



INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES
Autarquia associada à Universidade de São Paulo

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO RIO SÃO LOURENÇO, SP, SOB INFLUÊNCIA
DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA E ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE
ESGOTO

ANGÉLICA MEGDA DA SILVA

Tese de Doutorado apresentada como parte
dos requisitos para obtenção do título de Doutor
em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear -
Materiais.

Orientadora:
Dra. Maria Beatriz Bohrer Morel

**SÃO PAULO
OUTUBRO
2008**

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

Ao Matheus, por tudo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha orientadora, Dra. Maria Beatriz Bohrer Morel, pela amizade, orientação, incentivo, oportunidades e confiança.

Ao amigo e coorientador Dr. Denis Abessa, Universidade Estadual de São Paulo.

À Vanessa Lameira, companheira e amiga sempre, e a sua família pra lá de atenciosa.

À grande amiga Maria Nogueira a todo o apoio durante todo o tempo no CQMA, desde 1998.

Ao meu grande amigo e companheiro: Luiz Pires, e às minhas amigas Carla Capoleti e Patricia Castilho.

Agradeço a todo pessoal do CQMA, os que já não estão mais, os que recentemente chegaram e aqueles que permanecem: D. Severina, Cleide, Cris, Elias, Martinha, Dona Luíza, Davi, Hélio, Jorge Vaz, Douglas, Juliana, Carlos, Luciana, obrigada pelo carinho, lanchinhos, bolinhos, cafezinhos, etc. Ao Fábio e aos estagiários do laboratório de Ecotox, foram tantos que passaram, mas todos colaboraram um pouco com este trabalho.

Agradeço a toda Comissão de Pós Graduação do Ipen por todo o apoio durante todos esses anos, em especial à Verinha, Ilze, Aninha e Fernando.

À Dra. Odete Rocha, Universidade Federal de São Carlos, pela colaboração durante toda a execução deste trabalho.

Ao Dr. Paulo Augusto Zantune Pamplim da Universidade Federal do Piauí, pela ajuda na identificação dos organismos bentônicos e análises, amizade e apoio.

Ao Dr. Luiz Simone do Museu de Zoologia da USP, pela colaboração na identificação dos moluscos e incentivo à pesquisa e inspiração.

Ao Dr. Gustavo do Museu de Zoologia da USP, pela colaboração na identificação dos crustáceos.

Ao pesquisador Marcos Scapim pelas análises no sedimento e ajuda prestada.

À Dra. Marycel B. Cotrim pela ajuda e apoio.

Ao IPEN, Centro de Pesquisa e Meio Ambiente, especialmente à Dra. Maria Aparecida Faustino Pires.

À FUNDESPA, ao Bauer e ao Dom, e a TECAM pelo apoio logístico durante o desenvolvimento do trabalho.

À SABESP pela oportunidade e apoio, especialmente Eduardo Okawa, Júlio César de Moraes, Celio de Souza e Crysthian Antunes.

À FAPESP pela bolsa concedida Proc. N. 04/10085-4.

Agradeço ao Dr. Abílio Lopes de Oliveira Neto, por estar onde estou agora.

A minha grande amiga Cidinha, que sempre me ajudou, apoiou e incentivou.

A toda minha família, pelo apoio incondicional, minha querida mãe Fátima, meu irmão Américo, à Angela e ao Tony, à Fátima e Daniel. Foram as pessoas que sempre estiveram do meu lado e entenderam as minhas ausências e me apoiaram nos momentos de angústia.

Ao Matheus, por sua paciência, compreensão, apoio, estímulo, companheirismo, dedicação, amizade, amor, não há palavras que transmita toda minha gratidão.

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO RIO SÃO LOURENÇO, SP, SOB INFLUÊNCIA DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA E ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO

ANGÉLICA MEGDA DA SILVA

RESUMO

Durante muito tempo, houve um descaso com os recursos hídricos, tanto por parte da sociedade quanto pelas autoridades. O aumento rápido da população, ocasionando ocupações desordenadas, foi ignorado pelos setores públicos e pela própria sociedade, resultando na degradação do ambiente. Os ensaios ecotoxicológicos são essenciais para avaliação ambiental, em conjunto com a avaliação química e biológica. Atualmente, existem mais de 7500 estações de tratamento de água (ETA) convencionais no Brasil. Estima-se que cerca de 2.000 toneladas de sólidos (lodo gerado após o tratamento) são lançadas em águas brasileiras sem nenhum tratamento. O objetivo do presente trabalho foi a aplicação da tríade de qualidade do sedimento, além da avaliação química e ecotoxicológica da água do Rio São Lourenço, como subsídio para o estudo sobre a influência do descarte de Estações de Tratamento de Água (ETA) e Esgoto (ETE) dos municípios de São Lourenço da Serra e Jujutiba (SP). O Rio São Lourenço, além de abastecer o município de São Lourenço da Serra e receber toda a carga poluidora de São Lourenço da Serra e Jujutiba, é um dos principais afluentes do Rio Juquiá, que faz parte da Bacia Hidrográfica do Vale do Ribeira. Foram realizadas sete coletas durante os anos de 2004, 2005 e 2006, em 12 pontos do Rio São Lourenço, a montante e jusante das estações, as quais incluíram amostragens de água, para análises de parâmetros abióticos e ecotoxicológicos, e sedimento, para avaliação parâmetros ecotoxicológicos. Em 2006 as coletas incluíram amostras de sedimento para avaliação dos parâmetros abióticos e biológicos, dados utilizados para a aplicação da Tríade de Qualidade de Sedimento. Foram utilizadas espécies de diferentes níveis tróficos nos ensaios de ecotoxicidade, principalmente organismos autóctones, como importante ferramenta para se avaliar os ambientes tropicais. Na avaliação da toxicidade, foram realizados ensaios de toxicidade agudos e crônicos da água com *Daphnia similis* e *Daphnia laevis*, *Ceriodaphnia silvestrii* e *Ceriodaphnia dubia*, e do sedimento com organismos aquáticos: *Ceriodaphnia silvestrii*, *Hyaella azteca* e *Chironomus xanthus*. Nos ensaios ecotoxicológicos agudos foram utilizados para análise estatística o teste de TUKEY (TOXTAT 3.4) e para os ensaios de

toxicidade crônica o método proposto por EPA (2002). Os resultados de setembro de 2006 foram integrados e submetidos a análise multivariada. Os resultados obtidos em São Lourenço da Serra mostraram respostas negativas quanto à comunidade bentônica residente no local. Os pontos críticos quanto a avaliação ecotoxicológica do sedimento foram a jusante da ETA e jusante da ETE, sendo que não foi possível a correlação desses resultados com a avaliação química. Nas amostras de água apresentaram ecotoxicidade os pontos a jusante da ETA e da ETE. Os resultados indicam que o local é influenciado por ações antrópicas além dos descartes das ETA e ETE. Em Jujutiba, foi observada influência da ETA na qualidade da água. Na avaliação da estrutura da comunidade bentônica, a família Tubificidae foi presente e dominante em todos os pontos, característica de ambientes impactados. Na avaliação da contaminação química da água, foram observadas altas concentrações de Al e Fe, sendo que não estão correlacionadas aos efluentes das estações e são características naturais da região de São Paulo. Esses resultados mostram que a qualidade da água e do sedimento do Rio São Lourenço neste local está comprometida pelas ações antrópicas além do ambiente sofrer influência dos descartes das ETA e ETE. Há necessidade de maior controle ambiental na área, já que se trata de uma Área de Preservação Ambiental.

**ENVIRONMENTAL QUALITY IN AREA OF INFLUENCE OF MUD OF STATIONS FOR
TREATMENT OF WATER AND SEWAGE**

ANGÉLICA MEGDA DA SILVA

ABSTRACT

*For a long time, there was a neglect to water resources, both by society as by the authorities. The rapid increase of population, causing disorderly occupations, was ignored by the public sectors and the society itself, resulting in environmental degradation. Ecotoxicological tests are essential to environmental assessment, together with chemical and biological evaluation. Currently, there are more than 7,500 water treatment plants (WTP) conventional in Brazil. It is estimated that around 2,000 tonnes of solids (sludge generated after treatment) in Brazilian waters are discharged without any treatment. The objective of this work was the application of the triad of quality of the sediment, in addition to chemical and ecotoxicological evaluation of the water of the St. Lawrence River, as a subsidy for the study on the influence of the disposal of water treatment plants (WTP) and Sewage (SWT) of the municipalities of São Lourenço da Serra e Juquitiba (SP). The São Lourenço River, in addition to supplying the city of São Lourenço da Serra and receive all the pollution load of St. Lawrence and the Sierra e Juquitiba is one of the main tributaries of the Rio Juquiá, which is part of Watershed's Ribeira Valley. Seven samples were taken during the years 2004, 2005 and 2006, 12 points in the St. Lawrence River, the upstream and downstream of the stations, which included samples of water, for analysis of abiotic parameters and ecotoxicological and sediment for evaluation parameters Ecotoxicological. In 2006 the collection of sediment samples included for evaluation of abiotic and biological parameters, data used for the implementation of the Sediment Quality Triad. The species used in different trophic levels in ecotoxicity testing, mainly indigenous organizations, as an important tool to assess the tropical environments. In the evaluation of toxicity, were tested for acute and chronic toxicity of water with *Daphnia similis* and *Daphnia laevis*, *Ceriodaphnia silvestrii* and *Ceriodaphnia dubia*, and sediment to aquatic organisms: *Ceriodaphnia silvestrii*, *Hyalella azteca* and *Chironomus xanthus*. In acute ecotoxicological tests were used for statistical analysis of the test TUKEY (TOXTAT 3.4) and for chronic toxicity testing of the method proposed by EPA (2002). The results of September 2006 were included and submitted to multivariate analysis. The achievements of the San Lorenzo Serra showed negative responses on the benthic community resident in the place. The critical points in ecotoxicological assessment of sediment downstream were downstream of WTP and SWT, which was not possible the correlation of these results with the chemical assessment. Samples of water had ecotoxicity points downstream of WTP and SWT. The results indicate that the site is influenced by human actions beyond the disposal of WTP and SWT. In Juquitiba, WTP was observed influence on water quality. In assessing the structure of the benthic community, the family Tubificidae was present and dominant at every point, characteristic of environmental impact. In the evaluation of chemical contamination of water, were found high concentrations of Al and Fe, which are*

not connected to sewage stations and are natural features of the Sao Paulo. These results show that the quality of water and sediment of the St. Lawrence River at this location is committed beyond the influence of environmental disposal of WTP and SWT. There is need for greater environmental control in the area, since this is an area of environmental preservation.

SUMÁRIO

<i>Lista de Tabelas</i>	viii
<i>Lista de Figuras</i>	xvii
RESUMO.....	iv
ABSTRACT.....	vi
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	6
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	7
3.1. Contaminação nos ecossistemas aquáticos	7
3.2. Comunidade bentônica	9
3.2.1. Estrutura da comunidade bentônica	10
3.3. Ensaio ecotoxicológicos.....	13
3.4. Aplicação da Tríade de Qualidade no sedimento	14
4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	16
4.1. Considerações sobre as ETA São Lourenço da Serra e Juquitiba, SP	18
4.2. Considerações sobre as ETE São Lourenço da Serra e Juquitiba, SP.....	22
5. MATERIAL E MÉTODOS	25
5.1. Locais de coleta e periodicidade.....	25
5.2. Qualidade do sedimento.....	28
5.2.1 Granulometria.....	29
5.2.2. Matéria Orgânica	29
5.2.3. Análises Químicas.....	29
5.2.4. Comunidade de macroinvertebrados bentônicos.....	30
5.2.5. Avaliação ecotoxicológica do sedimento.....	32
5.3. Qualidade da água.....	34
5.3.1. Variáveis físicas e químicas da água.....	34
5.3.2. Avaliação ecotoxicológica da água.....	35
5.4. Cultivo e controle da Qualidade dos Organismos-teste.....	37
5.4.1. <i>Chironomus xanthus</i>	38
5.4.2. Água de Cultivo para <i>Daphnia</i> sp, <i>Ceriodaphnia</i> sp e <i>Hyaella azteca</i>	38
5.4.3. <i>Hyaella azteca</i>	39
5.4.4. <i>Ceriodaphnia silvestrii</i> e <i>Ceriodaphnia dubia</i>	39
5.4.5. <i>Daphnia Laevis</i> e <i>Daphnia similis</i>	39

5.5. Análises dos dados ecotoxicológicos.....	40
5.6. Análise dos componentes principais (PCA).....	40
5.7. Aplicação da Tríade de Qualidade do Sedimento - TQS.....	40
5.7.1. Tratamento Prévio dos dados.....	41
5.7.1.1. Contaminação química.....	41
5.7.1.2. Dados ecotoxicológicos.....	41
5.7.1.3. Dados da comunidade bentônica.....	41
5.7.2. Diagramas da TQS.....	42
5.7.3. Tabelas de Decisão.....	42
6. RESULTADOS	43
6.1. Precipitação pluviométrica.....	43
6.2. Qualidade do sedimento em São Lourenço da Serra.....	43
6.2.1. Granulometria.....	43
6.2.2. Matéria orgânica.....	44
6.2.3. Análises químicas por FR-X.....	45
6.2.3.1. ETA.....	45
6.2.3.2. ETE.....	45
6.2.4. Análises químicas por cromatografia e ICP em set. de 2006	47
6.2.4.1. ETA.....	47
6.2.4.2. ETE.....	47
6.2.5. Estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos.....	48
6.2.5.1. Composição das espécies	48
6.2.5.2. Distribuição horizontal.....	48
6.2.5.2.1. ETA.....	49
6.2.5.2.2. ETE.....	49
6.2.5.3. Abundância relativa.....	50
6.2.5.3.1. ETA.....	51
6.2.5.3.2. ETE.....	51
6.2.5.4. Densidade.....	53
6.2.5.4.1. ETA.....	53
6.2.5.4.2. ETE.....	54
6.2.5.5. Riqueza e T/DT.....	55
6.2.5.5.1. ETA.....	55

6.2.5.5.2. ETE.....	56
6.2.6. Avaliação ecotoxicológica.....	57
6.2.6.1. ETA.....	57
6.2.6.2. ETE.....	58
6.3. Qualidade da água em São Lourenço da Serra.....	60
6.3.1. Variáveis físicas e químicas.....	60
6.3.1.1. ETA.....	61
6.3.1.2. ETE.....	61
6.3.2. Análise Química.....	62
6.3.2.1. ETA.....	62
6.3.2.2. ETE.....	62
6.3.3. Avaliação ecotoxicológica.....	66
6.3.3.1. ETA.....	66
6.3.3.2. ETE.....	66
6.4. Análises Integradas dos resultados da coleta de setembro de 2006.....	69
6.4.1. Análise dos compostos principais (PCA) e análise fatorial.....	69
6.4.2. Análise de agrupamento.....	72
6.4.3. Diagramas da tríade da qualidade do sedimento.....	72
6.4.3.1. Contaminação química.....	72
6.4.3.2. Dados ecotoxicológicos.....	73
6.4.3.3. Dados ecológicos.....	73
6.4.3.4. Integração de resultados.....	74
6.4.4. Tabela de decisão.....	75
6.5. Qualidade do sedimento em Jucituba.....	75
6.5.1. Granulometria.....	75
6.5.2. Matéria orgânica.....	76
6.5.3. Metais.....	77
6.5.3.1. ETA.....	77
6.5.3.2. ETE.....	77
6.5.4. Análises Químicas (por cromatografia e ICP)	79
6.5.5. Estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos.....	80
6.5.5.1. Composição das Espécies	80
6.5.5.2. Distribuição horizontal.....	80

6.5.5.2.1. ETA.....	81
6.5.5.2.2. ETE.....	82
6.5.5.3. Abundância relativa.....	83
6.5.5.3.1. ETA.....	83
6.5.5.3.2. ETE.....	84
6.5.5.4. Densidade.....	86
6.5.5.4.1. ETA.....	86
6.5.5.4.2. ETE.....	86
6.5.5.5. Riqueza e T/DT.....	89
6.5.5.5.1. ETA.....	89
6.5.5.5.2. ETE.....	89
6.5.6. Avaliação ecotoxicológica.....	90
6.5.6.1. ETA.....	90
6.5.6.2. ETE.....	90
6.6. Qualidade da água em Juquitiba.....	93
6.6.1. Variáveis físicas e químicas da água.....	93
6.6.1.1. ETA.....	93
6.6.1.2. ETE.....	93
6.6.1.3. Análises químicas	94
6.6.1.3.1. ETA.....	95
6.6.1.3.2. ETE.....	95
6.6.2. Avaliação ecotoxicológica.....	98
6.6.2.1. ETA.....	98
6.6.2.2. ETE.....	99
6.7. Análises Integradas dos resultados da coleta de Setembro de 2006.....	102
6.7.1. Análise dos componentes principais (PCA).....	102
6.7.2. Análise de agrupamento	105
6.7.3. Diagrama da Tríade de Qualidade.....	105
6.7.3.1. Contaminação química.....	105
6.7.3.2. Dados ecotoxicológicos.....	105
6.7.3.3. Dados ecológicos.....	106
6.7.3.4. Integração dos resultados.....	107
6.7.4. Tabela de decisão.....	107

7. DISCUSSÃO.....	108
8. CONCLUSÕES.....	124
APÊNDICE A.....	126
ANEXO A.....	128
ANEXO B.....	130
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	139

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Produção estimada de lodo das ETA pertencentes a área de estudo (SABESP 2003)	3
Tabela 2 - Métodos de disposição final de lodo de ETA, em diferentes países (SABESP,2003).	4
Tabela 3 – Índices biológicos multimétrico para rios (CETEB, 2007).	13
Tabela 4 - Caracterização semi-quantitativa por FR-X, de amostras de lodo proveniente de diferentes ETA pertencentes à bacia hidrográfica do rio Ribeira de Iguape (REIS, 2005).	20
Tabela 5 - Concentração dos elementos analisados em amostras de descarte da ETA no município de Jujutiba, SP.	21
Tabela 6 - Concentração dos elementos analisados em amostras de descarte da ETE no município de Jujutiba, SP.	23
Tabela 7 – Localização dos pontos de coleta no Rio São Lourenço nos municípios de São Lourenço da Serra e Jujutiba, SP. (SABESP, 2004).	27
Tabela 8 – Parâmetros analisados nas amostras de água em campo.	27
Tabela 9 – Parâmetros analisados em laboratório nas amostras de água para ensaio de ecotoxicidade.	27
Tabela 10 - Proposta de classificação química de contaminantes tóxicos em sedimentos de água doce (CETESB, 2007).	28
Tabela 11 - Valores de referência para concentração de metais no sedimento.	29
Tabela 12– Condições do ensaio de toxicidade aguda de sedimento com <i>Hyaella azteca</i> (ABNT, 2007).	33
Tabela 13 – Condições do ensaio de toxicidade aguda de sedimento com <i>Chironomus xanthus</i> . (Silva, 2005).	33
Tabela 14– Condições do ensaio de toxicidade crônica de sedimento com <i>Ceriodaphnia silvestrii</i> . (EPA, 2002).	34
Tabela 15 – Condições do ensaio de toxicidade aguda da água com <i>Daphnia similis</i> e <i>Ceriodaphnia silvestrii</i> (ABNT, 2004)	36
Tabela 16 – Condições de ensaios de toxicidade crônica da água com <i>Pseudokirchneriella subcaptata</i> (ABNT, 2004).	36
Tabela 17 - Condições do ensaio de toxicidade crônica de água com <i>Ceriodaphnia silvestrii</i> (ABNT, 2005).	37
Tabela 18. Critérios para classificação da degradação de sedimentos baseada na comunidade bentônica (CETESB, 2007).	42
Tabela 19 – Concentração de metais analisados por FR-X (% e ug.g ⁻¹) no sedimento do rio São Lourenço, em São Lourenço da Serra, SP, em março e setembro de 2006.	46

