alteram o ambiente para os macroinvertebrados. As secas sazonais afetam o ciclo de vida e a estrutura da comunidade destes organismos nos córregos de cabeceiras.

Além disso, alguns tipos de substratos favorecem a fixação dos bentos, como cascalho e locais com acúmulo de folhiço e areia, sendo essenciais para a estruturação da comunidade bentônica em certos trechos do rio. No rio Jacupiranguinha, a análise granulométrica mostrou predominância de fração areia e a análise de matéria orgânica mostrou que não houve acúmulo de folhas ou qualquer outro material orgânico. Estes fatores, combinados com aumento de vazão e velocidade de escoamento nos períodos de maior precipitação, podem ter dificultado a fixação destes organismos nestes períodos.

Callisto et al (2004), num estudo na Serra do Cipó, MG e Domingos (2004), no rio Betari, SP encontraram maiores densidades de organismos no período seco, fato que foi observado também no estudo do rio Jacupiranguinha, no qual o acúmulo de cascalho em julho também pode ter contribuído para o aumento da densidade. Menores densidades e riqueza no período chuvoso foram relacionadas ao aumento de vazão e velocidade de corrente que carreavam sedimento, detritos vegetais e os próprios organismos à jusante. Resultado semelhante de diversidade e riqueza no período de maior precipitação também foi encontrado por Câmara (2004) em um córrego de uma microbacia com floresta plantada de eucalipto em Guaíba, RS.

As maiores mudanças que ocorreram na comunidade bentônica do rio Po, na Itália, foram com relação ao aumento da vazão, que mudava significativamente os parâmetros físicos e químicos da água, diminuindo a diversidade (OCCHIPINTI-AMBROGI et al, 2005).

Resultado semelhante foi encontrado por Ribeiro e Uieda (2005) no Ribeirão da Quinta (Itatinga, SP), um riacho de terceira ordem na região de Botucatu. As autoras concluíram que a pluviosidade foi o fator que, aparentemente, mais influenciou a composição da comunidade bentônica, devido ao aumento no volume de água e arraste dos

organismos. Além deste, mudanças nos fatores químicos como pH e condutividade, influenciados pela sazonalidade, também podem ter alterado a estrutura da comunidade.

Menor densidade no período chuvoso também foi observada por Baptista et al (2001), porém a composição bentônica não apresentou variação significativa, podendo significar que o sistema apresentava certo grau de resistência e recuperação nesse período.

No golfo de Riga, região do mar Báltico, o que influenciou a estrutura da comunidade foi a temperatura. Neste estudo, Dippner e Ikauniece (2001) observaram densidade máxima na primavera e concluíram que a variabilidade anual da biomassa dos macrobentos nesta estação do ano era controlada pela variação climática durante o inverno.

No entanto, no ponto 7 do rio Jacupiranguinha, houve aumento de riqueza com o período de chuvas. Isso pode ser explicado pelo possível revolvimento do substrato que, neste local e período, era composto por partículas mais finas e, portanto, mais suscetíveis aos efeitos das chuvas. Isto, possivelmente, ocasionou maior disponibilidade de matéria orgânica aos organismos bentônicos, favorecendo o estabelecimento de outras espécies, aumentando a riqueza da comunidade. Outro fator que pode ter ocorrido foi um aumento nas fontes alimentares devido à queda de densidade de outras comunidades, favorecendo o estabelecimento de comunidades melhor estruturadas. Esse mesmo padrão foi observado por Callisto et al (2004) na Serra do Cipó, MG e Queiroz (2004) na represa do Lobo, município de Itirapina, SP.

A classificação em grupos tróficos funcionais considera o hábito alimentar dos organismos e a utilização dos recursos tróficos disponíveis independentemente da identificação das espécies. A predominância, por exemplo, de coletores – filtradores, trituradores e coletores sugerem a importância das partículas em suspensão para o desenvolvimento destes grupos tróficos no período de chuvas (CALLISTO et al, 2001a).

Em relação ao hábito alimentar, os organismos bentônicos podem ser divididos em: raspadores, trituradores, coletores – filtradores e predadores. Os organismos raspadores alimentam-se de biofilme sobre pedras com algas e bactérias. Os trituradores são macrodecompositores de matéria orgânica grossa, maior que 1 mm. Os coletores filtradores alimentam-se de matéria orgânica particulada fina menor que 1 mm e os predadores alimentam-se de pedaços ou presas inteiras (CALLISTO et al, 2001b).

Segundo Barbosa et al (2001), os organismos da família Hydropsychidae (Trichoptera) são tipicamente coletores – filtradores e a densidade deste grupo pode influenciar consideravelmente na qualidade das partículas orgânicas em suspensão.