Tabela 20 – Concentrações em mg.kg ⁻¹ dos elementos analisados no sedimento do rio São Lourenço em São Lourenço da Serra, SP., a montante e jusante da ETA e ETE em setembro de 2006 (BIOAGRI AMBIENTAL).	47
Tabela 21 – Distribuição de macroinvertebrados bentônicos no rio São Lourenço, São Lourenço da Serra, SP	49
Tabela 22 - Densidade de organismos bentônicos (org/m ²) nos pontos ao longo do Rio São Lourenço, em São Lourenço da Serra em março e setembro de 2006.	53
Tabela 23 – Índices ecológicos (Riqueza e T/DT) calculados para as famílias de macrobentos nas estações de coleta relacionados à ETA em março e setembro de 2006.	56
Tabela 24 – Índices ecológicos (Riqueza e T/DT) calculados para as famílias nas estações de coleta relacionados à ETE em março e setembro de 2006.	56
Tabela 25 – Ecotoxicidade aguda do sedimento para <i>H. azteca</i> e <i>C. xanthus</i> nos trechos do rio a montante e a jusante da ETA de São Lourenço da Serra, SP.	57
Tabela 26 – Ecotoxicidade crônica do sedimento para <i>C. silvestrii</i> nos trechos do rio a montante e a jusante da ETA de São Lourenço da Serra, SP.	57
Tabela 27 – Ecotoxicidade aguda do sedimento para <i>H. azteca</i> e <i>C. xanthus</i> nos trechos do rio a montante e a jusante da ETE em São Lourenço da Serra, SP.	58
Tabela 28 – Ecotoxicidade crônica do sedimento para <i>C. silvestrii</i> nos trechos do rio a montante e a jusante da ETE de São Lourenço da Serra, SP.	58
Tabela 29 – Temperatura, oxigênio dissolvido e pH e condutividade da água em março e setembro de 2006, em São Lourenço da Serra, SP.	60
Tabela 30 – Concentração dos elementos analisados (ppm) das amostras de água do Rio São Lourenço no município de São Lourenço da Serra, SP.	65
Tabela 31 – Ecotoxicidade aguda da água a montante e jusante da ETA de São Lourenço da Serra, SP.	66
Tabela 32 – Ecotoxicidade crônica da água com <i>Ceriodaphnia silvestrii</i> a montante e jusante da ETA de São Lourenço da Serra, SP.	66
Tabela 33 – Ecotoxicidade aguda da água a montante e jusante da ETE de São Lourenço da Serra, SP.	67
Tabela 34 – Ecotoxicidade crônica da água com <i>Ceriodaphnia silvestrii</i> e <i>Pseudokeirchneriella subcapitata</i> a montante e jusante da ETE de São Lourenço da Serra, SP.	67
Tabela 35 – Ecotoxicidade da água a montante e a jusante da ETE de São Lourenço da Serra com a alga <i>Pseudokeirchneriella subcapitata</i> .	67
Tabela 36 – Eixos e valores de variâncias da análise fatorial.	69
Tabela 37– Relação entre os pontos de amostragem e os fatores da análise fatorial.	69
Tabela 38 – Análise das variáveis	71
Tabela 39 – Inferência baseada na TQS (Chapman, 1990).	75

Tabela 40 – Concentração de elementos analisados no sedimento do rio São Lourenço, em Juquitiba, SP.	78
Tabela 41 – Concentrações em mg.kg ⁻¹ dos elementos analisados no sedimento do rio São Lourenço em Juquitiba, SP, a montante e jusante da ETA e ETE em setembro de 2006 (BIOAGRI AMBIENTAL).	79
Tabela 42 – Distribuição de macroinvertebrados bentônicos no Rio São Lourenço, Juquitiba, SP, em março e setembro de 2006.	81
Tabela 43 – Densidade de organismos bentônicos por ponto de coleta em março e setembro de 2006 nos trechos do rio relacionados à ETA de Juquitiba, SP.	86
Tabela 44 – Densidade de organismos bentônicos por ponto de coleta em mar e set/2006 nos trechos do rio relacionados à ETE de Juquitiba, SP.	87
Tabela 45 – Riqueza e D/DT nos pontos da ETA de Juquitiba em março e setembro de 2006.	89
Tabela 46– Riqueza e D/DT nos pontos da ETE de Juquitiba em março e setembro de 2006.	89
Tabela 47 – Toxicidade aguda do sedimento para <i>H. azteca</i> e <i>C. xanthus</i> nos trechos do rio a montante e jusante da ETA de Juquitiba, SP.	90
Tabela 48 – Toxicidade crônica do sedimento para <i>C. silvestrii</i> nos trechos do rio à montante e jusante da ETA de Juquitiba, SP.	90
Tabela 49 – Toxicidade aguda do sedimento para <i>H. azteca</i> e <i>C. xanthus</i> nos trechos do rio a montante e jusante da ETE de Juquitiba, SP.	91
Tabela 50 – Toxicidade crônica do sedimento para <i>C. silvestrii</i> nos trechos do rio a montante e jusante da ETE de Juquitiba, SP.	91
Tabela 51 – Valores de temperatura, oxigênio dissolvido, Condutividade e pH da água em março e setembro de 2006, em Juquitiba, SP.	94
Tabela 52 – Metais analisados nas amostras de água bruta do Rio São Lourenço nos pontos relacionados à ETA do município de Juquitiba, SP.	96
Tabela 53 – Metais analisados nas amostras de água bruta do Rio São Lourenço nos pontos relacionados à ETE do município de Juquitiba, SP.	97
Tabela 54 – Toxicidade aguda da água para <i>C. silvestrii</i> , <i>D. laevis</i> e <i>D. similis</i> nos trechos do rio a montante e jusante da ETA de Juquitiba, SP.	99
Tabela 55 – Toxicidade crônica da água do Rio São Lourenço para <i>C. silvestrii</i> nos trechos do rio a montante e jusante da ETA de Juquitiba, SP.	99
Tabela 56 – Toxicidade aguda da água para <i>C. silvestrii</i> , <i>D. laevis</i> e <i>D. similis</i> nos trechos do rio a montante e jusante da ETE de Juquitiba, SP.	100
Tabela 57 – Toxicidade crônica da água para <i>C. silvestrii</i> e <i>P. subcapitata</i> nos trechos do rio a montante e jusante da ETE de Juquitiba, SP.	100
Tabela 58 – Toxicidade da água a montante e a jusante da ETE de Juquitiba com a alga <i>Pseudokeirchneriella subcapitata</i> .	100
Tabela 59 – Eixos e valores de variância de análise fatorial.	102

Tabela 60 – Relação entre os pontos de amostragem e os fatores da análise fatorial.	102
Tabela 61 – Análise das variáveis.	104
Tabela 62 – Interferência baseada na TQS em setembro, 2008.	107

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Despejo de lodo de ETA de Registro em um curso d'água (Fonte: REIS, 2005)	4
Figura 2 – Mapa – Imagem – Municípios de Juquitiba e São Lourenço da Serra, Vale do Ribeira, São Paulo.	17
Figura 3 – Floculadores e filtro da ETA de São Lourenço da Serra, SP.	21
Figura 4 – ETE de São Lourenço da Serra, SP - Lagoa Anaeróbia (tratamento primário).	22
Figura 5 – ETE de São Lourenço da Serra, SP - Lagoa Facultativa.	22
Figura 6 – ETE de São Lourenço da Serra, SP - Tanque de cloração.	23
Figura 7 – ETE de Juquitiba, SP – Leito de Secagem.	24
Figura 8 – ETE de Juquitiba, SP - Tanque de cloração.	24
Figura 9 – São Lourenço da Serra e Juquitiba, São Paulo, SP.	25
Figura 10 – Coleta de água e sedimento no rio São Lourenço, SP.	26
Figura 11 – Valores de precipitação pluviométrica (mm) em março e setembro de 2006. Fonte: Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas – Ciiagro.	43
Figura 12 – Distribuição granulométrica no mês de março e setembro/06 (%) de areia, silte e argila, segundo escala de Wentworth, nas amostras de sedimento do rio no município de São Lourenço da Serra, SP.	44
Figura 13 – Matéria Orgânica (%) nas amostras de sedimento do rio em São Lourenço da Serra em março e setembro de 2006.	45
Figura 14 – Dendograma de similaridade dos macroinvertebrados bentônicos entre os pontos SLS 006, 007 e 008 em março de 2006.	50
Figura 15 – Abundância em % de organismos bentônicos nos pontos relacionados à ETA de São Lourenço da Serra em março e setembro de 2006.	51
Figura 16 – Abundância em % de organismos bentônicos nos pontos relacionados a ETE em março e setembro/2006.	52
Figura 17 – Densidade de organismos bentônicos (org/m^2) nos pontos ao longo do Rio São Lourenço, em São Lourenço da Serra em março e setembro de 2006.	55
Figura 18 – Ecotoxicidade aguda do sedimento para <i>C. xanthus</i> em 2006. A linha no gráfico representa 30% de mortalidade aceitável no controle.	59

Figura 19– Ecotoxicidade crônica do sedimento para <i>C. silvestrii</i> em 2006. A linha no gráfico representa a média de fecundidade esperada por fêmea.	59
Figura 20 – Ecotoxicidade aguda da água para <i>C. dubia</i> (Cd); <i>Daphnia laevis</i> (DI); <i>C. silvestrii</i> (Cs) e <i>Daphnia similis</i> (Ds), expressa em porcentagem de mortalidade por amostra.	68
Figura 21 - Ecotoxicidade crônica da água para <i>C. silvestrii</i> expressa em média de neonatas por amostra. A linha no gráfico representa a média de fecundidade esperada por fêmea (15 neonatas e 3 posturas).	68
Figura 22 - Resultados estimados para cada ponto de coleta em mar/06. Os resultados dos fatores quantificam a influência de cada componente (contaminante) na toxicidade em cada ponto de coleta e foram usados para confirmar a descrição dos fatores.	70
Figura 23 - Dendrograma resultante da análise de agrupamento.	72
Figura 24 - Qualidade do sedimento do rio São Lourenço em São Lourenço da Serra baseado no quociente de excedências de PEL em março/06.	73
Figura 25 – Expressão gráfica dos resultados obtidos nos testes de toxicidade do sedimento do Rio São Lourenço em março/06.	73
Figura 26 - Qualidade do sedimento baseada nos índices ecológicos.	74
Figura 27 – Qualidade do sedimento do Rio São Lourenço em setembro/06, com base na Tríade de Qualidade de Sedimento.	74
Figura 28 - Distribuição granulométrica no mês de março e setembro (%) de areia, silte e argila, segundo escala de Wentworth, nas amostras de sedimento do rio no município de Jucitiba, SP.	76
Figura 29 - Matéria Orgânica (%) nas amostras de sedimento do rio em Jucitiba em março e setembro de 2006.	77
Figura 30 – Similaridade nos trechos amostrados da ETA de Jucitiba em relação à estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos em março/2006.	81
Figura 31 – Similaridade nos trechos amostrados da ETA de Jucitiba em relação à estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos em setembro/2006.	82
Figura 32 – Similaridade nos trechos amostrados da ETE de Jucitiba em relação à estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos em março/2006.	82
Figura 33 – Abundância em % de organismos bentônicos em março e set/2006 a montante e jusante da ETA.	84
Figura 34 – Abundância em % de organismos bentônicos em março e set/2006 a montante e jusante da ETE.	85
Figura 35 – Densidade (org/m ²) de organismos bentônicos nos pontos ao longo do Rio São Lourenço, em Jucitiba em março de 2006.	87

Figura 36 – Densidade (org/m ²) de organismos bentônicos nos pontos ao longo do Rio São Lourenço, em Juitiba em setembro de 2006.	88
Figura 37 – Toxicidade aguda do sedimento para <i>C. xanthus</i> em Juitiba, SP. A linha no gráfico representa a mortalidade máxima aceita no controle (30%).	92
Figura 38 – Toxicidade crônica do sedimento para <i>C. silvestrii</i> em Juitiba, SP. A linha no gráfico representa a reprodução esperada por fêmea após a terceira postura(15 neonatas).	92
Figura 39 – Fonte de poluição clandestina 5m antes do ponto JQT 008.	98
Figura 40 – Ecotoxicidade aguda da água em Juitiba, SP.	101
Figura 41 - Toxicidade crônica da água para <i>C. silvestrii</i> em Juitiba, SP. A linha no gráfico representa a média de reprodução esperada por fêmea após a terceira postura (15 neonatos).	101
Figura 42 – Resultados estimados para cada ponto de coleta em mar/2006. Os resultados dos fatores quantificam a influência de cada componente (contaminante) na toxicidade em cada ponto de coleta e foram usados para confirmar a descrição dos fatores.	103
Figura 43 – Dendrograma resultante da análise de agrupamento	105
Figura 44 – Expressão gráfica dos resultados obtidos nos ensaios ecotoxicológicos do sedimento do rio em Juitiba, SP.	106
Figura 45 – Qualidade do sedimento baseada nos índices ecológicos	106
Figura 46 – Qualidade do sedimento do rio em set/06 com base na tríade de qualidade de sedimento.	107

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Grupos taxonômicos encontrados nos sedimentos do Rio São Lourenço (SP).	48
Quadro 2. Grupos taxonômicos coletados no Rio São Lourenço, na região do Município de Juitiba, no ano de 2006.	80

1. Introdução

Água é fonte da vida. Não importa quem somos o que fazemos, onde vivemos, nós dependemos dela para viver. No entanto, por maior que seja a importância da água, as pessoas continuam poluindo os rios e suas nascentes, esquecendo o quanto ela é essencial para nossas vidas.

Provavelmente é o único recurso natural que tem a ver com todos os aspectos da civilização humana, desde o desenvolvimento agrícola e industrial aos valores culturais da sociedade. É um recurso natural essencial, seja como componente bioquímico de seres vivos, como meio de vida de várias espécies vegetais e animais, como elemento representativo de valores sociais e culturais e até como fator de produção de vários bens de consumo final e intermediário.

Durante muito tempo, houve um descaso com os recursos hídricos, tanto por parte da sociedade quanto pelas autoridades. O aumento rápido da população, ocasionando ocupações desordenadas, foi ignorado pelos setores públicos e pela própria sociedade, resultando na degradação do ambiente.

São muitos os usos da água, entre eles os principais: abastecimento doméstico e industrial, irrigação, dessedentação de animais, aquicultura, preservação da flora e fauna, recreação e lazer, harmonia paisagística, geração de energia, navegação, diluição de despejos. Destes, alguns implicam o tratamento prévio da água, para que sua qualidade atenda às exigências para o abastecimento doméstico e industrial.

A relação entre o uso da água e a qualidade necessária para a mesma é direta. O abastecimento público, por exemplo, requer a satisfação de alguns critérios de qualidade (PORTARIA MS 518/04) No entanto, um mesmo corpo d'água utilizado para abastecimento doméstico pode ser usado como receptor de despejos, sendo necessária a satisfação simultânea de diversos critérios de qualidade (SPERLING, 1986).

Os critérios de qualidade da água para abastecimento público são determinados pela Portaria do Ministério da Saúde n. 518/04. Essa qualidade é representada por diversos parâmetros físicos, químicos e biológicos além de procedimentos e responsabilidades referentes ao controle de qualidade, incluindo o monitoramento ambiental. A necessidade do monitoramento deve-se ao fato de possíveis mudanças em algumas características da água que podem ocorrer com o tempo ou devido a condições externas que possam vir a contaminar o manancial com substâncias tóxicas, sal ou bactérias, características essas que podem influenciar na eficiência do tratamento da água e nos padrões de potabilidade.

O monitoramento, antes realizado a partir das análises físicas e químicas do ambiente, hoje conta com outra série de parâmetros, como biológicos e ecotoxicológicos, que auxiliam na interpretação dos dados, que isolados, nem sempre refletem as condições do ambiente. A avaliação apenas da água também pode mascarar a real situação de um ecossistema aquático, sendo importante a inclusão da avaliação da qualidade do sedimento, compartimento importante, pois participa de processos de depuração e funciona como depósito de nutrientes e contaminantes (CHAPMAN, 2000).

Como outras companhias de saneamento básico do país, a SABESP- Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - utiliza o tratamento completo ou convencional (coagulação, floculação, decantação e filtração) para transformar a água inadequada para consumo humano em água em conformidade com o padrão de potabilidade estabelecido na PORTARIA Nº 518 do Ministério da Saúde (2004). Esse tratamento não remove muitas substâncias encontradas na água como agrotóxicos, fármacos e hormônios. Existem atualmente técnicas de tratamento mais avançadas como a utilização de carvão ativado para remoção de poluentes químicos e ozônio para desinfecção (BARROSO, 2002; SABESP, 2003).

Nas Estações de Tratamento de Esgotos (ETE) avaliadas nesse estudo são utilizados sistemas de tratamento por lagoas de estabilização e ou pelo processo de lodo ativado por batelada. Em ambos os sistemas há a liberação de efluente que passa por um tanque de cloração e é liberado no rio.

Nestes processos e operações para tratamento da água e esgotos, há a introdução de produtos químicos (como sulfato de alumínio, cloro e cal) que geram resíduos (estes têm origem nos decantadores, na lavagem dos filtros e na lavagem dos tanques de

preparação de soluções e suspensões de produtos químicos) (OLIVEIRA, 2005; COTRIM, 2006; SUNDEFELD Jr, 2007). Por intermédio da Diretoria de Sistemas Regionais a SABESP opera 175 estações de tratamento de água (ETA) onde, a maioria dessas ETA tem lançado os lodos diretamente nos córregos e rios próximos às estações sem qualquer tipo de tratamento, sofrendo autuações dos órgãos de controle ambiental e ações por parte do Ministério Público (COTRIM, 2006; BARROSO & CORDEIRO, 2001a).

De acordo com as informações fornecidas pelas áreas operacionais, são produzidos aproximadamente 160 ton/dia de lodo de ETA sendo a produção da RMSP (Rede Metropolitana de São Paulo) estimada em 91,5 ton/dia (SABESP, 2003).

No Brasil, considera-se como insuficiente o estudo sobre o impacto e a ecotoxicidade desses resíduos gerados pelas ETA (BARBOSA, 2000; BARROSO & CORDEIRO, 2001b) e ETE (CARDOSO & LUCA, 2004) na bacia hidrográfica, bem como qual a influência do uso dos produtos químicos no entorno (PROSAB, 1999). Na Tabela 1 está apresentada a produção de lodo gerado na área de estudo.

Tabela 1- Produção estimada de lodo das ETA pertencentes à área de estudo (SABESP, 2003).

Corpo hidrico receptor	Município	Vazão (L/s)	Coagulante	Dosagem de coagulante (mg.L)	Turbidez (UT)	Prod. Lodo (ton/mês)
Rio Ribeira	São Lourenço da Serra	16	Sulfato de Alumínio	13	9	0,975
	Juquitiba	28		15	10	1,927

Segundo MOREIRA (2004), não existe ainda uma clara compreensão do impacto resultante da degradação dos cursos d'água receptores, seja em relação a conseqüências em curto prazo, seja em longo prazo, em que se considere a influência ou mesmo a perda de ecossistemas e acumulação de toxinas.

Se considerarmos que milhões de toneladas desses resíduos são dispostos anualmente no ambiente, especialmente pelo fato da maioria das ETA não possuírem instalações específicas para a disposição desses resíduos, então podemos classificar os lodos formados como um importante problema ambiental das ETA, na forma de subprodutos com potencial poluidor, devido aos seus efeitos químicos, físicos e biológicos (AWWA, 1974;

LESTER, 1987; CORDEIRO, 1993; SOTOMAYOR, 1999; PROSAB, 1999; CARVALHO, 2000, REIS, 2005). Na Figura 1, pode-se observar o impacto visual imediato do descarte de lodo, em um córrego próximo a uma ETA.



FIGURA 1 – Despejo de lodo de ETA de Registro em um curso d'água (Fonte: REIS, 2005)

Mundialmente, os problemas relacionados à geração de resíduos vêm sendo solucionados frente às exigências cada vez mais rigorosas dos órgãos de controle ambiental. Na Tabela 2 está apresentada a disposição final do lodo de ETA em diferentes países.

Tabela 2 - Métodos de disposição final de lodo de ETA, em diferentes países (SABESP, 2003).

PAÍS	DISPOSIÇÃO FINAL DO LODO DE ETA					
	Aterro sanitário	Aterro Exclusivo	Descarga no SES(*)	Descarga em córregos	Aplicação no solo	Outros
EUA	20%	13%	24%	11%	25%	7%
Alemanha	19,4%	0,3%	38,9%	13,4%	6%	22%
França	13%	--	30%	ND ⁵	6%	53%
Reino Unido	52%	6%	29%	2%	ND ⁵	9%

*SES: Sistema de Esgotos

Frente aos problemas de geração de resíduos e a necessidade de informações sobre o impacto de sua introdução no ambiente, fazem-se necessários estudos mais abrangentes (não apenas avaliação química e ou ecotoxicológica) como a avaliação das

comunidades presentes que diagnostiquem qualitativa e quantitativamente, de modo a fornecer subsídios para a mitigação dos problemas detectados.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o impacto dos resíduos das ETA e ETE no ecossistema aquático (água e sedimento) através do estudo da comunidade bentônica e avaliação ecotoxicológica na água e sedimento. Complementando o estudo foi avaliada a qualidade do ecossistema antes e após a transposição do descarte da ETA para a ETE, realizado pelo Projeto “Gerenciamento de Lodos de ETA: Influência do lançamento do lodo de ETA no processo de tratamento de esgotos por lagoas de estabilização em cidades de pequeno porte” (Proc. FAPESP No. 03/06419-1 do Programa de Pesquisas em Políticas Públicas), coordenado pelo Centro de Química e Meio Ambiente (CQMA) do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN/SP com apoio da SABESP e Depto. de Engenharia Hidráulica e Sanitária – EP-USP, tendo como um dos objetivos a transposição dos descartes das ETA (lodo gerado no tratamento de água e lavagem dos filtros) para as ETE, como forma de descarte, a curto prazo, ambientalmente correta.

2. Objetivos

- Avaliação da qualidade ambiental do rio São Lourenço verificando a influência dos descartes das ETA e ETE de São Lourenço da Serra e Juquitiba, SP, utilizando como ferramenta de estudo ensaios ecotoxicológicos na água e sedimento do rio e caracterização da comunidade bentônica, que junto com a avaliação química permitiu a aplicação da Tríade de Qualidade de Sedimento para a avaliação da degradação induzida pelo descarte de lodo e efluente de Estações de tratamento de água e efluentes de estações de tratamento de esgoto.

3. Revisão Bibliográfica

3.1. Contaminação nos ecossistemas aquáticos

A avaliação da qualidade da água de mananciais tem sofrido ao longo dos últimos anos algumas mudanças substanciais do ponto de vista de sua concepção que vem afetando, direta e indiretamente, programas de monitoramento em diversos países. Essa mudança de paradigma leva a uma nova abordagem que inclui a avaliação da qualidade dos sedimentos, um compartimento que era, até bem pouco tempo, apenas considerado como um local de acumulação e imobilização de nutrientes e de uma miríade de diferentes contaminantes (MOZETO *et al.*, 2006).

APITZ *et al.* (2005) fizeram uma revisão quanto à avaliação e administração de sedimentos contaminados nos países desenvolvidos. A meta desta revisão foi introduzir algumas diretrizes para avaliação e monitoramento de sedimentos contaminados, enfatizando vários aspectos que apresentaram êxito, e, quando apropriado, estabelecendo melhorias para vencer barreiras ainda existentes. Foram revisados fatores limitantes que influenciam as investigações do sedimento e avaliação de risco ecológico de substâncias químicas sobre a biota aquática. O Brasil também precisa conhecer esses riscos, aumentando as pesquisas a respeito das fontes dos contaminantes, o início da contaminação, seus efeitos ecotoxicológicos e as estratégias utilizadas para mitigar e prevenir a contaminação dos sedimentos. A CETESB (2006), Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, ligada à Secretaria do Meio Ambiente do Governo do Estado de São Paulo utiliza parâmetros internacionais de qualidade de sedimentos e vem fazendo o monitoramento desse compartimento nos rios e reservatórios através avaliação química, ensaios ecotoxicológicos e identificação de organismos bentônicos.

Segundo EPA (2005a), os principais tipos de contaminantes encontrados no ambiente, que são introduzidos a partir de fontes antropogênicas e que podem ser depositados nos sedimentos são:

Nutrientes. Um dos exemplos que estes compostos podem causar no ambiente é o aumento do crescimento de algas, causado pelo nível elevado de fósforo, promovendo uma queda na concentração de oxigênio consumido pela decomposição dessas quando mortas. Vários fatores físicos e químicos interferem na precipitação do íon fosfato no ambiente aquático; entre estes se destacam: a concentração dos íons ferro, alumínio, sulfeto, compostos orgânicos e carbonatos, pH e condições de oxi-redução. As altas concentrações de amônia são tóxicas para os organismos bentônicos. Esses compostos (fósforo, amônia, nitratos) em altas concentrações causam a eutrofização dos corpos d'água. Suas fontes artificiais mais importantes são esgotos domésticos e industriais, fertilizantes agrícolas e material particulado de origem industrial contido na atmosfera.

Compostos orgânicos, grupo de compostos químicos orgânicos que inclui o petróleo e seus derivados, incluindo graxas e óleo. Tais compostos causam efeitos físicos (recobrimento) e químicos (toxicidade), podendo causar câncer em moluscos e peixes e no homem (COLE, 1994)

Hidrocarbonetos halogenados ou orgânicos persistentes, os pesticidas, um grupo de compostos químicos que são muito resistentes à decomposição. DDT e PCBs incluem-se nesta categoria.

Metais, compostos químicos com grande potencial tóxico. Todas as formas de vida, desde as bactérias até mesmo os seres humanos, são afetadas pela presença de metais. Em baixas concentrações, muitos metais são essenciais para o crescimento (porém podem ser prejudiciais em altas concentrações) tais como o ferro, manganês, zinco, selênio e outros como cádmio.

Historicamente, avaliações de risco para a saúde humana focalizaram apenas os pontos de captação de água para o monitoramento de metais. Estudos em ambientes aquáticos, tratando sobre a avaliação de risco ecológico destes elementos, observaram que a mobilidade de mercúrio na água intersticial e nos sedimentos de lagos é maior que previamente suspeitado, modificando a avaliação de impacto ambiental (CHAPMAN, 2001). Também indicaram que os alimentos são uma importante rota de exposição ao metal. Para o cádmio, foi detectado que a temperatura pode influenciar a acumulação, mudando a taxa de ingestão de oligoquetos. Já as concentrações de Zinco podem mudar de acordo com o estado de oxidação da água, ressuspensão do sedimento e a difusão do sedimento para a água.

Observações de campo (EPA, 2005b) sugerem, e ensaios em laboratório confirmam que a contaminação por agentes químicos no sedimento pode ser letal para os organismos bentônicos, como crustáceos e larvas de insetos. Estes organismos ocupam uma importante posição na cadeia alimentar. Se a contaminação causar a morte dos animais bentônicos, haverá uma escassez de alimento para seus predadores. Já os efeitos subletais, além de causar prejuízos à comunidade afetada, podem desenvolver problemas na reprodução das espécies, serem bioacumulados e transferidos pela cadeia trófica

A contaminação do sedimento não permanece imobilizada no fundo. Alguns processos físicos no ambiente, como chuvas médias e fortes, por exemplo, pode causar a ressuspensão do material sedimentado, disponibilizando a contaminação para a coluna d'água, atingindo não apenas os organismos bentônicos como também os demersais. Estes fatores apontam a necessidade de considerar a sazonalidade e fatores intrínsecos (característica do substrato, os organismos que habitam o ambiente, etc) em avaliações de risco ecológico (DERMOTT E MUNAWAR, 1993).

3.2. Comunidade bentônica

A comunidade bentônica é a biota que habita os substratos de ambientes aquáticos e sua estrutura altera-se em resposta a variações na qualidade destes ecossistemas, possibilitando a elaboração de um diagnóstico ecológico (KUHLMANN *et al.*, 2006), inclusive as alterações associadas a impactos antrópicos (ARMITAGE *et al.*, 1983). Os resultados da caracterização dessa comunidade integram efeitos de vários poluentes presentes na água e principalmente no sedimento, respondem a concentrações de contaminantes às vezes não detectáveis pelos métodos químicos, acusam a ocorrência de despejos intermitentes e inserem o componente temporal na avaliação de qualidade.

ROSEMBERG & RESH (1993), defendem a utilização do bentos pelas vantagens ecológicas: são comuns à maioria dos corpos d'água; estão presentes em lagos, represas e rios, sejam ambientes lóticos ou lênticos; vivem em diversos habitats dentro de um ecossistema; geralmente apresentam grande número de grupos taxonômicos, gerando assim ampla variedade de respostas a estresses ambientais; possuem hábitos sedentários, que permite a análise espacial do efeito da perturbação; têm ciclo de vida comparativamente mais longo, permitindo a avaliação temporal das alterações provocadas por contaminação.

O padrão de distribuição dos macroinvertebrados bentônicos torna-se resultante da interação do hábito com as condições que caracterizam o habitat, como por exemplo, oxigênio dissolvido, temperatura, substrato, velocidade e turbulência da corrente fluvial, disponibilidade alimentar e interação com outros organismos (KIKUSCHI & UIEDA, 2005).

As comunidades de macroinvertebrados podem responder ao mesmo tempo aos efeitos de qualquer variável ambiental, seja ela ecológica ou ecotoxicológica. Entre os fatores ecológicos estão a composição do sedimento e a granulometria, profundidade e grau de trofia, além da predação; os fatores ecotoxicológicos estão ligados às concentrações de substâncias de origem natural ou antrópica que podem causar efeitos letais ou subletais na comunidade. Esses fatores são importantes para determinar a abundância e distribuição dos organismos.

3.2.1. Estrutura da Comunidade Bentônica

A comunidade bentônica está representada dentre outros, pelos Filos Aschelminths, Nematoda, Mollusca e Arthropoda (RUPPERT & BARNES, 1996).

O Filo dos Asquelminths, com cerca de 15.000 espécies descritas, dentre um milhão estimado, são animais de vida livre podendo ser encontrados em águas doces enterrados no sedimento, de hábitos alimentares carnívoros ou fitófagos (RUPPERT & BARNES, 1996). Porém, muitas espécies se alimentam de diatomáceas, algas, fungos e bactérias.

Os membros do Filo Nematoda são conhecidos como vermes de corpos alongados e cilíndricos com as extremidades afiladas variando de 2,5 a 7 mm de comprimento. Muitos nematóides podem suspender seus processos vitais quando as condições ambientais se tornam desfavoráveis e encistar, uma forma capaz de sobreviver a condições ambientais extremas, esse processo é conhecido como criptobiose (BARROS, *et al.* 2007).

Os bivalves possuem o corpo lateralmente comprimido e conchas com duas valvas dorsalmente articuladas que envolvem completamente o corpo. Estão adaptados para cavar na areia e no lodo, pois possuem um par de tentáculos (probóscides) que mantém em contato com o substrato. A alimentação da maioria desses animais ocorre através da filtração de partículas presentes na água levadas para dentro da cavidade do corpo através

de uma estrutura denominada sifão ciliado (WETZEL, 1981). A maior parte dos bivalves é dióica com fertilização externa. O desenvolvimento desses animais geralmente apresenta-se indireto com presença de larvas livres nadantes (RUPPERT & BARNES, 1996). Os bivalves de água doce estão representados no Brasil por quatro famílias, incluindo a família Corbiculidae, representada pela espécie asiática *Corbicula fluminea*, que vem povoando os principais mananciais da região centro-sul brasileiros. Esses bivalves vivem enterrados em fundos de ecossistemas aquáticos lodosos ou areno-lodosos, podem medir de 20mm até 3cm, e alimentam-se principalmente de fitoplâncton (BIOTA, 2007).

O Filo Anellida abrange os vermes segmentados que incluem as minhocas de água doce e sanguessugas. Esses animais possuem cerdas ao longo do corpo que auxiliam na locomoção aumentando a tração com o substrato (BARNES *et al.*, 2007).

Os organismos da Classe Oligochaeta, são importantes representantes da fauna bentônica de água doce, podem ser encontrados animais de 1mm até 40 cm de comprimento. São animais hermafroditas que podem apresentar, em algumas espécies, reprodução sexuada quando as condições ambientais não são favoráveis (RUPPERT & BARNES, 1996). Muitos oligoquetas, principalmente os da família Tubificidae, vivem enterrados no sedimento ingerindo matéria orgânica colonizada por bactérias ou microorganismos presentes no mesmo. Esses animais bentônicos podem indicar o estado trófico do ambiente, já que à medida que aumenta a quantidade de matéria orgânica disponível no ambiente verifica-se um aumento expressivo na abundância da população desses animais em lagos e cursos de água (WETZEL, 1981).

A Classe Insecta contém mais de 750.000 espécies descritas formando o maior grupo de animais existentes. Os insetos aquáticos caracterizam-se por habitar a água doce nos estágios larvais de vida (WETZEL, 1981).

A Família Chironomidae reúne 10 subfamílias e compreende um total de 355 gêneros. Na região neotropical contribui com 109 gêneros sendo o grupo mais importante dos insetos de água doce, formando elo na cadeia alimentar. Em ambiente fluvial, as larvas colonizam basicamente o sedimento e a vegetação aquática, mostrando uma ampla faixa de condições nas quais podem sobreviver, o que reflete a capacidade adaptativa do grupo (TRIVINHO-STRIXINO & STRIXINO, 1995).

Os indivíduos da subfamília Chironominae apresentam formação de tórax e abdome com coloração vermelha podendo variar de laranja a rosa e com presença de poucos pêlos, pseudópodos posteriores com garras simples e relativamente curtas. As larvas são comumente encontradas em águas pouco movimentadas. Os casulos são depositados sobre ou no interior do sedimento, ou algumas em tecidos vegetais (TRIVINHO-STRIXINO & STRIXINO, 1995). Os indivíduos da subfamília Ortocladinae apresentam muitas características semelhantes aos indivíduos da subfamília Chironominae, porém são comumente encontrados em águas frias e de correnteza, como córregos e rios. Vivem associados às macrófitas e possuem coloração esbranquiçada ou esverdeada (TRIVINHO-STRIXINO & STRIXINO, 1995).

Na literatura há uma grande variedade de índices a serem levados em consideração em um estudo de biomonitoramento, como por exemplo, a sensibilidade que os organismos apresentam a agentes estressores, ao gradiente de qualidade e a variação sazonal, uma vez que a maioria desses organismos tende a ser sensível a alterações sazonais (WATANABE *et al.*, 2003). CHAPMAN & BRINKHURST (1984), utilizaram oligoqueta como espécies indicadoras de poluição, utilizando pioneiramente esse índice (presença/ausência de oligoquetos) como forma de detecção de poluição orgânica. Este conceito foi aplicado no desenvolvimento de indicadores de estruturas de espécies e índices bióticos baseados na importância de agrupamentos de indicadores biológicos diferentes.

A CETESB (2007) a partir de índices da comunidade bentônica propôs um índice multimétrico (ICB_{RIO}) como segue (Tabela 3):

1. Riqueza (S), sendo a soma das categorias taxonômicas encontradas na amostra.
2. Dominância (DOM), como sendo o maior valor de abundância relativa na amostra.
3. Índice de Diversidade de *Shannon-Wiener* (H').
4. Índice de Comparação Sequencial (ICS), em cujo cálculo foi empregado software desenvolvido pelo prof. Dr. Aristotelino Monteiro Ferreira para a CETESB.
5. Dominância de grupos tolerantes (T/DT), tendo sido considerados tolerantes, Tubificidae sem queta capilar, Naididae e Chironomini.
6. Riqueza de táxons sensíveis (Ssens), em que foram considerados sensíveis as famílias de Ephemeroptera, Trichoptera e o gênero *Stempellina* de Chironomidae-Tanytarsini.

Tabela 3 – Índices biológicos multimétrico para rios (CETESB, 2007).

CLASSE	S	ICS	H'	T/DT	Ssens
PÉSSIMA			AZÓICO		
RUIM	≤ 5	≤3,00	≤ 1,00	>0,75	0
REGULAR	6 – 13	>3,00 - ≤ 9,5	>1,00 - ≤ 1,50	≥ 0,50 - ≤0,75	1
BOA	14 – 20	>9,50 - ≤ 20,00	>1,50 - ≤ 2,50	> 0,25 - <0,50	2
ÓTIMA	≥ 21	>20,00	>2,50	≤ 0,25	≥ 3

3.3. Ensaios ecotoxicológicos

Como na maioria de outras ciências, a Ecotoxicologia comporta aspectos fundamentais de outras disciplinas e um vasto campo de atuação. Assim, ela permite avaliar danos ocorridos nos diversos ecossistemas após contaminação e prever impactos futuros, para comercialização de produtos químicos e/ou lançamentos de despejos num determinado ambiente (ZAGATTO & BERTOLETTI, 2006).

O ambiente aquático tem sido enfatizado pela Ecotoxicologia por seu uso pela humanidade como diluidor de despejos. Portanto, para identificar os efeitos destas substâncias sobre a biota aquática, têm sido utilizados, nestas últimas décadas, ensaios ecotoxicológicos com organismos de águas continentais, estuarinas e marinhas, em condições laboratoriais e/ou de campo. Esses ensaios possibilitam estabelecer limites permissíveis para várias substâncias químicas e, ainda, avaliar o impacto de misturas de poluentes sobre os organismos aquáticos dos corpos receptores (BERTOLETTI, 1990).

Para a determinação mais completa da relevância ecológica da contaminação ambiental, a realização de ensaios que além da mortalidade determinam também a redução da fecundidade nas espécies, subdesenvolvimento e más formações, incluindo a escolha de organismos ecologicamente significativos, como organismos tropicais e autóctones, como *Chironomus xanthus*, *Ceriodaphnia silvestrii*, *Daphnia laevis* fazem-se necessárias. Complementando essa abordagem, o estudo das comunidades bentônicas pode ampliar o conhecimento a respeito dos ambientes impactados, com informações adicionais sobre as alterações que os ecossistemas estão sofrendo em função das atividades antrópicas (SILVA, 2005).