Em estudo realizado na Serra do Cipó - MG, Callisto et al (2001a) observaram que, no período seco, os coletores foram os organismos dominantes nas áreas estudadas; eles se alimentam de partículas de matéria orgânica fina em suspensão depositada em poças e a entrada de carga alóctone no sistema favoreceu sua presença. Porém, houve maior diversidade de grupos tróficos neste período se comparado ao período chuvoso. No período de chuvas, predominaram os coletores predadores, principalmente larvas de Chironomidae que são importantes no processamento da MO particulada (decompositor) e como predador de outros organismos. Este padrão não foi observado no rio Jacupiranguinha, no qual a predominância de coletores foi encontrada no período de menor precipitação.

Através deste resultado pode-se dizer que a qualidade ambiental da microbacia do rio Jacupiranguinha está seriamente comprometida devido à influência de atividades de monocultura de banana, pastagem – o que gera grande quantidade de coliformes que são carregados para o rio, intenso desflorestamento da mata ciliar, erosão das margens do rio e conseqüente assoreamento de seu leito em alguns trechos, além de lançamentos de efluentes domésticos. Vale destacar, também, o impacto causado pela atividade industrial e de mineração da Serrana, cujo efluente é lançado com altas concentrações de fósforo e íons dissolvidos, alterando significativamente as características físicas e químicas da água do rio Jacupiranguinha.

7 Conclusões

1. Os resultados obtidos durante o período de estudos no rio Jacupiranguinha indicam que ele segue os preceitos do conceito de Pulso de Inundação (JUNK et al, 1989), porém com deslocamentos do gradiente causado, principalmente, pela entrada de um efluente, de acordo com o conceito da Descontinuidade de Ligação (RICE et al, 2001).
2. A vazão variou de acordo com o regime pluviométrico regional e, espacialmente, com a entrada de efluentes.
3. A variação sazonal bem definida da condutividade elétrica, com menores valores no período de maior precipitação, mostrou a importância do efeito de diluição das águas. Espacialmente, a variação devido à entrada de efluentes, principalmente do industrial, corrobora o conceito da Descontinuidade de Ligação (RICE et al, 2001).
4. A concentração de oxigênio dissolvido não mostrou a variação sazonal esperada, ou seja, relação inversa com a temperatura, mostrando que pode estar havendo influência de outros fatores, como a concentração de sólidos suspensos.
5. Elevadas concentrações de sólidos suspensos, principalmente no período de chuvas, são reflexo da importância da contribuição do escoamento superficial para a qualidade da água do rio Jacupiranguinha. A falta de planejamento e fiscalização do cultivo da banana parece estar gerando consequências danosas ao rio, pois as margens são facilmente erodidas pela falta da mata ciliar, ocasionando elevado aporte de material em suspensão para o rio.
6. A predominância de sólidos suspensos inorgânicos mostra a contribuição do intemperismo físico e químico das rochas e lixiviação do solo, provocada por atividades antrópicas na microbacia.
7. Nitrogênio e fósforo apresentaram variações espaciais e temporais diferentes. A entrada de efluentes influenciou, principalmente, diferenças nas concentrações de fósforo, que foram maiores no período seco. Em relação ao nitrogênio, o escoamento superficial das áreas com plantações de banana e pastagens parece ser a explicação mais provável de sua variação, pois suas concentrações foram maiores nos períodos de maior precipitação.

8. A análise de agrupamento corroborou a divisão dos pontos de coleta do rio em grupos e os parâmetros que permitiram essa divisão foram, principalmente, compostos de fósforo, condutividade, sólidos suspensos, nitrito e silicato.
9. O sedimento foi classificado como mineral em todo eixo longitudinal amostrado. Porém, em alguns pontos, ele apresentou acúmulo de fósforo, provavelmente devido ao intenso lançamento deste produto no rio e pela atividade mineradora realizada pela indústria Serrana.
10. A concentração de coliformes encontrada compromete o uso dessas águas para irrigação, recreação e pesca, tendo em vista as doenças causadas por contaminação fecal.
11. A estrutura da comunidade bentônica encontrada no rio Jacupiranguinha mostrou-se bastante simplificada, com pouca riqueza e diversidade de espécies. Este fato, somado à predominância de taxa resistentes à poluição (larvas de Chironomidae e Oligochaeta), pode estar indicando uma degradação do rio em decorrência, principalmente, da monocultura de banana, das pastagens, da devastação da mata ciliar. A análise granulométrica do sedimento mostrou predominância da fração areia, o que também dificulta a fixação de organismos bentônicos.

8 Recomendações

Pensando na sustentabilidade dos recursos hídricos da microbacia do rio Jacupiranguinha é cabível algumas recomendações:

Melhorar as condições de saneamento básico do município, pois uma parte do esgoto doméstico gerado não recebe tratamento e é lançado *in natura* ao rio.