3.4. Aplicação da Tríade de Qualidade do Sedimento

KARR E CHU (1997) consideram que a primeira e a mais importante etapa para a proteção de um ecossistema aquático é a identificação de "endpoints" biológicos, e que avaliações de impacto falharão freqüentemente se confiarmos em medidas substitutas, impróprias e isoladas, como, por exemplo, a detecção de compostos químicos, que não apresentam condições para refletir a saúde dos ecossistemas. Muitas vezes as concentrações destas substâncias podem não ser detectadas pelos equipamentos, mas ao mesmo tempo já serem tóxicas, ou os limites permissíveis pela legislação serem altos, e não refletirem o perigo para os organismos aquáticos e a contaminação do ambiente.

Uma avaliação ecológica, como a Tríade da Qualidade de Sedimento, que envolve ao menos análises químicas, ecotoxicidade e medidas biológicas das comunidades residentes, torna-se importante para fornecer a situação ecológica do sistema estudado (CANIVET & GIBERT, 2002). A concentração de um componente químico para causar ecotoxicidade depende sempre de outros compostos que estão interagindo entre si, principalmente em corpos d'água receptores de efluentes complexos, ou seja, de várias fontes antropogênicas. A resposta de uma comunidade residente a esses estressores faz com que a comunidade biológica seja uma ferramenta importantíssima para a integração e compreensão das informações de cada item da tríade.

A Tríade permite uma análise integrada dos dados, onde medidas de qualidade ambiental são utilizadas para uma avaliação global do sistema em estudo. Deste modo, é mais do que a soma das partes, onde os resultados obtidos a partir desta avaliação apresentam um conteúdo de informações maior que aqueles gerados pelos componentes individualmente (CHAPMAN, 1990).

Em países desenvolvidos nota-se a utilização da Tríade como uma ferramenta para avaliação de impacto e qualidade ambiental, mostrando a eficiência deste método no diagnóstico da qualidade de sedimentos nas Américas (HARTWELL & CLAFLIN, 2005), Europa (oriental e ocidental) (HOLLERT *et al*, 2002; 2003), Antártica, Austrália e Ásia e por seu incorporamento em ações governamentais, como na Bélgica (DE PAUWN & HEYLEN, 2001), nos Estados Unidos (LONG *et al*. 2003; CANFIELD *et al*, 1998, INGERSOLL *et al*, 1997, CARR, 2003 e EPA, 2003) e Canadá (BORGMANN *et al.*, 2001) (CETESB, 2007).

ZAMBONI (2000) ao caracterizar o estuário da Lagoa dos Patos no entorno da cidade de Rio Grande, RS, concluiu que esta técnica mostrou-se eficiente no diagnóstico dos locais mais afetados pela ação antrópica, favorecendo a interpretação da magnitude do dano sofrido em cada local. A Tríade de Qualidade de Sedimento – TQS possibilita a diminuição de muitas incertezas que estão presentes quando há apenas a utilização de parâmetros isolados, como apenas a realização de análise química ou ecotoxicológica.

A aplicação da tríade na maioria dos trabalhos brasileiros se refere à reservatórios (ROSADO, 1998) e ambientes marinhos como que trabalho desenvolvido no estuário da Lagoa dos Patos, RS (ZAMBONI, 2000), no estuário de Santos, SP (ABESSA, 2002) e avaliação da qualidade do sedimento no entorno do emissário submarino de uma fábrica de celulose, no Espírito Santo (FURLEY, 2006).

Recentemente, foram desenvolvidos trabalhos com aplicação da tríade de qualidade de sedimentos em ambientes de água doce, como o de ALMEIDA & ROCHA (2006) onde foi aplicada a tríade nos sedimentos do Reservatório do Rio Tiete e CETESB (2007) em relatório técnico sobre a qualidade dos sedimentos da rede de monitoramento da Companhia. Há uma série de trabalhos onde se avaliam parâmetros químicos, ecotóxicológicos e biológicos, mas não fazem a integração dos parâmetros, aplicando a tríade, como, por exemplo, DORNFELD (2002) e RODRIGUES (2003).

4. Caracterização da área de estudo

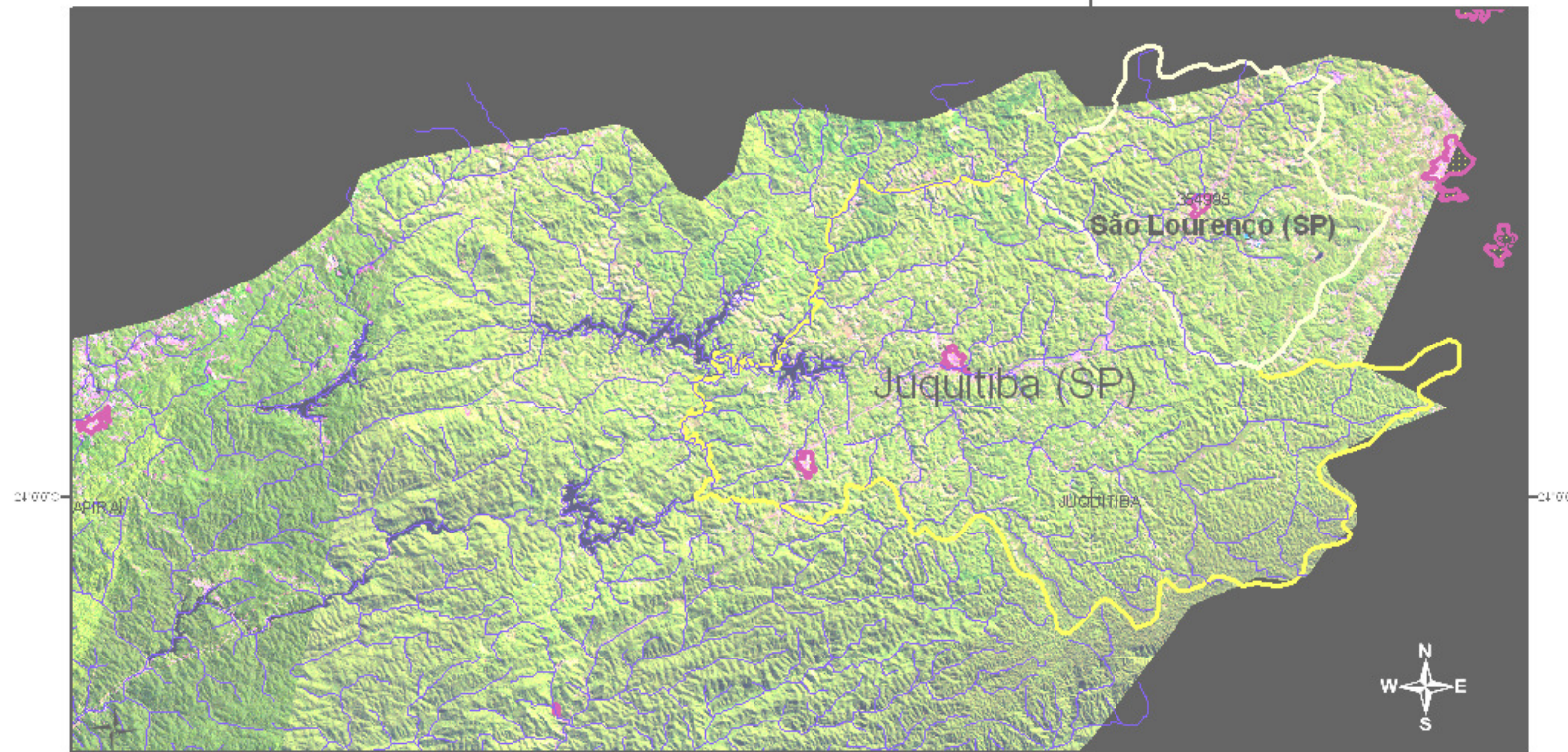
Vários estudos, realizados a partir da década de 1980, comprovaram inequivocamente que a bacia do Ribeira foi muito afetada pelas atividades econômicas levadas a efeito na região, em especial, pela atividade de mineração e metalúrgica do Alto Vale. Esses efeitos tornam-se visíveis na contaminação dos sedimentos fluviais por chumbo, zinco, cobre e arsênio, e, mais episodicamente, pelo registro de elevadas concentrações de metais nas águas. Entre esses diagnósticos de qualidade ambiental da água citam-se TESSLER *et al.* (1987) que avaliou teores de metais em Cananéia; EYSINK *et al.* (1988) avaliou os metais pesados do Vale do Ribeira; MORAES (1997) metais no Rio Ribeira de Iguape; e COTRIM (2006) que avaliou a qualidade da água na bacia hidrográfica de Ribeira de Iguape.

São Lourenço da Serra (Fig. 2) é o primeiro município que integra a região do Vale do Ribeira, fica localizado no sudoeste da região metropolitana, a 52 Km dessa cidade. A população estimada em 2003 era de 13.645 habitantes e a área é de 187 Km², o que resulta numa densidade demográfica de 72,97 hab/km². O município está situado em território divisor de duas bacias hidrográficas importantes: a sub-bacia Cotia-Guarapiranga, que é parte da bacia do rio Tietê, que abrange a RMSP, e a bacia do Rio Ribeira de Iguape. Nesta encontram-se aproximadamente entre 18 a 20% do remanescente nacional de Floresta Atlântica, reduzida a 7% de sua cobertura original.

O Município de Juquitiba localiza-se ao sul do Estado de São Paulo, junto a Serra do Mar e à margem da Rodovia Regis Bittencourt (BR-116), a 73 km da Capital do Estado. Faz parte da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). Possui um grande número de chácaras e sítios utilizados, na sua maioria, para lazer dos proprietários. Com concessão de uso e outorga da água da SABESP, possui uma população total de 26.479 habitantes.

São Lourenço da Serra abriga a nascente do rio São Lourenço, seu território está totalmente inserido dentro da Área de Preservação dos Mananciais (Leis Estaduais 898/75 e 1172/76 e 9866/97) sendo o corpo receptor de toda carga poluidora de São Lourenço da Serra e Juquitiba.

Mapa-Imagem - Municípios de Juquitiba e São Lourenço da Serra- Vale do Ribeira (SP)



Legenda

Imagem Landsat TM 7 (2002) - RGB

- Red: Banda 1
- Green: Banda 2
- Blue: Banda 3

- Bacia Hidrográfica do Vale do Ribeira (SP)
- Rede de Drenagem

- Município de Juquitiba (SP)
- Município de São Lourenço da Serra-SP
- Centro Urbano (Base Carta Topográfica IBGE 1: 50 000)

Escala: 1:316.415

Fonte: CQMA-Centro de Química e Meio Ambiente (Base IF - Instituto Florestal e ISA - Instituto Socioambiental).

4.1. Considerações sobre as ETA de São Lourenço da Serra e Juquitiba, SP

Atualmente, existem mais de 7500 estações de tratamento de água (ETA) convencionais no Brasil. Estima-se que cerca de 2.000 toneladas de sólidos (lodo gerado após o tratamento) são lançadas em águas brasileiras sem nenhum tratamento (CORDEIRO, 1999).

A busca de soluções adequadas para o tratamento e destinação final do lodo produzido nessas estações de tratamento tem sido objeto de atenção especial no meio técnico internacional e do setor de saneamento básico do estado de São Paulo - SABESP, em particular.

O lodo gerado pelas ETA tem características químicas distintas e bastante variadas, dependendo das condições apresentadas pela água bruta, dosagem e produtos químicos utilizados e forma de limpeza dos decantadores. Denominado também de lodo químico, é constituído basicamente por materiais inertes (KAWAMURA, 1991), como areia, argilas, silte, ferro, manganês, compostos químicos resultantes da adição de coagulantes (hidróxido de alumínio ou ferro), microorganismos e material húmico removidos no processo de tratamento (OLIVEIRA, 2005). Os processos de clarificação da água (coagulação/floculação/sedimentação) removem cor e turbidez e, portanto, matéria orgânica, que passa a fazer parte dos lodos que se avolumam nos decantadores e que são encaminhados aos cursos d'água sem tratamento prévio. A ABNT NBR 10004 - Resíduos sólidos – Classificação - foi elaborada em 1987 e revisada em 2004. Esta Norma foi baseada no Regulamento Técnico Federal Norte-Americano denominado "*Code of Federal Regulation (CFR) – title 40 – Protection of environmental – Part 260-265 – Hazardous waste management*". O objetivo da ABNT NBR 10004 é classificar os resíduos sólidos quanto à sua periculosidade, considerando seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, para que possam ser gerenciados adequadamente. Nesta norma, o lodo gerado pelas estações de tratamento é classificado como "resíduo sólido", portanto deve ser tratado e disposto conforme exigência dos órgãos reguladores.

Em centros urbanos o tratamento da água para abastecimento torna-se cada vez mais centrado na qualidade do produto que será distribuído. Porém, a qualidade dos mananciais está piorando, devido à má ocupação o solo nas microbacias e a falta de saneamento adequada, o que exige uma maior concentração de produtos químicos aplicados para o tratamento, que por sua vez traz como conseqüência um aumento

significativo nos rejeitos ou lodos provenientes de ETA, causando respectivo aumento no descarte de lodo dessas estações nos ecossistemas aquáticos (PORTELLA *et al.*, 2003), contribuindo para a piora da qualidade da água.

A maioria das estações de tratamento de água utiliza o sulfato de alumínio como coagulante decorrendo daí a identificação do lodo que geram como sendo lodo de alumínio. Deve-se observar que o alumínio sofre restrições de emissão de acordo com a Legislação Ambiental Brasileira (CONAMA 357/05). Sua natureza gelatinosa, sólida em repouso e líquida quando agitada, dificulta a secagem, razão pelas quais várias tentativas de solução para o destino adequado do lodo têm sido experimentadas. Destacam-se, entre elas, aquelas que contemplam unidades de adensamento e condicionamento, de desidratação (leitões de secagem), lagoas de lodo, filtros a vácuo, filtros prensa, centrífugas, etc.

Segundo a SABESP, a ETA de São Lourenço da Serra tem uma produção estimada de lodo de 16 L/s, utiliza Sulfato de Alumínio como coagulante na proporção de 13 mg/L e produz 0,975 toneladas de lodo por mês. A água bruta que abastece a ETA de São Lourenço da Serra é proveniente do Rio São Lourenço. O sistema de tratamento é do tipo convencional, constituído por floculador, decantadores e filtros (Fig. 3). A limpeza dos filtros é realizada em dias alternados utilizando 34,4m³ de água por filtro. Os decantadores são limpos a cada 15 dias, o que consome aproximadamente 200m³ de água. Todo resíduo gerado foi descartado no rio até dezembro de 2005. Atualmente, é encaminhado para a rede coletora de esgotos e posteriormente para a ETE. Na Tabela 4 está apresentada a caracterização do Lodo das ETA de São Lourenço da Serra e Juquitiba, realizado por REIS (2005).

Tabela 4 - Caracterização semi-quantitativa por FRX, de amostras de lodo proveniente de diferentes ETAs pertencentes à bacia hidrográfica do rio Ribeira de Iguape (REIS, 2005).

Composição Química	Concentração (%)*	
	Lodo ETA S. Lourenço da Serra	Lodo ETA Juquitiba
SiO ₂	19,6	24,2
Al ₂ O ₃	25,5	27,8
Fe ₂ O ₃	17,1	16,0
K ₂ O	1,5	2,1
TiO ₂	0,79	0,85
MgO	0,39	0,21
SO ₃	0,76	0,54
CaO	0,25	0,094
Cl	0,52	0,16
P ₂ O ₅	0,52	0,38
Na ₂ O	0,10	0,10
MnO	0,46	0,44
Cr ₂ O ₃	0,015	0,019
Rb ₂ O	0,003	0,003
NiO	0,007	0,012
PbO	-	0,019
ZnO	0,013	0,013
Br	0,048	0,011
CuO	0,008	0,010
SrO	0,001	0,002
ZrO ₂	0,009	0,005
Perda ao Fogo	32,4	26,9

*Amostra previamente seca a 55-60 °C e calcinada a 900°C por 1 hora.

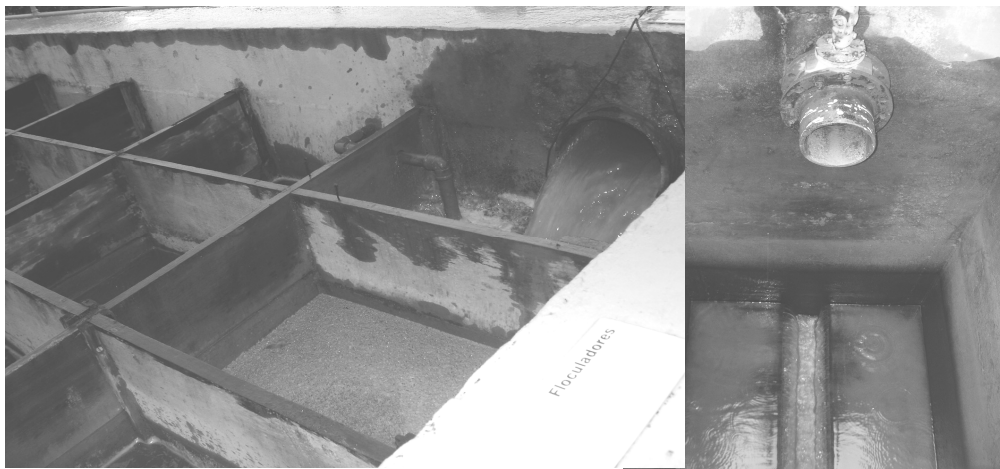


Figura 3 – Floculadores e filtro da ETA de São Lourenço da Serra, SP.

Já a ETA de Juititaba, produz 28L/s, utiliza 15 mg/L se Sulfato de alumínio e produz 1,927 toneladas de lodo por mês. O sistema de água e esgoto também operado pela SABESP. A ETA é do tipo convencional, com etapas de coagulação, floculação, decantação e filtração. Os resíduos gerados a partir desse tratamento foram descartados no rio São Lourenço até agosto de 2006. Este efluente é gerado após as lavagens dos decantadores, floculadores e filtros, além do rejeito utilizado para limpeza dos tanques de preparo dos produtos químicos. Foi construído um canal que encaminha esse descarte para a rede coletora de esgotos (SUNDEFELD JR, 2007). Ao contrário do lodo de ETE que contém grande parcela de matéria orgânica, gerando odor desagradável ao se decompor, os resíduos das ETA são predominantemente inorgânicos (SUNDEFELD JR, 2007). Na Tabela 5 estão apresentadas as concentrações dos elementos químicos analisados nas amostras do efluente da ETA de Juititaba, SP.

Tabela 5 - Concentração dos elementos analisados em amostras de descarte da ETA no município de Juititaba, SP.

Amostra	Data	Elementos (ppm)											
		P	K	Ca	Fe	Ba	Pb	B	Al	Mn	Zn	Na	Mg
Efluente ETA JQT	ago/04	< 0,331	0,4990	1,6840	0,0620	0,0100	< 0,001	< 0,05	0,0250	0,0660	0,0070	16,5600	0,6930
	mar/05	0,0485	0,3750	1,6500	0,0374	0,0152	< 0,001	0,0036	0,0315	0,0231	0,0058	8,5800	0,7180
	jul/05	0,0355	0,3050	1,1900	< 0,01	0,0141	< 0,001	< 0,05	0,0781	0,0312	< 0,0032	5,5300	0,5790
	out/05	0,0172	0,3580	1,4400	0,0040	< 0,0001	< 0,001	< 0,05	< 0,03	0,0537	0,0048	2,7500	0,8230
	Média	0,1081	0,3843	1,4910	0,0284	0,0099	0,0010	0,0284	0,0412	0,0435	0,0052	8,3550	0,7033
	Mínimo	0,0172	0,3050	1,1900	0,0040	0,0001	0,0010	0,0036	0,0250	0,0231	0,0032	2,7500	0,5790
	Máximo	0,3310	0,4990	1,6840	0,0620	0,0152	0,0010	0,0500	0,0781	0,0660	0,0070	16,5600	0,8230

4.2. Considerações sobre as ETE de São Lourenço da Serra e Juquitiba, SP

A estação de tratamento de esgoto de São Lourenço da Serra foi inaugurada em 22 de fevereiro de 2001, localiza-se a jusante da cidade. O processo de tratamento resume-se em preliminar, também chamado de pré-condicionamento (grades médias, 2 caixas de areia) seguido por tratamento através de lagoa anaeróbia, tratamento primário (Fig. 4) seguida de lagoa facultativa, tratamento secundário (Fig. 5), comumente denominado Sistema Australiano (OLIVEIRA, 2005). Ao final do processo, antes do lançamento ao corpo receptor, o efluente é conduzido a um tanque de cloração (Fig. 6) para desinfecção.



Figura 4 – ETE de São Lourenço da Serra, SP - Lagoa Anaeróbia. Tratamento primário.



Figura 5 – ETE de São Lourenço da Serra, SP - Lagoa Facultativa. Tratamento secundário.



Figura 6 – ETE de São Lourenço da Serra, SP - Tanque de cloração.

A ETE de Juitituba funciona pelo processo de lodo ativado com dois reatores seqüenciais em bateladas e com aeração prolongada (tratamento secundário). O processo de lodo ativado, assim denominado por Ardern e Lockett em 1914 devido a capacidade de uma massa de lodo aerada estabilizar o material orgânico dos esgotos (SUNDELFELD Jr, 2007). A ETE de Juitituba é formada por um reator no qual os microorganismos responsáveis pelo tratamento são mantidos em suspensão e aerados; leitos de secagem para separação dos sólidos do líquido (Fig. 7); e tanque de cloração, onde o líquido tratado é dispensado no rio (Fig. 8).

Tabela 6 - Concentração dos elementos analisados em amostras de descarte da ETE no município de Juitituba, SP.

Amostra	Data	Elementos (ppm)											
		P	K	Ca	Fe	Ba	Pb	B	Al	Mn	Zn	Na	Mg
Efluente	ago/04	3,8790	10,0500	9,6900	0,0480	0,0100	< 0,001	< 0,05	0,0220	0,1020	0,0180	67,6000	2,1490
ETE	mar/05	0,2200	6,2300	13,9000	0,0839	0,0186	0,0020	0,0299	0,0643	0,1610	0,0243	94,0000	2,3000
JQT	jul/05	1,2200	8,2100	11,3000	0,0426	0,0132	0,0010	< 0,05	< 0,03	0,0690	0,0134	74,0000	2,2700
	out/05	2,4500	7,5800	10,3500	0,0289	< 0,0001	< 0,001	< 0,05	0,0206	0,0346	0,0157	57,8000	2,9500
	Média	1,9423	8,0175	11,3100	0,0509	0,0105	0,0013	0,0350	0,0342	0,0917	0,0179	73,3500	2,4173
	Mínimo	0,2200	6,2300	9,6900	0,0289	0,0100	0,0010	0,0100	0,0206	0,0346	0,0134	57,8000	2,1490
	Máximo	3,8790	10,0500	13,9000	0,0839	0,0186	0,0020	0,0500	0,0643	0,1610	0,0243	94,0000	2,9500

Segundo SUNDELFELD Jr (2007), o aporte de resíduos gerados na estação de tratamento de água para a estação de tratamento de esgoto de Juitituba iniciou-se em 2 de agosto de 2006. A introdução do lodo de ETA na ETE de Juitituba significou um aumento na produção de sólidos pela ETE de 40%, concentrações de Nitrogênio Total na

ordem de 2,4 vezes maior, nitrogênio amoniacal 4,7 vezes. As concentrações de fósforo solúvel diminuíram cerca de 75%, assim como a concentração de fósforo total. Verificou também o aumento da alcalinidade no efluente tratado da estação.



Figura 7 – ETE de Jquitiba, SP – Leito de Secagem.



Figura 8 – ETE de Jquitiba, SP - Tanque de cloração.

5. Material e Métodos

5.1. Locais de coleta e periodicidade

A Tabela 7 e a Figura 9 apresentam a localização dos pontos de coleta no Rio São Lourenço, nos municípios de São Lourenço da Serra e Juquitiba, São Paulo. A Tabela 4 apresenta o equipamento utilizado para as medidas físicas e químicas no momento da coleta.

No ano de 2004 foi realizada uma coleta preliminar em agosto para definir a localização dos pontos de coleta, onde foram escolhidos estrategicamente de acordo com a facilidade de acesso e a montante e a jusante das estações de tratamento. Em 2005 foram realizadas coletas em março, julho, outubro e novembro para avaliação ecotoxicológica do ambiente (água e sedimento) sob influência do descarte de lodo das ETA e efluentes das ETE. Para aplicação da TQS optou-se por realizar mais duas coletas em períodos distintos durante o ano de 2006. A realização das coletas esteve sempre na dependência da disponibilidade da SABESP por se tratar de áreas particulares, inclusive da SABESP, onde era necessário para a entrada nessas áreas o acompanhamento de técnicos da companhia.

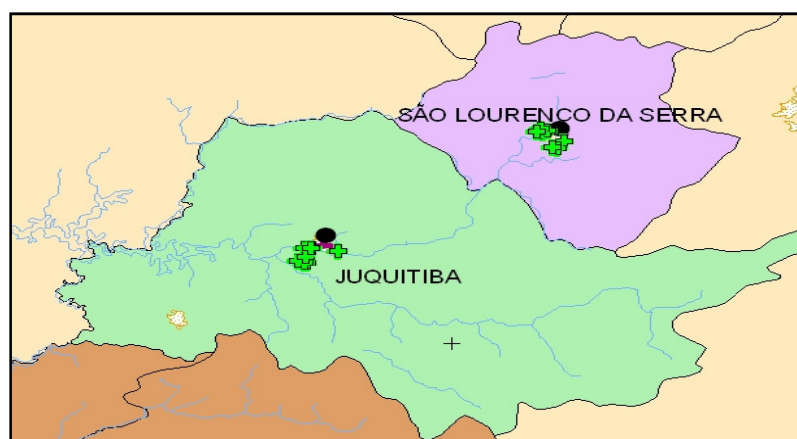


Fig. 9 – Pontos de coleta em São Lourenço da Serra e Juquitiba, São Paulo, SP.

Para a coleta das amostras de sedimento, tanto para as análises físicas e químicas, biológicas e ecotoxicológicas, foi utilizada uma draga tipo Petersen modificada, um tipo de pegador, também chamado de busca-fundos, que coleta uma área conhecida de substrato, nesse caso 0,03m², por meio de sua penetração em função do seu peso (BRANDIMARTE *et al.*, 2004) (Fig.10). O fechamento é provocado por mecanismos ativados por gravidade e braços em alavanca. Este equipamento é indicado tanto para rios rasos quanto profundos, para tipos de substratos mais grossos (cascalho a areia) ou finos (areia fina a lodo) (MUDROCH & MACKNIGHT, 1994). Os sedimentos foram armazenados pelo prazo máximo de 8 semanas à temperatura de 4 °C (EPA, 2000; ASTM, 2000, ABNT/CEET-00:001.44, 2007).

As amostras de água foram coletadas de acordo com a Tabela 7. Em campo foram analisadas conforme a Tabela 8 e Figura 10. Foram mantidas em refrigeração a 4 °C e submetidas aos ensaios em menos de 48 horas. Para a determinação de metais, imediatamente após a coleta as amostras foram preservadas com HNO₃1:1, supra-pur até pH<2. As amostras de água foram coletadas em frascos de polietileno com capacidade de 250mL, previamente descontaminados (LAXEN e HARRISON, 1981), e preservadas sob refrigeração a 4°C. Para a determinação de ânions, as amostras foram coletadas em frascos de polietileno de 250mL, previamente descontaminados, e preservadas sob refrigeração a 4°C.

Durante a realização dos ensaios ecotoxicológicos as amostras foram submetidas à análise de pH, Oxigênio dissolvido e Condutividade, conforme Tabela 9.



Figura 10 – Coleta de água e sedimento no rio São Lourenço, SP.

Tabela 7 – Localização dos pontos de coleta no Rio São Lourenço, nos municípios de São Lourenço da Serra e Juquitiba, São Paulo (SABESP, 2004).

Local de Coleta	Corpo Receptor	Localização		Descrição dos pontos
		Latitude	Longitude	
São Lourenço da Serra				
SLS002 (Montante ETA 100m)	Rio São Lourenço	23°51' 072"	46° 56' 588"	Ponto localizado no terreno de moradias desprovidas de sistema de coleta de esgoto, além de entrada de um córrego de origem desconhecida.
SLS 003 (Jusante ETA 10m)	Rio São Lourenço	23° 51' 034"	46° 56' 707"	Trecho do rio raso e estreito, com fraca correnteza, inserido dentro da vegetação.
SLS 004 (Jusante ETA 100m)	Rio São Lourenço	23° 51' 113"	46° 56' 792"	Trecho do rio que passa no fundo de quintais de habitações populares, com muito entulho. Visível assoreamento devido ao depósito de sólidos
SLS 006 (Montante ETE 100m)	Rio São Lourenço	23° 51' 354"	46° 56' 267"	Ponto afastado das casas
SLS 007 (Jusante ETE 10m)	Rio São Lourenço	23° 51' 516"	46° 56' 376"	Difícil acesso, localizado dentro do terreno da estação de tratamento de esgoto.
SLS 008 (Jusante ETE 100m)	Rio São Lourenço	23° 51' 511"	46° 56' 485"	Trecho mais fundo
Juquitiba				
JQT 002 (Montante ETA 100m)	Rio São Lourenço	23°56'093"	47°03'323"	Aparentemente limpo, dentro de um sítio, próximo à BR116
JQT 003 (Jusante ETA 10m)	Rio São Lourenço	23°56'018"	47°03'830"	
JQT 004 (Jusante ETA 100m)	Rio São Lourenço	23°56'030"	47°03'846"	
JQT 006 (Montante ETE 100m)	Rio São Lourenço	23°55'993"	47°04'330"	Próximo à rodoviária, à ponte e a BR116
JQT 007 (Jusante ETE 10m)	Rio São Lourenço	23°55'995"	47°04'374"	Afastado do centro urbano
JQT 008 (Jusante ETE 100m)	Rio São Lourenço	23°55'955"	47°04'489"	Próximo a habitações , trecho mais largo

Tabela 8 – Parâmetros analisados nas amostras de água em campo.

Parâmetro	Unidade	Equipamento
Oxigênio dissolvido	mg.L ⁻¹	Yellow Springs International YSI
Temperatura	°C	modelo portátil

Tabela 9 – Parâmetros analisados em laboratório nas amostras de água durante os ensaios ecotoxicológicos.

Parâmetro	Unidade	Equipamento
pH	-	pHmetro Orion modelo 420A
Oxigênio dissolvido	mg.L ⁻¹	Yellow Springs International YSI modelo 5100
Condutividade	µS.cm ⁻¹	Condutímetro ORION modelo 150

5.2. Qualidade do sedimento

O grau de contaminação química do sedimento, com vistas à proteção da vida aquática, foi classificado segundo os valores estabelecidos pelo “Canadian Council of Ministers of the Environment” (CCME, 2001) para arsênio, metais e compostos orgânicos. Os mesmos critérios foram adotados pela Resolução CONAMA 344/04 que estabelecem diretrizes e procedimentos mínimos para a avaliação de material dragado.

Baseados em concentrações totais e na probabilidade de ocorrência de efeito deletério sobre a biota, o menor limite - TEL (*Threshold Effect Level*) representa a concentração abaixo da qual raramente são esperados efeitos adversos para os organismos. O maior limite - PEL (*Probable Effect Level*) representa a concentração acima da qual é freqüentemente esperado o citado efeito adverso para os organismos. Na faixa entre TEL e PEL situam-se os valores onde ocasionalmente esperam-se tais efeitos. A adoção desses valores teve caráter meramente orientativo na busca de evidências da presença de contaminantes em concentrações capazes de causar efeitos deletérios e de comparar os valores estabelecidos e propostos pelos diferentes órgãos ambientais, sobretudo com relação à toxicidade para a biota. A Tabela 10 apresenta a proposta de classificação química de contaminantes tóxicos em sedimentos de água doce pela CETESB. A Tabela 11 mostra os valores guias estabelecidos pelo “*Canadian Council of Ministers of the Environment*”, os mesmo estabelecidos pela Resolução CONAMA 344/04, além de valores de referência geológicos globais e valores guia propostos pelo projeto QUALISED (NASCIMENTO, 2004).

Tabela 10 - Proposta de classificação química de contaminantes tóxicos em sedimentos de água doce (CETESB, 2007).

QUALIDADE / PONDERAÇÃO	ÓTIMA 1	BOA 2	REGULAR 3	RUIM 4	PÉSSIMA 5
As (µg/g)	< 5,9	≥ 5,9 – 11,5	> 11,5 - < 17,0	17,0 – 25,5	> 25,5
Cd (µg/g)	< 0,6	≥ 0,6 – 2,1	> 2,1 - < 3,5	3,5 – 5,3	> 5,3
Pb (µg/g)	< 35,0	≥ 35,0 – 63,2	> 63,2 - < 91,3	91,3 – 137,0	> 137,0
Cu (µg/g)	< 35,7	≥ 35,7 – 116,4	> 116,4 - < 197,0	197,0 – 295,5	> 295,5
Cr (µg/g)	< 37,3	≥ 37,3 – 63,7	> 63,7 - < 90,0	90,0 – 135,0	> 135,0
Hg (µg/g)	< 0,170	≥ 0,170 – 0,328	> 0,328 - < 0,486	0,486 – 0,729	> 0,729
Ni (µg/g)	< 18	≥ 18 – 27	> 27 - < 36	36 - 54	> 54
Zn (µg/g)	< 123	≥ 123 – 219	> 219 - < 315	315 - 473	> 473

Tabela 11 – Valores de referência para concentração de metais no sedimento.

	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	As	
NsRGG¹	90	45	0,4	68	42	68	—	mg kg⁻¹
VGQS²	78	55	,11	38	20	8	—	mg kg⁻¹
TEL³	37,3	35,7	0,17	-	35	123	5,9	µg.g⁻¹
PEL⁴	90	197	0,486	35,9	97,3	315	7	µg.g⁻¹

¹Níveis de referência geológico global. Valores compilados por Turekian & Wedepohl, 1961;

²Valores-Guia da Qualidade de Sedimentos, Projeto Qualised. Nascimento, 2004;

³TEL "Threshold Effect Level (CCME, 2001);

⁴PEL "Probable Effect Level (CCME, 2001).

5.2.1. Granulometria

As análises foram realizadas no Laboratório de Química Ambiental do IPEN, pela escala granulométrica de Wentworth, seguindo os procedimentos descritos na Norma L 6.160 da CETESB (1995). Foram utilizadas 07 peneiras com abertura de 2000 µm a 0,063mm, e um tempo de peneiramento de 30 minutos.

5.2.2. Matéria orgânica

A determinação do teor de matéria orgânica foi realizada por queima a 440°C, pelo Lab. Química Ambiental- IPEN, seguindo os procedimentos descritos na NBR 13.600 (ABNT,1996).

Foi determinada a concentração de Carbono orgânico total (COT) pelo laboratório BIOAGRI a partir do método de combustão ao forno (IAC, 1989) em setembro de 2006.

5.2.3. Análises químicas

As análises químicas do sedimento foram realizadas em março e setembro de 2006 pelo Laboratório de Fluorescência de Raio-X do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN-SP). A análise dos compostos (SiO₂, Al₂O₃, K₂O, FeO₃, TiO₂, MgO, CaO, P₂O₅, Na₂O, Cr, MnO, Cl, ZrO₂, Ni, Zn, Rb₂O, SrO, SO₃) foi pelo procedimento de Fluoração de Raio-x por perda ao fogo (SCAPIN, 2003). As amostras de sedimentos foram distribuídas em bandejas de vidro pirex para a remoção de materiais indesejáveis, e previamente secas a 60°C, em estufa com circulação forçada de ar. A essa temperatura, os metais não são arrastados pelo vapor de água.

O equipamento utilizado foi um Espectrômetro de fluorescência de raios X, sistema WD, Rigaku Co, Modelo RIX 3000, 1996. As amostras foram preparadas em forma de pastilha prensada de dupla camada, utilizando uma prensa hidráulica e adicionando 10% de H₃BO₃ como material aglutinante. Foi utilizada uma prensa hidráulica, B. Hergoz, modelo HTP40, 1980.

A metodologia foi validada de acordo com SCAPIM (2003), a partir de análises comprobatórias com materiais de referência certificados (Buffalo River Sediment®, CRM, JB1 e JB2).

Em setembro de 2006 foram realizadas as análises de cádmio, cobre, mercúrio, níquel, chumbo, zinco, alumínio, nitrogênio amoniacal, nitrogênio total Kjeldahl, nitrato e nitrito pelo laboratório Bioagri Ambiental. Os anions foram determinados segundo EPA Method 300.1 – *Determination of inorganic Anions in Drinking water by Ion Chromatography*; os metais: EPA 6010 B – *Inductively coupled plasma (ICP) Method*; Nitrogênio Amoniacal: SMEWW 4500 – NH₃ – D – *Amonia - Selective electrode method*; mercúrio: EPA 245.7 – *Mercury in water by cold vapor atomic fluorescence spectrometry*; NKT: SMEWW4500 – Norg – B – Macro - Kjeldahl Method/ D - *Selective electrode method*.

5.2.4. Comunidade de macroinvertebrados bentônicos

As amostras coletadas para a análise da comunidade bentônica foram fixadas em campo com formaldeído a 10% para conservação dos organismos. Em laboratório, cada amostra foi lavada em água corrente com peneiras de 1,00, 0,500 e 0,300 mm, sendo fixada em álcool 70% cada fração retida. A triagem dos organismos foi realizada sob lupa e microscópio estereoscópico. Foram utilizadas as seguintes chaves de identificação: *Fresh-Water Biology (EDMONDSON, 1959)*; *Oligochaeta (RIGHI, 1984)*; *Fresh-Water invertebrates of the United States (PENNAK, 1989)*; *Larvas de Chironomidae (Diptera) do estado de São Paulo: guia de identificação e diagnose dos Gêneros (TRIVINO-STRIXINO & STRIXINO, 1995)*; *Guia para la identificación de oligoquetos acuáticos continentales de sud y centroamerica BRINKHURST Y MARCHESE (1991)*; *Land and Freshwater molluscs of Brazil (SIMONE, 2006)*. A identificação dos organismos foi realizada com o auxílio do Dr. Paulo Pamplin (oligoquetos, quironomídeos e

nematódeos), Dr. Luiz Ricardo L. Simone (moluscos) e Dr. Gustavo Augusto Schmidt de Melo (decápodos).

A partir dos resultados obtidos pelas análises qualitativas através da identificação dos organismos foram realizadas as análises quantitativas da comunidade bentônica.