Fiscalizar as propriedades em relação ao cultivo de banana e pastagens e, pelo menos junto às margens do rio, substituir a plantação de banana por mata ciliar típica da região, conforme o Código Florestal 4771/65. Para isso, é imprescindível que se inicie um processo de conscientização dos proprietários sobre a importância de preservar e mesmo restabelecer a mata ciliar, especialmente aquelas ao redor das nascentes, e expor, de forma clara, que as plantações de banana e as pastagens, às margens do rio, podem gerar consequências danosas à qualidade da água pelo uso de fertilizantes e presença de fezes animais, assim como erosão das margens e aporte de grande quantidade de material alóctone para dentro do sistema, comprometendo o sustento de suas próprias atividades.

As atividades mineradoras, representadas, principalmente, pela extração do minério de apatita do maciço de Jacupiranga, têm gerado impactos significativos nos ecossistemas da microbacia. Além disso, o efluente lançado pela Serrana é uma fonte pontual muito séria de poluição do rio Jacupiranguinha. As análises químicas e toxicológicas da água e do sedimento revelaram condições de distúrbio e contaminação desses compartimentos por metais pesados (CUNHA et al, 2005; LOPES JR., 2005). Nesse sentido, é necessário desacelerar esse processo degradativo, de forma direta, com investimentos em tecnologias de tratamento do efluente, e indireta, por meio de planos corretivos e de atenuação das inconformidades ambientais de uso e ocupação da microbacia e também pela fiscalização mais eficiente das atividades.

9 Referências bibliográficas

- AHEARN, D. S., SHEIBLEY, R. W., DAHLGREN, R. A., ANDERSON, M., JOHNSON, J. e TATE, K.W. (2005) Land use and land cover influence on water quality in the last free-flowing river draining the western Sierra Nevada, California. *Journal of Hydrology* xx, p.1 – 14.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA (2002). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 20th ed. Washington, APHA.
- ANDERSEN, J.M. (1976) – Na ignition method for determination of total phosphorus in lake sediments. *Water Resources*, v.10, p. 329-31
- ASSAD, E. D. e SANO, E. E. (1987) (Eds.). *Sistemas de informações geográficas: aplicações na agricultura*. Planaltina: Embrapa - CPAC, 1993. 274p. BRASIL. Ministério da Agricultura. Programa nacional de microbacias hidrográficas: manual operativo. Brasília, 1987. 60p.
- BAPTISTA, D. F.; DORVILLÉ, L. F. M.; BUSS, D. F. e NESSIAMIAN, J. L. (2001) Spatial and temporal organization of aquatic insects assemblages in the longitudinal gradient of a tropical river. *Rev. Bras. Biol.*, v. 61, n. 2, p. 295 – 304.
- BARBOSA, F.; CALLISTO, M.; GALDEAN, N. (2001). The diversity of benthic macroinvertebrates as an indicator of water quality and ecosystem health: a case study for Brazil. *Journal of Aquatic Ecosystem Health Management*, v.4, n.1, p. 51 – 59.
- BATALHA, B. L. (1986). *Autodepuração nos cursos d'água*. DAE. v.46, n.144. p.27-32.

- BENASSI, S. F. (2002) *Estudo das variáveis limnológicas e do processo da autodepuração na Descontinuidade Serial do ribeirão Bonito (SP)*. Dissertação (Mestrado), Departamento de Hidráulica e Saneamento, EESC – USP.
- BOLLINGER, J. E.; STEINBERG, L. J.; HARRISON, M. J.; CREWS, J. P.; ENGLANDE, A. J.; VELASCO-GONZALES, C.; WHITE, L. E. e GEORGE, W. J. (1999) Comparative analysis of nutrient data in the lower Mississippi River. *Water Research*, v. 33, n. 11, p. 2627 –32.
- BORDALO, A. A.; NILSUMRANCHIT, W. e CHALERMVAT, K. (2001) Water quality and uses of Bangpakong River (Eastern Thailand). *Water Research*, v. 35, n.15, p. 3635 –42.
- BOREHAM, S. e BIRCH, P. (1987). The use of indicator organisms to asses aquatic pollution following a motorway insecticide spill. *The Science of the Total Environment* v. 59, p.477 – 480.
- BOUALAM, M.; MATHIEU, L.; FASS, S.; CAVARD, J. e GATEL, D. (2002) Relationship between coliform culturability and organic matter in low nutritive waters. *Water Research*, v. 36, p. 2618 –26.
- BRANCO, S. M. (1986) *Hidrobiologia Aplicada à Engenharia Sanitária*; 3^a. Ed; CETESB / ASCETESB; 616p. São Paulo – SP.
- BRASIL (1997) Política Nacional dos Recursos Hídricos. Lei número 9.433 de 8 de janeiro de 1997 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos, Ministério do Meio Ambiente.
- BRASIL (2005) Resolução CONAMA 357/2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. *Diário*

Oficial de República Federativa do Brasil. Brasília. Disponível em:
<<http://www.mma.gov.br/port/conama/>>. Acesso em 29 abr 2005.