A análise de agrupamento “*cluster analysis*” foi realizada com o objetivo de se determinar o grau de semelhança existente entre as comunidades bentônicas nos 3 pontos de coleta referentes em todos os pontos das ETA e ETE. Foi utilizado o índice de *Morisita-Horn* com auxílio do Dr. Paulo Pamplin.

Após a identificação e quantificação dos organismos foi aplicado o índice de *MORISITA* (1962) através da seguinte fórmula:

$$I_{\delta} = n \frac{\sum [x(x-1)]}{\sum x(\sum x - 1)} = n \frac{\sum x^2 - \sum x}{(\sum x)^2 - \sum x}$$

onde:

n= número de unidades amostrais

$\sum x$ = somatória presentes nas unidades amostrais.

O afastamento da aleatoriedade pode ser testado por:

$$X_{\delta}^2 = I_{\delta}(\sum x_i - 1) + n - \sum x_i \sim \chi_{(n-1)}^2.$$

Se $X_{\delta}^2 \geq \chi_{(n-1)g}^2(1,0,05)$, rejeita-se a hipótese de aleatoriedade da distribuição.

O índice de *Morisita-Horn* ou *Morisita* é um índice de similaridade entre locais (diversidade beta). A vantagem deste tipo de índice sobre outros como o de Jaccard e Sorensen é que ele é quantitativo (leva em contanto não só presença/ausência das espécies, mas também a densidade de cada espécie). Já os índices qualitativos, como de Sorensen e Jaccard consideram apenas se a espécie esta presente ou ausente, não levando em conta o quanto cada espécie tem nos ambientes confrontados.

5.2.5. Avaliação ecotoxicológica do sedimento

Neste trabalho, foram escolhidas três espécies de organismos para serem utilizados na avaliação ecotoxicológica do sedimento, sendo duas autóctones: *Ceriodaphnia silvestrii* e *Chironomus xanthus* e uma cosmopolita *Hyalella azteca*, amplamente utilizada em ensaios com sedimentos.

No caso de *Chironomus xanthus*, foi utilizado como sedimento-controle o mesmo utilizado no cultivo em laboratório (SILVA, 2005). *Hyalella azteca* é um organismo bentônico que vive associado ao sedimento, por isso utilizou-se uma rede de nylon como substrato artificial (PRINTES, 1996), e, para *Ceriodaphnia silvestrii*, não foi utilizado nenhum substrato nos controles do **ensaio**.

Em São Lourenço da Serra foram realizados ensaios **ecotoxicológicos crônicos** em março, julho, outubro e novembro de 2005 com *C. silvestrii* e ensaios **ecotoxicológicos** aguda com *H. azteca* em julho, outubro e novembro de 2005 e *C. xanthus* em outubro e novembro de 2005. Em 2006, foram realizadas campanhas em março e setembro, utilizando para os **ensaios ecotoxicológicos agudos** *Hyalella azteca* e *Chironomus xanthus* e **ecotoxicidade** crônica com *Ceriodaphnia silvestrii*.

Para a avaliação **ecotoxicológica** do sedimento em Jucituba foram realizados ensaios **ecotoxicológicos** aguda com *H. azteca* e crônica com *C. silvestrii* em julho, outubro e novembro de 2005. Em março e setembro de 2006 foram feitos ensaios **ecotoxicológicos** agudos com *C. xanthus* e crônicos com *C. silvestrii*.

As Tabelas 12, 13 e 14 apresentam o resumo das condições dos ensaios. O preparo das amostras foi realizado 24 horas antes do início dos ensaios para que se estabelecesse o equilíbrio entre a água e o sedimento. Os parâmetros de pH, condutividade e oxigênio dissolvido foram medidos no início, a cada troca de água nos ensaios ecotoxicológicos crônica e ao final dos ensaios.

Tabela 12 – Condições do ensaio ecotoxicológico agudo de sedimento com *Hyalella azteca* (ABNT, 2006).

Parâmetros	Condições
1- Tipo de ensaio	Semi-estático
2- Temperatura	25 ± 2
3- Fotoperíodo	16 horas luz
4- Recipiente do ensaio	Béquer de 200 mL ⁻¹
5- Volume de sedimento	20 gramas
6- Volume de água	80 mL ⁻¹
7- Renovação da água	2/3 da água a cada dois dias
8- Idade dos organismos	7 – 14 dias
9- Número de organismos por réplica	5
10- Número de réplicas por tratamento	3 a 5
11- Alimentação	0,40 mL ⁻¹ de ração composta e uma pitada de ração em flocos
12- Aeração	Sem
13- Água utilizada	Água de cultivo
14- Parâmetros da água	Dureza, pH, oxigênio dissolvido, condutividade.
15- Duração do ensaio	10 dias
16- Parâmetro analisado	Sobrevivência
17- Aceitabilidade do ensaio	Mínimo de 80% de sobrevivência do controle.

Tabela 13 – Condições do ensaio ecotoxicológico agudo de sedimento com *Chironomus xanthus* (SILVA, 2005).

Parâmetros	Condições
1- Tipo de ensaio	Estático
2- Temperatura	25 ± 2
3- Fotoperíodo	16 horas luz
4- Recipiente do ensaio	Béquer de 200 mL ⁻¹
5- Volume de sedimento	20 gramas
6- Volume de água	80 mL ⁻¹
7- Idade dos organismos	7 dias (2º para o 3º ínstar)
9- Número de organismos por réplica	5
10- Número de réplicas por tratamento	3 a 5
11- Alimentação	0,40 mL ⁻¹ de ração a cada dois dias
12- Aeração	Sem
13- Água utilizada	Água destilada reconstituída
14- Parâmetros da água	Dureza, pH, condutividade no início e final do ensaio.
15- Duração do ensaio	4 dias
16- Parâmetro analisado	Sobrevivência
17- Aceitabilidade do ensaio	Mínimo de 70% de sobrevivência do controle.

Tabela 14 – Condições do ensaio ecotoxicológico crônico de sedimento com *Ceriodaphnia silvestrii* (baseiam-se em normas de padronização da ASTM 1991; EPA 2000, trabalhos de BURTON & MACPHERSON, 1994.).

Parâmetros	Condições
1- Tipo de ensaio	Semi-estático
2- Temperatura	25 ± 2
3- Fotoperíodo	16 horas luz
4- Recipiente do ensaio	Béquer de 30 mL ⁻¹
5- Volume de sedimento	5 gramas
6- Volume de água	20 mL ⁻¹
7- Renovação da água	2/3 da água a cada dois dias
8- Idade dos organismos	6 a 246h
9- Número de organismos por réplica	1
10- Número de réplicas por tratamento	10
11- Alimentação	A cada 2 dias
12- Aeração	Sem
13- Água utilizada	Água de cultivo
14- Parâmetros da água	Dureza, pH, oxigênio dissolvido, condutividade.
15- Duração do ensaio	7 dias, depois de 60% do controle produzir a terceira ninhada.
16- Parâmetro analisado	Sobrevivência, reprodução
17- Aceitabilidade do ensaio	Mínimo de 80% de sobrevivência do controle e média de no mínimo 15 jovens no controle.

5.3. Qualidade da água

5.3.1. Variáveis físicas e químicas

Nas amostras foram realizadas as leituras dos parâmetros físicos e químicos iniciais, durante os ensaios a cada troca de água nos ensaios ecotoxicológicos crônicos e ao final dos ensaios: pH, Oxigênio dissolvido e Condutividade, conforme a Tabela 9.

Os teores de amônia, fenol e Nitrogênio Total Kjeldahl foram medidos pela BIOAGRI AMBIENTAL em setembro de 2006. Para a análise de fenol foi utilizado método segundo EPA SW 846-8270C, *Semivolatile organic compounds by gás chromatography/mass spectrometry (GC/MS) (mod.) SMENN 6410B exraction liquid/liquid – GC/MS (mod.)*. Amônia: SMEWW 4500-NH₃-D- *Amônia seletive Eletrode Method*.

Nitrogênio Total Kjeldahl: SMEWW 4500- Norg –B- Mass – *Kjeldahl Method/ D- Amonia – seletive Eletrode Method.*

Foram avaliados 30 parâmetros, principalmente os parâmetros representativos de potabilidade da água como: Ag, Al, As, B, Ba, Cd, Co, Cr, Ca, Cu, Fe, Hg, K, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Se, Sn, V, Zn, F⁻; Cl⁻, NO₃²⁻, PO₄³⁻, SO₄²⁻, além do novo parâmetro de potabilidade o Sb. As amostras foram filtradas em membranas de 0,45µm, e armazenadas a 4°C até análise.

As espécies iônicas F⁻, Cl⁻, NO₃³⁻, PO₄³⁻ e SO₄²⁻ foram determinados por cromatografia de íons (CI). Os elementos Hg, Se, As, Sb, Pb e Cd foram analisados por espectrometria de absorção atômica (AA). Os elementos Pb, Cd, Sb e Se foram determinados por forno de grafita, o Hg com atomização por geração de vapor frio e o As por geração de hidreto (FURUSAWA *et al*, 2002). Os 18 elementos (Ag, Al, B, Ba, Co, Cr, Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Sn, V e Zn), foram analisados por espectrometria de emissão com fonte de plasma induzido (ICP-OES).

5.3.2. Avaliação ecotoxicológica

Para estabelecimento da metodologia e estratégia de estudo, em agosto de 2004, foi realizada uma coleta preliminar avaliando a ecotoxicidade aguda com os organismos disponíveis no laboratório: *Daphnia similis*, *Daphnia laevis*, *Ceriodaphnia silvestrii* e *Ceriodaphnia dubia*. A partir de março/05, os ensaios foram realizados com os organismos autóctones para um resultado mais próximo do esperado no ambiente: *Daphnia laevis* (ecotoxicidade aguda) e *Ceriodaphnia silvestrii* (ecotoxicidade crônica). Na ausência da *D. laevis* e *C. silvestrii* em outubro/05, foi utilizada *D. similis* e em novembro/05, março e setembro de 2006, optamos por realizar apenas o ensaio ecotoxicológico crônico com *C. silvestrii*, considerando efeito agudo nas primeiras 48 horas do ensaio. Em setembro e dezembro de 2006, foram realizados ensaios ecotoxicológicos crônicos com a alga *Pseudokirchneriella subcapitata* apenas nas amostras dos pontos a montante e jusante das ETE (006 e 008, respectivamente). As Tabelas 15, 16 e 17 apresentam o resumo das condições dos ensaios ecotoxicológicos.

Tabela 15 – Condições do ensaio ecotoxicológico agudo da água com *Daphnia similis* e *Ceriodaphnia silvestrii* (ABNT, 2004).

Parâmetros	Condições
1- Tipo de ensaio	Estático
2- Temperatura	25°C (±2) <i>Ceriodaphnia</i> ; 20°C (± 2) <i>Daphnia</i>
3- Fotoperíodo	16 horas luz
4- Recipiente do ensaio	Tubos de ensaios
6- Volume de água	10 mL ⁻¹
8- Idade dos organismos	0 dias
9- Número de organismos por réplica	5
10- Número de réplicas por tratamento	4
11- Alimentação	Sem
12- Aeração	Sem
13- Água utilizada no controle	Água de cultivo
14- Parâmetros da água	Dureza, pH, oxigênio dissolvido, condutividade
15- Duração do ensaio	48 horas
16- Parâmetro analisado	Mortalidade
17- Aceitabilidade do ensaio	Mínimo de 80% de sobrevivência do controle.

Tabela 16 – Condições de ensaio ecotoxicológico crônico de água com *Pseudokirchneriella subcapitata* (ABNT, 2004).

Parâmetros	Condições
1. Tipo de ensaio	Estático
2. Veículo para diluição	Água processada/ Meio de cultura
3. Inoculo	Em fase exponencial de crescimento
4. Número de replicatas	Quatro
5. Temperatura	23 °C a 27 °C
6. Iluminação	Contínua e maior que 4 500 lux
7. Velocidade de agitação	100 rpm a 175 rpm
8. Efeito observado	Inibição do crescimento da biomassa algácea
9. Expressão dos resultados	Tóxico e não-tóxico.

Tabela 17 – Condições do ensaio ecotoxicológico crônico de água com *Ceriodaphnia silvestrii* (ABNT, 2005).

Parâmetros	Condições
1- Tipo de ensaio	Semi-estático
2- Temperatura	25 ± 2
3- Fotoperíodo	16 horas luz
4- Recipiente do ensaio	Béquer de 30 mL ⁻¹
5- Volume de água	25 mL ⁻¹
6- Renovação da água	a cada dois dias
7- Idade dos organismos	0 dias
8- Número de organismos por réplica	1
9- Número de réplicas por tratamento	10
10- Alimentação	A cada dois dias
11- Aeração	Sem
13- Água utilizada	Água de cultivo
14- Parâmetros da água	Dureza, pH, oxigênio dissolvido, condutividade
15- Duração do ensaio	7 dias, depois de 60% do controle produzir a terceira ninhada.
16- Parâmetro analisado	Sobrevivência, reprodução
17- Aceitabilidade do ensaio	Mínimo de 80% de sobrevivência do controle e mínimo de 15 jovens produzidos por fêmea.

5.4. Cultivo e controle da qualidade dos Organismos-teste

Os cultivos foram realizados no Laboratório de Ecologia e Ecotoxicologia Aquática do Centro de Química e Meio Ambiente, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. Para controle da qualidade dos cultivos, foram realizados testes de sensibilidade à substância de referência Cloreto de Sódio. Os ensaios com as substâncias de referência devem ser realizados periodicamente como medida para garantir que o teste e as condições de teste sejam aceitáveis (EPA, 2000).

A partir dos resultados obtidos nos testes de sensibilidade, uma carta-controle foi estabelecida. Em um gráfico foram plotados os valores sucessivos dos resultados dos testes de sensibilidade de modo a verificar se os resultados estão dentro dos limites prescritos (+/- 2 desvios-padrão) (EPA, 2000; SILVA, 2005, ABNT, 2005). As cartas controle dos organismos utilizados estão no APÊNDICE A.

5.4.1. *Chironomus xanthus*

O cultivo seguiu os procedimentos descritos em SILVA (2005). As culturas de *Chironomus xanthus* foram mantidas em bandejas com fina camada de sedimento no fundo, 0,5 cm, 3 litros de água destilada reconstituída com dureza de 10mg.L⁻¹ de CaCO₃, pH 7,0 e aeração constante, em sala aclimatizada, com controle de temperatura de 25°C (± 2°) e fotoperíodo de 16 horas-luz. A manutenção foi feita em dias alternados (segundas, quartas e sextas), quando os organismos foram alimentados e a troca parcial da água realizada. As desovas, número de indivíduos e a temperatura da sala foram registrados. O cultivo das larvas foi iniciado no primeiro dia da semana. Após seis dias as larvas foram alimentadas em dias alternados (segundas, quartas e sextas). Antes das larvas se transformarem em pupa (± 14 dias), um número de no máximo vinte larvas foi transferido para a cultura nas bandejas cobertas com telas de nylon para os mosquitos não fugirem e se acasalarem. Os organismos utilizados para ensaios foram retirados dessas cubas, conforme o ínstar selecionado para a montagem do ensaio, ou seja, primeiro ínstar para os ensaios crônicos e segundo ínstar para os ensaios agudos.

O alimento foi preparado com ração para peixes TetraFin[®], na proporção 50g/L com validade de 15 dias. Para o preparo do alimento macera-se 5 gramas de ração em um cadinho de porcelana, até obter um pó fino, que foi adicionado com 100 mL⁻¹ de água destilada e mantido em geladeira. Na bandeja de cultivo foram fornecidos 5 mL⁻¹, às segundas, quartas e sextas. Nas cubas de cultivo das larvas foram fornecidos 1 à 3 mL⁻¹, também em dias alternados.

5.4.2. Água de cultivo para *Daphnia sp*, *Ceriodaphnia sp* e *Hyaella azteca*

Os organismos foram cultivados com água natural, captada no Ribeirão de Piraí, em Salto de Itu, São Paulo, SP.

Após a coleta, a água foi filtrada em rede de plâncton com malha de 45µm e ajustada a dureza para 44 mg.L⁻¹ CaCO₃ e mantida sob aeração contínua. O pH foi ajustado para 7 e o oxigênio dissolvido verificado, não devendo ser menor que 5 mg.L⁻¹. A condutividade da água também foi verificada, com o objetivo assegurar que o valor estivesse menor de 160µS/cm.

5.4.3. *Hyalella azteca*

Os organismos foram mantidos em cubas de vidro com 2 litros de água de cultivo, conforme item 5.5.1. A manutenção foi feita duas vezes por semana, sendo uma completa e outra com troca parcial da água. Na manutenção completa, contaram-se os indivíduos, os casais e os jovens, que são separados para serem submetidos aos ensaios, que requerem a idade de 7 – 14 dias. O alimento foi fornecido a cada dois dias e consistiu em ração para peixe fermentada composta e flocos de ração para peixes. As culturas foram mantidas em incubadoras, com aeração suave constante, intensidade luminosa de 500 a 1000 lux com fotoperíodo de 16 horas luz. A temperatura foi de 25°C ($\pm 2^\circ$).

5.4.4. *Ceriodaphnia silvestrii* e *Ceriodaphnia dubia*

Os organismos foram cultivados individualmente de acordo com NBR 13373 (ABNT, 2005). Para isso, cada béquer recebeu um organismo com menos de 24 horas de vida. Os organismos foram mantidos em béqueres de 30 mL⁻¹ com água de cultivo em incubadoras, com intensidade luminosa de 500 a 1000 Lux por 16 horas e sem aeração, com temperatura ente 25°C (± 2). A manutenção foi realizada em dias alternados (segunda, quarta e sexta) e a alimentação foi fornecida diariamente, que consiste em suspensão da alga e por uma suspensão de leveduras.

5.4.5. *Daphnia laevis* e *Daphnia similis*

Os cultivos foram mantidos em incubadora com temperatura de 20°C (± 2), intensidade luminosa de 500 a 1000 lux e fotoperíodo de 16 horas luz. A manutenção dos cultivos foi feita em dias alternados, onde foi realizada a troca total da água e alimento, transferindo-se apenas as adultas. As jovens com menos de 24 horas de vida foram utilizadas para ensaios. Os organismos foram mantidos em béqueres de 1 litro com 800 mL⁻¹ de água. *D. laevis* foi alimentada diariamente com suspensão da alga e por uma suspensão de leveduras. *D. similis* foi alimentada diariamente com a suspensão de algas.

5.5. Análises dos dados ecotoxicológicos

Os resultados das amostras submetidas aos diferentes ensaios ecotoxicológicos analisados para verificar a existência de diferenças estatisticamente significativas entre as estações de coleta, utilizando como controle a água de cultivo do laboratório, através de análise estatística dos dados utilizando *Tukey* para os testes de toxicidade aguda, sendo empregada a metodologia sugerida por EPA (2002) para interpretação dos resultados dos ensaios de toxicidade crônica, com o auxílio do programa computacional "TOXSTAT 3.3" (GULLEY *et al.*, 1991). ANEXO A.

5.6. Análise de componentes principais

Os dados ecotoxicológicos e de contaminação da água e sedimento, mais os valores de densidade e riqueza da comunidade bentônica de setembro de 2006 foram integrados através da análise fatorial, utilizando a análise de componentes principais como procedimento de extração. É uma técnica multivariada para explorar distribuições variáveis. Foram utilizados parâmetros ecotoxicológicos (reprodução de cladóceros e mortalidade de quironomídeos), parâmetros físicos e químicos e dados da comunidade bentônica (densidade e riqueza). As variáveis foram uniformizadas para serem tratadas com igual importância. As análises foram executadas utilizando a opção PCA do procedimento "Multivariate exploratory technics", utilizando a ferramenta do Software STATISTICA (Stat Soft, Inc., 2001; version 6) (CESAR *et al.*, 2006). As análises foram realizadas com auxílio do Prof. Dr. Denis Abessa (UNESP, São Vicente).