BRIGANTE, J.; ESPÍNDOLA, E. L. G.; POVINELLI, J.; NOGUEIRA, A. M. (2003) Caracterização física, química e biológica da água do rio Mogi-Guaçu. In: BRIGANTE, J.; ESPÍNDOLA, E. L. G (eds) *Limnologia Fluvial: um estudo no rio Mogi-Guaçu*. Ed Rima, São Carlos, SP.

BRINKHURST, R. O. & MARCHESE, M. R. (1989). *Guia para a identificação dos Oligoquetos Aquáticos Continentais da América do Sul*. 2º ed. Sidney. Associação de Ciências Naturais do Litoral.

BUBEL, A. P. M. (1998) *Caracterização Limnológica do Rio do Peixe (microrregião geográfica de Botucatu – SP), em duas épocas do ano (períodos de seca e chuva)*. Dissertação (Mestrado), Departamento de Hidráulica e Saneamento, EESC – USP.

BUBEL, A. P. M. (2003) *Características físicas e químicas das águas superficiais e subterrâneas (nas proximidades do canal), dos ribeirões do Moqué e Água Clara (Médio Tietê Superior – SP), em função das variáveis hidrológicas*. Tese (Doutorado), Departamento de Hidráulica e Saneamento, EESC – USP.

CAJATI. Municípios do Estado de São Paulo. Disponível em:
<<http://www.cajati.sp.gov.br/dados.htm>> Acesso em 05 set. 2005.

CALIJURI, M. C. e BUBEL, A. P. M. (2006) Conceituação de Microbacias. In: LIMA, W. P. & ZAKIA, M. J. B (eds) *Manejo Ambiental de Florestas Plantadas: Operacionalizando o Conceito de Microbacia como Unidade de Planejamento*. Ed. Rima, São Carlos, SP.

- CALIJURI, M. C. (1999) *A comunidade fitoplanctônica em um reservatório tropical (Barra Bonita, SP)*. Tese (Livre Docência), Departamento de Hidráulica e Saneamento, EESC – USP.
- CALLISTO, M. & ESTEVES, F. A. (1995). Distribuição de macroinvertebrados bentônicos em um ecossistema impactado por rejeito de bauxita (Pará, Brasil). *Oecologia Brasiliensis*, v.1, p. 335-48.
- CALLISTO, M.; MORENO, P.; BARBOSA, F. (2001a). Habitat diversity and benthic functional trophic groups at Serra do Cipó, Southeast Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, v.61, n.2, p. 259-66.
- CALLISTO, M.; MORETTI, M.; GOULART, M. D. C. (2001b). Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta para avaliar a saúde de riachos. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.6, n.1, p. 71-82.
- CALLISTO, M., MORENO, P., GONCALVES, J. F. JR. *et al.* (2002) Diversity and biomass of Chironomidae (Diptera) larvae in an impacted coastal lagoon in Rio de Janeiro, Brazil. *Braz. J. Biol.* [online]. v.62, n.1 p.77-84. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-69842002000100010&lng=en&nrm=iso>. ISSN 1519-6984. Acesso em 06 jan 2006.
- CALLISTO, M., GOULART, M., MEDEIROS, A. O. *et al.* (2004) Diversity assessment of benthic macroinvertebrates, yeasts, and microbiological indicators along a longitudinal gradient in Serra do Cipó, Brazil. *Braz. J. Biol.* [online]. v.64, n. 4 p.743-755. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-69842004000500003&lng=en&nrm=iso>. ISSN 1519-6984. Acesso em 06 jan 2006.
- CALLISTO, M.; GONÇALVES JÚNIOR, J. F. 2005. Bioindicadores Bentônicos. In: ROLAND, F.; CESAR, D.; e MARINHO, M. (Eds). *Lições de Limnologia*, 371-79.

- CALLISTO, M.; GONÇALVES JÚNIOR, J. F.; MORENO, P. 2005. Invertebrados Aquáticos como Bioindicadores. In: GOULART, E.M.A. (Eds). *Navegando o Rio das Velhas das Minas aos Gerais*, 555-67.
- CÂMARA, C. D. (2004) *Critérios e indicadores para o monitoramento hidrológico de florestas plantadas*. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo.
- CAMPOLO, M.; ANDREUSSI, P. e SOLDATO, A. (2002) Water quality control in the River Arno. *Water Research*, v. 36, p. 2673 –80.
- CEBALLOS, B. O. S., LIMA, E. O., KONIG, A. & MARTINS, M. T. (1995). Spatial and temporal distribution of fecal coliforms, coliphages, moulds and yeasts in freshwater at semi-arid tropic northeast region in Brazil (Paraíba State). *Rev. Microbiol.*, v.26, p. 177-181.
- CENTRO TECNOLÓGICO DA FUNDAÇÃO PAULISTA DE TECNOLOGIA E EDUCAÇÃO (CETEC) (2000). Diagnóstico da situação dos recursos hídricos da Bacia Hidrográfica do Ribeira de Iguape e Litoral Sul – Relatório Zero UGRHI 11. Disponível em: <http://www.sigrh.sp.gov.br/sigrh/ARQS/RELATORIO/CRH/CBH-RB/360/r0/volume/index.htm>. Acesso em 02 dez 2005.
- CHEVALLIER, P. (2003) Aquisição e processamento de dados. In: TUCCI, C. E. M. *Hidrologia: Ciência e Aplicação*. Editora da UFRGS/ABRH. Porto Alegre, RS. p.485 – 525.
- CHIGBU, P.; GORDON, S. e STRANGE, T. (2004) Influence of inter-annual variations in climatic factors on fecal coliform levels in Mississippi Sound. *Water Research*, v. 38, p. 4341 –52.

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO

(SABESP). (2004) Disponível em :

http://www2.sabesp.com.br/html/a_sabesp/sua_regiao/detalhes.asp?inic_mun=c&munipio=726&x=17&y=5. Acesso em 10 dez 2004.

COMPIN, A. e CÉRÉGHINO, R. (2003) Sensitivity of aquatic insect species richness to disturbance in the Adour-Garrone stream system (France). *Ecological Indicators*, v.3, p. 135 – 142.

CRANSTON, P. S. (1995). Introduction to the Chironomidae. In: ARMITAGE, P.; CRANSTON, P. S. e PINDER, C. V. (eds.), *The Chironomidae: the biology and ecology of non-biting midges*. Chapman & Hall, New York, p. 1-7.

CUMMINS, K. W. (1996) Catchments Characteristics and River Ecosystems. In: BOON, P. J.; CALOW, P. & PETTS, G. E. *River Conservation and Management*. 4th.edition; Willey Editorial. p.125 – 135. England.

CUNHA, D. G. F.; MIWA, A. C. P. e CALIJURI, M. C. (2005) Identification and quantification of heavy metals in Jacupiranguinha River sediment, Ribeira Valley, São Paulo, Brazil. Apresentado ao XIII INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEAVY METALS IN THE ENVIRONMENT. Rio de Janeiro, RJ, 5 a 9 de junho de 2005.

DEN BESTEN, P. J. e VAN DEN BRINK, P. J. (2005) Bioassay responses and effects on benthos after pilot remediations in the delta of the rivers Rhine and Meuse. *Environmental Pollution* v.136, p. 197 – 208.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM – DNER (1994) *Preparação de amostras de solos para ensaios de caracterização, solos, método de ensaio*, DNER – ME 041/94. Rio de Janeiro, RJ, Brasil. 4p.

- DIPPNER, J. W. e IKAUNIECE, A. (2001) Long-term zoobenthos variability in the Gulf of Riga in relation to climate variability. *Journal of Marine Systems*, v.30, p. 155 – 164.
- DOMINGOS, M. D. (2002) *Limnologia do rio Betari (Iporanga, SP) e a relação com o estado de conservação de sua bacia hidrográfica – subsídios para o desenvolvimento sustentável*. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo.
- DUDGEON, D. (1994). Research strategies for the conservation and management of tropical Asian streams and rivers. *International Journal of Ecology & Environmental Sciences*, v.20, p. 255-285.
- DUDGEON, D. (1996) Anthropogenic influences on Hong Kong streams. *Geo Journal* v.40, n.(1-2), p. 53-61.
- DUMANSKI, J. e PIERI, C. (2000) Land quality indicators: research plan. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, v.81, p.155 – 162.
- EDMONDSON, W. T. (1959). *Freshwater Biology*. John Wiley & Sons Inc. New York, 867p.
- ELWOOD, J. W.; NEWBOLD, J. D.; O' NEIL, R. V. e VAN WINKLE, W. (1983). Resource spiraling: an operation paradigm for analyzing lotic ecosystems. In: *The dynamics of lotic ecosystems*. Ann. Arbor Publishers, Ann, Arbor, MI, 3.
- ESTEVES, F. A. (1988) *Fundamentos de Limnologia*. FINEP, Rio de Janeiro – RJ.
- EVANSON, M. e AMBROSE, R. F. (2006) Sources and growth dynamics of fecal indicator bacteria in a coastal wetland system and Potencial impacts to adjacent waters. *Water Research*, v. 40, p. 475 – 486.