5.7. Aplicação da Tríade de Qualidade do Sedimento – TQS

A partir dos dados físicos e químicos, comunidade bentônica e ecotoxicidade obtidos em setembro de 2006, foi aplicada a Tríade da Qualidade de Sedimentos (TQS), de acordo com LONG & CHAPMAN (1985). Essa abordagem integrada implica uma interpretação independente de dados entre as estações de cada uma das componentes da TQS, após o qual as avaliações independentes são combinadas. Consistiu nos métodos de Tabelas de Decisão e de Diagramas de Pizza.

5.7.1. Tratamento Prévio dos dados

5.7.1.1. Contaminação química

Os dados de contaminação química obtidos para cada amostra foram comparados com os guias de qualidade de sedimento (*Sediment Quality Guidelines*) adotados pela legislação Canadense (CCME, 2001).

Foram considerados os critérios de comparação dos resultados de acordo com estudos anteriores realizados por ABESSA *et al.*(2008), proposta por FAIREY *et al.* (2001). A contaminação observada é comparada com os valores estabelecidos pelos critérios de qualidade de sedimento, considerando o número de critérios excedidos e o quanto foram excedidos. Esse método foi denominado como “Quociente de Guias de Qualidade de Sedimento” – SQGQ. As concentrações obtidas para cada contaminante foram divididas pelos valores de PEL, obtendo-se um quociente por substância considerada. O seguinte critério sugerido foi adotado:

Contaminação inexistente: valor de SQGQ entre 0 e 0.1;

Contaminação moderada: valor de SQGQ entre 0.1 e 0.25;

Contaminação forte: valor de SQGQ acima de 0.25.

5.7.1.2. Dados Ecotoxicológicos

As análises dos dados ecotoxicológicos foram de acordo com a mortalidade de *Chironomus xanthus*, como segue abaixo (CETESB, 2002):

Não tóxico: 0 a 20% de mortalidade;

Ecotoxicidade Moderada: > 20 a 50%;

Ecotoxicidade forte: > 50%.

5.7.1.3. Dados da comunidade bentônica

Os autores de trabalhos sobre a comunidade bentônica indicam que o primeiro passo para a realização dessa análise é a definição de cada índice ecológico que iria ser utilizado. Foi determinado o uso da Riqueza (S) e a razão de Tolerantes sobre a densidade total (T/DT) (CETESB, 2007).

O próximo passo foi a classificação dos valores como indicadores do grau de degradação ambiental, utilizando o índice desenvolvido pela CETESB (2007) para rios. Os critérios estão apresentados na Tabela 18.

Tabela 18. Critérios para classificação da degradação de sedimentos baseada na comunidade bentônica (CETESB, 2007).

ÍNDICES	Nível de degradação		
	Mínima	Moderada	Forte
S	> 14	6 -13	< 5
T/DT	,0,50	>0,50 - < 0,75	> 0,75

T/DT: Tolerantes sobre densidade total.

5.7.2. Diagramas da TQS

Essa abordagem reproduz resultados de fácil visualização da tríade. Após o tratamento prévio dos dados e a classificação das amostras foram produzidos os gráficos.

5.7.3. Tabelas de Decisão

Nessa tabela os resultados de cada componente da tríade foram dispostos em efeito e não efeito. Em cada coluna foi assinalado um sinal “+” no caso de haver degradação ou efeito negativo, ou sinal “-“ no caso de ausência de efeito. Dessa forma, diferentes combinações foram obtidas.

6. Resultados

6.1. Precipitação pluviométrica

Os dados de precipitação pluviométrica referem-se ao ano de 2006 e estão apresentados na Figura 11. A coleta de março foi realizada no dia 22, período em que foi medida maior precipitação.

Em setembro, a coleta foi realizada no dia 12, dia em que não choveu, mas foi antecedido por elevada pluviosidade.

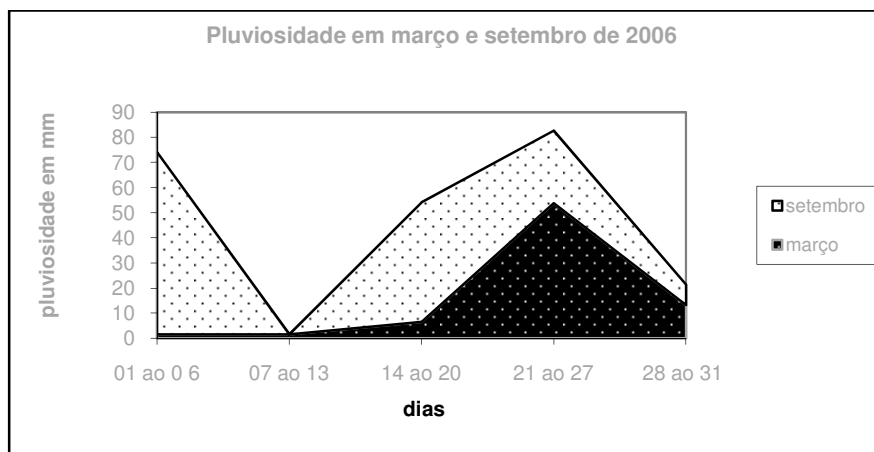


Figura 11 – Valores de precipitação pluviométrica em março e setembro de 2006.

Fonte: INMET.

6.2. Qualidade do sedimento em São Lourenço da Serra

Em março de 2006 não foi possível a coleta do sedimento no ponto SLS 003 pela dificuldade devido ao alto nível do rio nesse trecho no momento da coleta.

6.2.1. Granulometria

Os dados de granulometria do Rio São Lourenço em março e setembro de 2006 estão representados na Figura 12, em % de areia, silte e argila.

Com base nos resultados obtidos no diagrama de SHEPARD (1954) e levando em consideração as proporções de areia, silte e argila, agruparam-se os sedimentos em duas

classes granulométricas distintas: arenosa e lamo-arenosa. Em ambos os meses de coleta, de acordo com essa classificação, os pontos SLS 002, 003, 004 e 006 foram classificados como lamo-arenosos e os pontos 007 e 008 como arenosos.

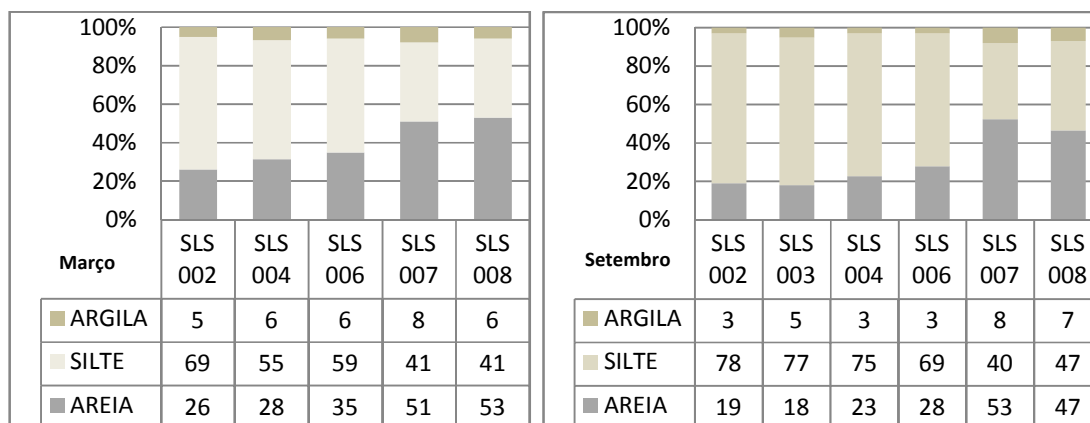


Figura 12 - Distribuição granulométrica no mês de março e setembro de 2006 (% de areia, silte e argila, segundo escala de Wentworth, nas amostras de sedimento do rio no município de São Lourenço da Serra, SP.

6.2.2. Matéria Orgânica

A porcentagem de matéria orgânica encontrada nos sedimentos do rio está representada na Figura 13. Foram analisados os sedimentos coletados em março e setembro de 2006.

Em março de 2006, os pontos relacionados à ETA apresentaram concentrações variando entre 0,39% no ponto SLS 002 e 1,37% no ponto SLS 004. Nos pontos relacionados à ETE, a menor concentração em março foi de 0,48% no ponto 008 e a maior concentração no ponto a montante do descarte, SLS 006, com 1,37%.

Em setembro, os pontos relacionados à ETA apresentaram uma variação de 0,48% no ponto 004 e 1,16% no ponto 003. O menor teor em setembro verificado nos pontos da ETE foi de 0,99% no ponto SLS 006. No ponto SLS 008, 100m jusante da ETE, apresentou a maior concentração de MO com 3,93%, seguida pelo ponto SLS 007, com 2,4% de matéria orgânica.

Os teores de matéria orgânica em setembro foram mais altos que no mês de março, observando-se um gradiente crescente desse parâmetro, assim como a granulometria neste período.

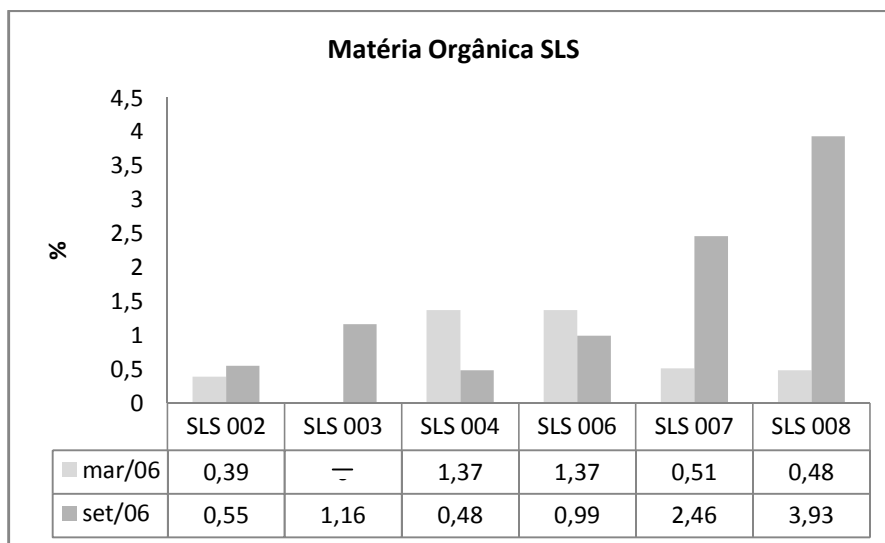


Figura 13 - Matéria Orgânica (%) nas amostras de sedimento do rio em São Lourenço da Serra, SP, em março e setembro de 2006.

6.2.3. Análises químicas por FR-X

Na Tabela 19 estão apresentados os resultados das análises químicas realizadas no sedimento do rio nas coletas realizadas em março e setembro de 2006. Os valores foram comparados entre si, com as concentrações encontradas nos pontos a montante e jusante das estações de tratamento.

6.2.3.1. ETA

Em março, os compostos CaO, P₂O₅ e ZnO apresentaram aumento significativo (100%) nas concentrações medidas a jusante do lançamento do efluente da estação de tratamento de água de São Lourenço, comparadas com as concentrações a montante. Em setembro não foram observadas alterações que pudessem ser relacionadas ao descarte do efluente. Isso evidencia que a contaminação por estes elementos não é proveniente da ETA.

6.2.3.2. ETE

Quanto às concentrações dos metais nos pontos relacionados à ETE, no mês de março, o Zinco, Cloro e o Ferro apresentaram um gradiente crescente após o descarte do efluente (Tabela 19). Em setembro, à jusante da ETE, as concentrações dos elementos Rb, Zn, Ni, Mn, P, Mg, Ti, Fe e Al, apresentaram aumento nas concentrações em relação às concentrações medidas a montante quando comparadas com as encontradas a jusante do lançamento.

Tabela 19 – Concentração de elementos analisados por FR-X no sedimento do rio São Lourenço, em São Lourenço da Serra, SP.

%	SiO ₂		AlO ₃		K ₂ O		FeO ₃		TiO ₂		MgO		CaO		P ₂ O ₅		
	ETA	mar	set	mar	set	mar	set	mar	set	mar	set	mar	set	mar	set	mar	set
SLS 002	50,9	66,5	24,1	18,9	2,3	3,5	6,0	4,8	0,9	0,75	0,87	0,74	0,31	0,79	0,34	0,47	
SLS 003	-	70,1	-	16,8	-	3,9	-	3,2	-	0,67	-	0,43	-	0,26	-	0,25	
SLS 004	52,9	64,8	26,1	19,4	2,5	3,5	8,0	4,4	1,1	0,70	0,99	0,90	0,7	0,37	0,58	0,34	
ETE																	
SLS 006	58,9	71,3	26,6	16,8	2,6	3,3	7,2	3,4	1,1	0,70	1,10	0,86	0,44	0,26	0,51	0,32	
SLS 007	42,7	39,4	27,9	28,2	1,9	2,6	8,8	9,2	1,6	1,20	1,20	1,20	0,36	0,34	0,54	0,52	
SLS 008	47,5	47,4	31,1	28,4	1,9	2,8	9,7	7,3	1,3	1,20	1,20	1,20	0,37	0,23	0,48	0,34	

µg.g ⁻¹	Na ₂ O		Cr		MnO		Cl		ZrO ₂		Ni		Zn		Rb ₂ O		SrO		SO ₃		
	ETA	mar	set	mar	set	mar	set	mar	set	mar	set	mar	set	mar	set	mar	set	mar	set	mar	set
SLS 002	1285	1779	191	208	1212	785	212	238	108	65	58	71	76	60	108	91	58	41	2019	2460	
SLS 003	-	1080	-	204	-	607	-	309	-	59	-	72	-	47	-	71	-	29	-	1626	
SLS 004	1162	1140	147	185	1915	600	334	151	111	133	0	72	151	70	129	88	41	40	1680	1260	
ETE																					
SLS 006	931	780	217	196	1214	493	231	0	86	96	72	55	114	48	130	82	45	30	2112	1147	
SLS 007	983	600	149	0	1397	960	214	254	111	94	74	89	162	167	124	128	29	29	1020	1380	
SLS 008	840	660	0	170	1200	780	317	160	110	123	99	67	162	90	141	112	36	28	960	900	

6.2.4. Análises químicas (por cromatografia e ICP) em setembro de 2006

Na Tabela 20, estão apresentados os valores obtidos a partir da análise química do sedimento coletado no mês de setembro de 2006.

6.2.4.1. ETA

Comparando-se as concentrações encontradas a montante e jusante da ETA de São Lourenço da Serra, apenas a concentração de NTK (nitrogênio orgânico), demonstrou aumento da concentração após o ponto de lançamento do efluente (ponto SLS 004). Todos os outros elementos analisados apresentaram concentrações mais altas à montante da ETA (ponto SLS 002) que a jusante (ponto SLS 004).

Dos elementos analisados em setembro de 2006 pela Bioagri, o zinco apresentou concentrações acima dos valores-guia estabelecidos pelo Projeto QUALISED (NASCIMENTO, 2004) para qualidade de sedimentos (38 mg.kg^{-1}) no ponto 002 e 004 (59 e 39 mg.kg^{-1} , respectivamente).

6.2.4.2. ETE

Comparando as concentrações dos elementos analisados nos pontos a montante e jusante da ETE (006 e 008, respectivamente), foi observado aumento nas concentrações a jusante (ponto 008), de nitrogênio amoniacal, NTK e nitrato, em relação às concentrações encontradas a montante, principalmente de nitrogênio orgânico (NTK).

Tabela 20 – Concentrações em mg.kg^{-1} dos elementos analisados no sedimento do rio São Lourenço em São Lourenço da Serra, SP., a montante e jusante da ETA e ETE em setembro de 2006 (BIOAGRI AMBIENTAL).

Ponto de coleta	Cd	Cr	Cu	Mg	Ni	Pb	Zn	Al	COT (%)	Nitrogênio amoniacal	NTK	Nitrato	Nitrito
ETA													
SLS 002	<LQ	32	21	<LQ	14	29	59	35499	4,2	439	1649	1,7	<LQ
SLS 004	<LQ	13	10	<LQ	6,3	16	39	10672	4,1	211	1995	1,7	<LQ
ETE													
SLS 006	<LQ	12	8,6	<LQ	6,1	9,4	25	15813	4,0	178	1589	1,8	<LQ
SLS 008	<LQ	<LQ	2,1	<LQ	<LQ	0,5	<LQ	463	4,0	224	10887	5,4	<LQ

<LQ: menor que limite de quantificação.

6.2.5. Estrutura da Comunidade de macroinvertebrados bentônicos

6.2.5.1. Composição das espécies

Nas coletas realizadas no presente estudo, ou seja, março e setembro de 2006, a comunidade de macroinvertebrados bentônicos esteve representada pelas seguintes taxa, conforme segue:

Quadro 1. Grupos taxonômicos encontrados nos sedimentos do Rio São Lourenço (SP).

FILO	CLASSE	ORDEM	FAMÍLIA
PLATELMINTOS	TURBELLARIA		
ASCHELMINTOS	NEMATODA		Nematoda sp 1
MOLLUSCA	BIVALVIA	VERENOIDA	Pisidiidae
ANNELIDA	OLIGOCHAETA	TUBIFICIDA	Tubificidae Opistocystidae Naididae
ARTHROPODA	INSECTA	COLEOPTERA	Ptilodactylidae
	CRUSTACEA	DECAPODA	Trichdactylidae
Sub-filo			
CHELICERATA	ARACHNIDA	HIDRACARINA	

6.2.5.2. Distribuição horizontal

A Tabela 21 apresenta a ocorrência das Famílias de macroinvertebrados bentônicos encontrados nos pontos relacionados à ETA e ETE em março e setembro de 2006. A família Tubificidae esteve presente em todos os pontos.

O resultado da análise de agrupamento pode ser observado na Figura 14.

Tabela 21 – Distribuição de macroinvertebrados bentônicos no rio São Lourenço, São Lourenço da Serra, SP

MAR/2006	ETA			ETE		
	SLS 002	SLS 003	SLS 004	SLS 006	SLS 007	SLS 008
Turbellaria	-		-	+	-	+
Nematoda_sp1	-		-	+	+	-
Pisiidae	-		-	+	-	+
Tubificidae	+		+	+	+	+
Opistocystidae	-		-	+	-	+
Hidracarídeo	-		-	+	-	-
Trichdactylidae	+		-	-	-	+
Ptilodactylidae	+		-	-	-	-
Riqueza	3	-	1	6	2	5
SET/2006						
Tubificidae	+	-	-	+	-	-
Naididae	+	-	-	-	-	+
Riqueza	2	0	0	1	0	1

- : ausência; + : presença.

6.2.5.2.1. ETA

Não foi possível aplicar a análise de similaridade nos pontos relacionados à ETA. Pela ausência dos dados no ponto SLS 003 e pelo pequeno número de organismos amostrados.

6.2.5.2.2. ETE

A Figura 14 apresenta o dendograma com o resultado da análise de cluster, utilizando o índice de *Morisita-Horn*, baseando-se na estrutura da comunidade de macroinvertebrados em março, nos trechos do rio relacionados à ETE de São Lourenço da Serra. Formaram-se dois grupos:

Em setembro não foi possível a realização das análises pelo baixo número de organismos coletados. No ponto 006, ocorreram apenas organismos da família Tubificidae; no ponto 007 não houve a presença de organismos e no ponto 008 apresentou apenas família Naidiidae.