- FONTOURA, A.P. (1985). *Manual de Vigilância da Qualidade das Águas Superficiais*. Publicações avulsas, Instituto de Zoologia. Universidade do Porto. Porto. Portugal.
- GOLTERMAN, H.L., CLYNO, R.S., OHNSTAO, M.A.M. (1978) *Methods for physical and chemical analysis of fresh water*. 2 ed. – IBP. Handbook n° 8. Oxford, Blackwell Scientific Publications.
- GOMI, T., SIDLE, R.C. e RICHARDSON, J.S. (2002) Understanding processes and downstream linkages of headwater systems. *BioScience*, v.52, n.10, p. 905 – 916.
- GOULART, M.; CALLISTO, M. (2003). Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. *Revista FAPAM*, v.2, n.2, p. 153-164.
- GRANZIERA, M. L. M. (2003) *Direito de Águas: disciplina jurídica das águas doces*. 2ª ed. São Paulo. Ed. Atlas.
- HESPAÑHOL, I. (1999) - Água e Saneamento Básico – Uma Visão Realista. In: REBOUÇAS, A. C; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (eds) – *Águas Doces do Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. p.249 – 304.
- HYNES, H. B. N. (1970) *The ecology of running waters*. University Press, Liverpool, 555p.
- INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS – IAC (1999). *Mapa pedológico do Estado de São Paulo*. Governo do Estado de São Paulo.
- JONNALAGADDA, S. B. e MHERE, G. (2000) Water quality of the Odzi River in the eastern highlands of Zimbabwe. *Water Research* v. 35, n.10, p. 2371-76.

- JUDOVÁ, P. e JANSKÝ, B. (2005) Water quality in rural areas of the Czech Republic: key study Slapanka River catchment. *Limnologica*, v. 35, p. 160 – 168.
- JUNK, W. J.; BAYLEY, P. B. e SPARKS, R. E. (1989) The Flood Pulse Concept in river-floodplain systems. *Can Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* v.106, p. 110-127.
- LEONARDO, H. C. L. (2003) *Indicadores de qualidade de solo e água para a avaliação do uso sustentável da microbacia hidrográfica do Rio Passo Cue, região oeste do Estado do Paraná*. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiros, Piracicaba – SP.
- LIKENS, G. E.; BORMANN, R. S.; PIERCE, R. S.; EATON; JOHNSON, N. M. (1977). *Biogeochemistry of a forested ecosystem*. Springer-Verlag, New York. 146p.
- LIMA, S. F. (2000) *Programa de análise granulométrica ANASED – Manual do usuário*, LGMA – UFC. Fortaleza – CE, v. 1, 20p.
- LIMA, W. P. (1997) Rede de monitoramento ambiental em microbacias: indicadores hidrológicos do manejo sustentável. In: BRANCO, E. F. (ed.). IPEF/LCF/ESALQ/USP Relatório anual.
- LIMA, W. P. (1999) A microbacia e o desenvolvimento sustentável. *Ação Ambiental*, Universidade Federal de Viçosa. v. 1, n. 3, p. 20 – 22, jan.
- LIMA, W. P. e ZAKIA, M. J. B. (2000) Hidrologia de matas ciliares. In: RODRIGUES, R. R. e LEITÃO FILHO, H. F. (Ed.) *Matas ciliares: conservação e recuperação*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, Fapesp, 2000. p. 33 – 44.
- LOBO, E. e LEIGHTON, G. (1986). Estruturas comunitarias de las fitocenosis planctonicas de los sistemas de desembocaduras de rios y esteros de la zona central de Chile. *Rev. Biol. Mar Valparaiso*, v. 22, n. 1, p 1 – 29.

- LOCH, D. D.; WEST, J. L. e PERLMUTTER, D. G. (1996). The effect of trout farm effluent on the taxa richness of benthic macroinvertebrates. *Aquaculture*, v.147, p. 37 – 55.
- LOPES JR, I. (2005) *Atlas Geoquímico do Vale do Ribeira – geoquímica dos sedimentos ativos de corrente*. São Paulo: CPRM, 77p.
- MACCAFFERTY, W. P. (1981). *Aquatic entomology*. Jones and Barflett Publishers Inc., Boston.
- MARGALEF, R. (1983). *Limnologia*. Ed. Omega, 1010p.
- MASERA, O.; ASTIER, M. e RIDAURA, S. L. (1999) *Sustentabilidad y manejo de recursos naturales: el marco de evaluación (MESMIS)*. México: Mundi-Prensa, 107p.
- MENZEL, D. W.; CORWIN, N. (1965) The measurement of total phosphorus in seawater based on the liberation of organically bound fractions by persulfate oxidation. *Limnology and Oceanography*, v. 10, p. 280-282.
- MONTGOMERY, D.R. (1999) Process domains and the river continuum. *Journal of the American Water Resources Association*, v.35, n.2, p.397 – 410.
- MORENO, P.; CALLISTO, M. (2004). Bioindicadores de qualidade de água ao longo da bacia do Rio das Velhas. In: FERRACINI, V. L.; QUEIROZ, S. C. N. e SILVEIRA, M. P. (Eds). *Bioindicadores de Qualidade da Água*, p.95-116.
- MORENO, P. & CALLISTO, M. (2005). Benthic macroinvertebrates in the watershed of an urban reservoir in southeastern Brazil. *Hydrobiologia*, no prelo.

- NOGUEIRA, J.B. (1995) – Mecânica de Solos – Ensaio de Laboratório. Departamento de Geotecnia, Escola de Engenharia de São Carlos (EESC), Universidade de São Paulo (USP). 248p.
- NORRIS, R. H. e THOMS, M. C. (1999) What is river health? *Freshwater Biology*, v.41, p.197 – 209. Blackwell Science.
- NOVELLI, A. (2005) *Estudo limnológico e ecotoxicológico da água e do sedimento do rio Monjolinho – São Carlos, SP, com ênfase nas substâncias de referência cádmio e cobre*. Dissertação (Mestrado), Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo.
- OCCHIPINTI-AMBROGI, A.; SAVINI, D. FORNI, G. (2005) Macrobenthos community structural changes of Cesenatico coast (Emilia Romagna, Northern Adriatic), a six-year monitoring programme. *Science of Total Environment* v.353, p. 317 – 328.
- ODUM, E. P. (2001) *Fundamentos de Ecologia*. Rio de Janeiro, Guanabara.
- OLIVEIRA, A.; MORGAN, F.L.; MORENO, P.; CALLISTO, M. (2005). Inventário da fauna de insetos aquáticos na Estação Ambiental de Peti (CEMIG). In: SILVEIRA, F. (Eds). *Anais da ANEEL - Projeto Peti/UFGM*, p.25-30.
- OLIVEIRA, J. L. S. (2003) Desenvolvimento Sustentável: um desafio internacional. *Revista Eletrônica de Turismo*, 4^a ed, v. 2, n 2. Disponível em : <http://www.presidentekennedy.br/retur/edicao04/edicao4.html>. Acesso em 06/01/2004
- OSBORNE, L. L. e WILEY, M. J. (1988) Empirical relationships between land-use cover and stream water-quality in an agricultural watershed. *Journal of Environmental Management* v.26, n.1, p.9 – 27.

- PETTS, G. E. et al (1992). *River conservation and management*. Chichester, U.S.A., Wiley & Sons.
- POMPEU, P. S.; ALVES, C. B. M. e CALLISTO, M. (2005) The effects of urbanization on biodiversity and water quality in the Rio das Velhas Basin, Brazil. *American Fisheries Society Symposium*, v.47, p. 11 – 22.
- PRAT, N e MUNNÉ, A. (2000) Water use and quality and stream flow in a Mediterranean stream. *Water Research* v. 34, n.15, p. 3876 – 81.
- QUEIROZ, L. A. (2004) *Avaliação das condições tróficas da represa do Lobo (Itirapina-Brotas, SP) através do estudo da comunidade de macroinvertebrados bentônicos*. Dissertação (Mestrado), Centro Universitário de Araraquara – UNIARA – SP.
- RIBEIRO, L. O. e UIEDA, V. S. (2005). Estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos de um riacho de serra em Itatinga, São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, v. 22, n. 3, p. 613 – 618.
- RICE, S. P., GREENWOOD, M. T. e JOYCE, C. B. (2001) Tributaries, sediment sources and the longitudinal organization of macroinvertebrate fauna along river systems. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, v.58, p.824 – 840.
- RICHARDS, C., JOHNSON, L. B. e HOST, G. E. (1996) Landscape-scale influences on stream habitats and biota. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, v.53, p.295 – 311.
- RIOS, L. (1993) *Estudo limnológico e fatores ecológicos em ribeirões e córregos da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Feijão (Estado de São Paulo)*. Dissertação (Mestrado), Departamento de Hidráulica e Saneamento, EESC – USP.

- ROCHA, J. S. M. (1991) *Manual de manejo integrado de bacias hidrográficas*. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria.
- RODRIGUEZ – ANIDO, N. M. (2002) Caracterização hidrológica de uma microbacia experimental visando identificar indicadores de monitoramento ambiental. Dissertação (Mestrado). ESALQ – USP. Piracicaba.
- ROSEMBERG, D. M. e RESH, V. H. (1993) Introduction to fresh water biomonitoring and benthic macroinvertebrate. In: ROSEMBERG, D. M. & RESH, V. H. *Fresh water biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. New York, Chapman & Hall, p. 1 – 9.
- SABATER, F.; ARMENGOL, J. e SABATER, S. (1989). Measuring Discontinuities in the Ter River. *Regulated Rivers: Research & Management*, v.3, p. 133-142.
- SANTOS, E.T. (2000) *Caracterização ambiental da alta bacia do rio Aquidauana/MS e identificação dos impactos do uso e ocupação do solo na qualidade dos recursos hídricos*. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo.
- SASAKI, A.; ITO, A.; AIZAWA, J. e UMITA, T. (2005) Influence of water and sediment quality on benthic biota in an acidified river. *Water Research* v.39, p. 2517 – 26.
- SCHULZ, R. (2000) Rainfall-induced sediment and pesticide input from orchards into the Lourens River, Western Cape, South Africa: importance of a single event. *Water Research*, v. 35, n. 8, p. 1869 –76.
- SÉ, J. A. S. (1992) *O rio do Monjolinho e sua Bacia Hidrográfica como integradores de sistemas ecológicos*. Dissertação (Mestrado), Departamento de Hidráulica e Saneamento, EESC – USP.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE (SMA). 1995. Relatório de Apresentação do Projeto "Preservação da Floresta Tropical (Mata Atlântica) no Estado de São Paulo", DPRN/CPRN, SMA/IF/CINP.

SERRANA S/A – INDÚSTRIA DE FERTILIZANTES E NUTRIÇÃO ANIMAL. Disponível em: <<http://www.serrana.com.br/>>. Acesso em 03 fev 2006.

SILVA, A. M. M. e SACOMANI, L. B. (2000) Using chemical and physical parameters to define the quality of Pardo River water (Botucatu – SP – Brazil). *Water Research*, v. 35, n. 6, p. 1609 –16.

SOUZA, M. P. (2000) – *Instrumentos de gestão ambiental: Fundamentos e Prática*. São Carlos. Editora Riani Costa. 112p.

SOS RIBEIRA (2005) Disponível em:

<http://www.sosribeira.org.br/programas/educacao/mmundo/download/Capitulo2.pdf>

Acesso em: 1 nov 2005.

STAZNER, B. e HIGLER, B. (1985). Questions and comments on the River Continuum Concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. v.42, p-1038 – 44.

STUDART, T. M. C. (2003) *Escoamento Superficial*. Disponível em:

<<http://www.deha.ufc.br/ticianahidrologia/apostila.htm>>. Acesso em 08 fev 2006.

THEODOROVICZ, A. (2005) *Atlas Geoambiental: subsídios ao planejamento territorial e à gestão ambiental da bacia hidrográfica do rio Ribeira de Iguape*. São Paulo: CPRM, 91 p.

THOMS, M. C., OGDEN, R. W. e REID, M. A. (1999) Establishing the condition of lowland floodplain rivers: a paleo-ecological approach. *Freshwater Biology*, v.41, p. 407 – 423.

- TONISSI, F. B. (1999) *Avaliação ecotoxicológico do reservatório de Salto Grande, Americana (SP) como subsídio para análise da qualidade ambiental do sistema*. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 137p.
- TOLEDO, L. G. e NICOLELLA, G. (2002) Índice de Qualidade de Água em Microbacia sob uso Agrícola e Urbano. *Scientia Agrícola*, v.59, n.1, p. 181-186, jan – mar.
- TRINDADE, M. (1980) – *Nutrientes em sedimento da represa do Lobo (Brotas-Itirapina/SP)*. Dissertação (Mestrado). Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. 219p
- VALE DO RIBEIRA (2000). Disponível em: <<http://www.valedoribeira.ufpr.br/vale.htm>>
Acesso em 1 nov. 2005.
- VANNOTE, R. L.; MINSHALL, G. W.; CUMMINS, K. W.; SEDELL, J. R, e CUSHING, C. E. (1980). The River Continuum Concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* v. 37,n 1, p-130-137.
- VON SPERLING, M. (1995). *Princípios do tratamento biológico de águas residuárias*. Vol. 1. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG. 2ª ed. revisada. 243 p.
- WARD, J. V. e STANFORD, J. A. (1983) The Serial Discontinuity Concept in Lotic Ecosystems. In: FONTAINE, T. D. & BARTHELL, S. M., (Eds.) *Dynamics of lotic ecosystems*. Ann Arbor Scien. Publ., Ann Arbor. Michigan, p.347 – 356.
- WARD, J. V. (1994). The structure and dynamics of lotic ecosystems. In: MARGALEF, R. *Limnology Now – a paradigm of planetary problems*. 1st. ed; Elsevier Science; p.195 – 218. Amsterdam, Netherlands.

WARD, J. V. e STANFORD, J.A. (1995) The Serial Discontinuity Concept: Extending the Model to Floodplain Rivers. *Regulated Rivers: Research & Management*, v.11, p.1-10.

WILKINSON, J.; KAY, D.; WYER, M. e JENKINS, A. (2006) Processes driving the episodic flux of fecal indicator organisms in streams impacting on recreational and shellfish harvesting waters. *Water Research*, v. 40, p. 153 – 161.