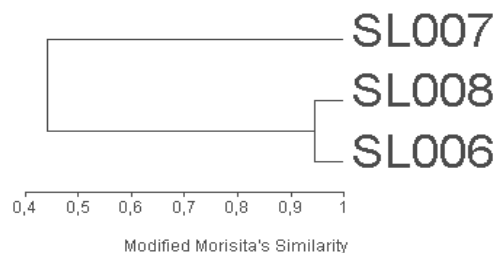


Figura 14 – Dendrograma de similaridade dos macroinvertebrados bentônicos entre os pontos SLS 006, 007 e 008 em março de 2006.

A Classe TURBELLARIA foi encontrada nos pontos SLS 006 e 008 no mês de março de 2006.

Os pontos SLS 006 e 007 apresentaram organismos da Classe NEMATODA, não sendo possível identificá-los. Estes organismos foram encontrados apenas no mês de março.

Foram encontrados organismos da família Pisidiidae nos pontos SLS 006 e 008 em março de 2006.

Organismos das Famílias Tubificidae, Opistocystidae e Naididae foram representantes dos Tubificideos. A família Tubificidae foi encontrada nas duas campanhas de coleta. Ocorreram nos pontos SLS 002, 004, 006 e 008 em março e nos pontos 002 e 004 em setembro. Opistocystidae foram encontrados em março nos pontos 006 e 008. A Família Naididae ocorreu em setembro nos pontos 002 e 008.

Os Ptilodactylidae foram encontrados em março no ponto 002.

Foram encontrados representantes da família Trichdactylidae nos pontos 002 e 008 em março.

6.2.5.3. Abundância relativa

A Figura 15 apresenta a abundância relativa (%) da comunidade de macroinvertebrados em março e setembro de 2006 nos pontos relacionados à ETA e a Figura 16 dos pontos relacionados à ETE.

6.2.5.3.1. ETA

Na coleta de março, no ponto SLS 002, à montante da ETA, a família Tubificidae apresentou maior abundância de organismos 78%, sendo registrados poucos organismos da família Naididae (17%) e apenas 5 % de Trichdactylidae. No mesmo mês, o ponto SLS 004, à jusante da ETA, apresentou 100% de Tubificidae.

Em setembro, nos pontos relacionados à ETA ocorreram organismos apenas a montante do efluente, apresentando 50% de Naididae e 50% de Tubificidae. Analisando esses resultados, nota-se que a dominância nos pontos da ETA de São Lourenço foi dos organismos da família Tubificidae.

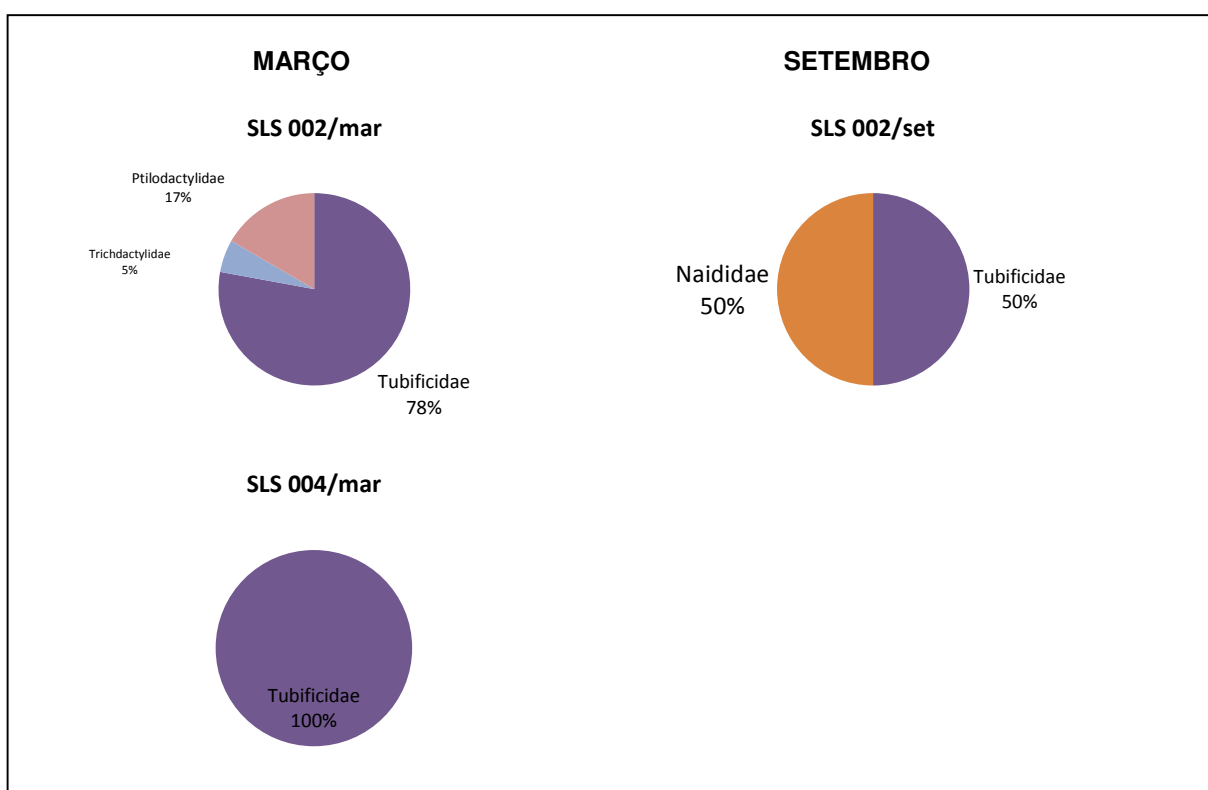


Figura 15 – Abundância em % de organismos bentônicos nos pontos relacionados à ETA de São Lourenço da Serra em março e setembro de 2006.

6.2.5.3.2. ETE

Nos pontos relacionados à ETE, no mês de março, no ponto SLS 006 a família mais abundante foi Opisthocystidae, com 44% dos organismos, seguida pelos bivalves Pisiidae (27%). A família Tubificidae representou 22% do total. No ponto SLS 007,

Tubificidae foi dominante, com 98% de abundância. No ponto SLS 008 a família Opistocystidae foi a mais abundante, apresentando 38%, seguida pelos organismos da família Tubificidae (com 32%), os Nematódeos, (14%) e Pisiidae (13%).

Em setembro, o ponto SLS 006 apresentou dominância de Tubificidae, enquanto no ponto SLS 008 Naididae foi a única família presente.

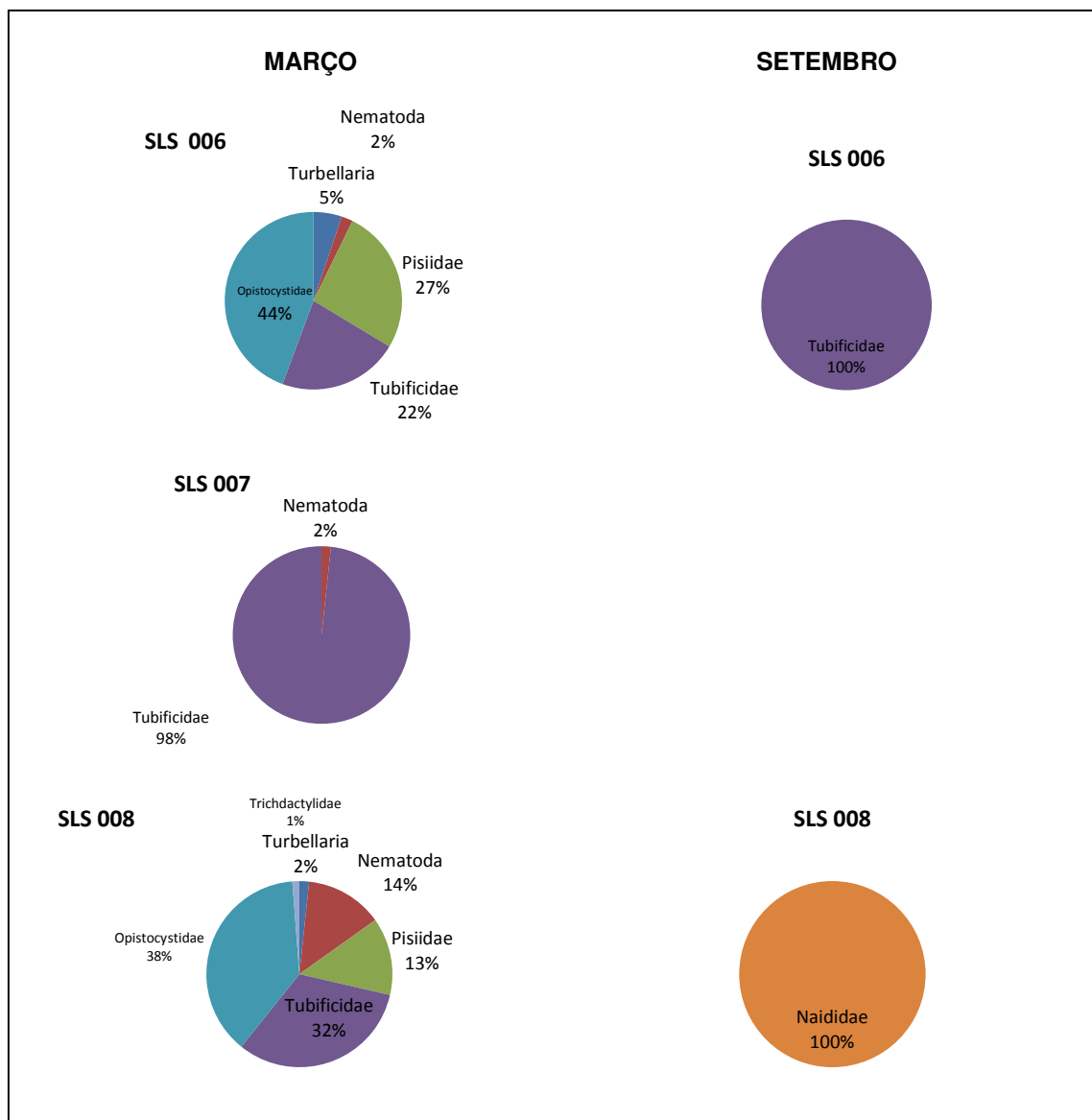


Fig. 16 – Abundância em % de organismos bentônicos nos pontos relacionados à ETE em março e setembro/2006.

6.2.5.4. Densidade

A Tabela 22 e a Figura 17 apresentam a densidade (org/m²) dos organismos bentônicos encontrados no rio São Lourenço.

Tabela 22 - Densidade de organismos bentônicos (org/m²) nos pontos ao longo do Rio São Lourenço, em São Lourenço da Serra em março e setembro de 2006.

	MARÇO (org/m ²)						Total	Total
	SLS 002	SLS 003	SLS 004	SLS 006	SLS 007	SLS 008	ETA	ETE
Turbellaria	-	-	-	55	-	44	-	99
Nematoda_sp1	-	-	-	22	11	-	-	33
Pisiidae	-	-	-	278	-	355	-	633
Tubificidae	155	-	111	233	633	844	266	1.710
Opistocystidae	-	-	-	467	-	1000	-	1.467
Hidracarídeo	-	-	-	22	-	-	-	22
Trichdactylidae	11	-	-	-	-	33	11	33
Ptilodactylidae	33	-	-	-	-	-	33	-
Total	199	-	111	1.077	644	2.276	300	8.314
SETEMBRO (org/m ²)								
Tubificidae	3	-	-	48	-	-	3	48
Naididae	3	-	-	0	-	9	3	9
Total	6	0	0	48	0	9	6	57

6.2.5.4.1. ETA

Em março, foi encontrada densidade de macroinvertebrados bentônicos maior que em setembro, com um total de 300 org/m². No ponto SLS 002, a densidade total dos organismos apresentada foi de 199 org/m². Tubificidae predominou neste ponto (montante da ETA, SLS 002) com 155 org/m². No ponto SLS 004 (jusante da ETA) a densidade total dos organismos foi de 111 org/m², sendo todos da família Tubificidae.

Na coleta de setembro, a densidade de macroinvertebrados bentônicos encontrados nos pontos relacionados à ETA foi de 6 org/m². Foram encontrados organismos apenas no ponto 002, sendo todos oligochaetas, 3 org/m² foram da família Tubificidae e 3 org/m² Naididae.

6.2.5.4.2.ETE

Em março ocorreu a maior densidade de organismos bentônicos, com 8.314 org/m² nos pontos relacionados a ETE. Em setembro foi encontrado um total de 57 org/m². Especialmente, as maiores densidades da comunidade de macrobentos foram observadas nos pontos SLS 006 e SLS 008 nas duas coletas.

As maiores densidades de Oligochaeta foram encontradas nos pontos relacionados à ETE, no ponto SLS 006 com 700 org/m² e a jusante, no ponto SLS 007 com 633 org/m² e no ponto de coleta 100m jusante do descarte da ETE, SLS 008 com 1844 org/m².

Organismos da Família Turbellaria, os únicos representantes da Classe Platelminetos, foram encontrados apenas nos pontos relacionados a ETE, SLS 006 e 008, na coleta de março. A densidade apresentada desses organismos foi de 55 org/m² no ponto SLS 006 e 44 org/m² no ponto SLS 008.

Os nematodas foram encontrados também apenas nos pontos relacionados a ETE, sendo apresentada densidade em org/m² de 22 no ponto SLS 006 e de 11 no ponto SLS 007.

O bivalve, da família Pisiidae foi encontrado apenas na coleta de março e também somente nos pontos relacionados a ETE com densidade de 278 org/m² no ponto SLS 006 e 355 org/m² no ponto SLS 008.

Para a Classe Oligochaeta foi registrada densidade total de 3.443 org/m² no mês de março e em setembro 63 org/m².

Em relação às Famílias representantes da Classe Oligochaeta presentes nos trechos do rio São Lourenço, Tubificidae predominou nos pontos SLS 002 (montante da ETA) com 155 org/m², no ponto SLS 004 (jusante da ETA) com 111 org/m²; e SLS 007 (jusante da ETE) com 633 org/m², na coleta de março, apresentando maior distribuição espacial ao longo dos trechos do rio. Em setembro, predominou no ponto SLS 006 com 48 org/m².

Organismos da Família Opisthocystidae não foram encontrados nos pontos relacionados à ETA e predominaram nos pontos SLS 006 (467 org/m²) e SLS 008 (1000 org/m²) na coleta de março. Em setembro, também não ocorreram nos pontos da ETA.

Foram encontrados apenas 3 org/m² da Família Naididae na coleta de setembro no ponto a montante da ETA, SLS 002 e predominaram no ponto SLS 008 com 9 org/m².

A Classe Insecta foi representada apenas por organismos da família Ptilodactylidae. Esses organismos ocorreram apenas na coleta de março e no ponto a montante da ETA, SLS 002, com 33 representantes.

O crustáceo decapoda Trichdactylidae, na coleta de março, apresentou 11 org/m² no ponto a montante da ETA, SLS 002; e no ponto a jusante da ETE, SLS 008, 33 org/m². Não foram encontrados nos outros pontos de coleta. Em setembro também não houve ocorrência desse organismo nas amostras coletadas.

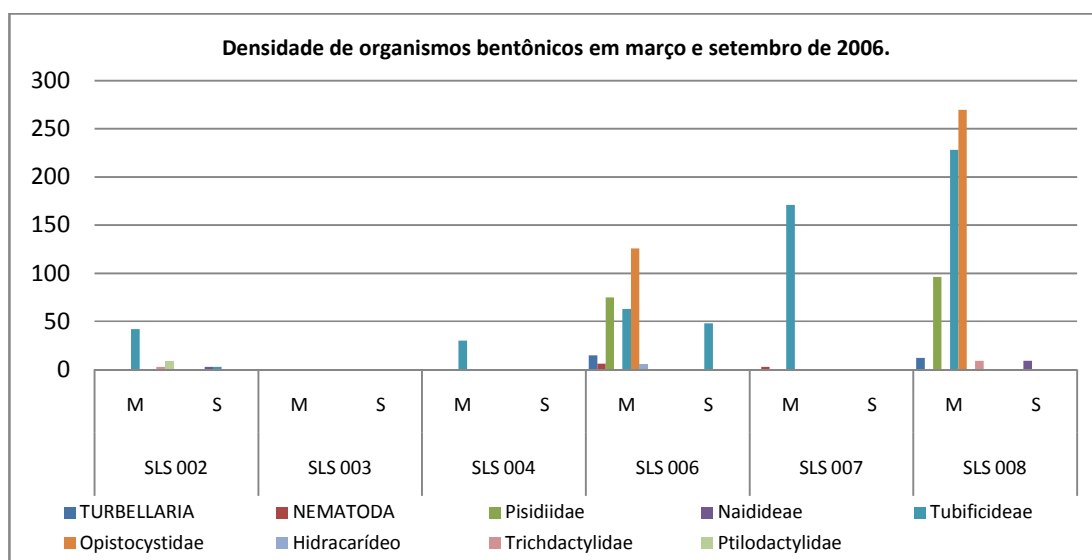


Figura 17 – Densidade de organismos bentônicos (org/m²) nos pontos ao longo do Rio São Lourenço, em São Lourenço da Serra em março e setembro de 2006.

6.2.5.5. Riqueza e T/DT

As Tabelas 23 e 24 apresentam os valores de riqueza e tolerantes sobre densidade total, calculados para a comunidade de macroinvertebrados bentônicos no período estudado.

6.2.5.5.1. ETA

A riqueza mais alta encontrada nos pontos da ETA em março foi no ponto SLS 002, com 3 taxa encontrados, e a menor no ponto SLS 004. O índice de tolerantes sobre densidade total foi de 0,78 em SLS 002 e 1 em SLS 004.

Em setembro apenas o ponto SLS 002 apresentou dois taxa encontrados e o índice T/DT foi igual a um.

Tabela 23 – Índices ecológicos (Riqueza e T/DT) calculados para as famílias de macrobentos nas estações de coleta relacionados à ETA em março e setembro de 2006.

MAR	Riqueza S	T/DT
SLS002	3	0,78
SLS004	1	1
SET		
SLS002	2	1
SLS003	0	0
SLS 004	0	0

T/DT: tolerantes/densidade total

6.2.5.5.2. ETE

Em março, no ponto 006, foram encontrados 6 taxa dos 8 encontrados em todo o estudo, apresentando a maior riqueza dentre os pontos estudados. A segunda maior riqueza foi no ponto 008, com 5 taxa. O ponto SLS 006 apresentou T/DT igual a 0,44 e o ponto SLS 008 com 0,38. O maior índice foi no ponto SLS 007 com 0,98.

Em setembro ocorreu apenas 1 taxa no ponto 006 e 008, apresentando o índice de dominância de grupos tolerantes igual a 1 nos dois pontos.

Tabela 24 – Índices ecológicos (Riqueza e T/DT) calculados para as famílias nas estações de coleta relacionados à ETE em março e setembro de 2006.

MAR	Riqueza S	T/DT
SLS006	6	0,44
SLS007	2	0,98
SLS008	5	0,38
SET		
SLS006	1	1
SLS007	0	0
SLS008	1	1

T/DT: tolerantes/densidade total

6.2.6. Avaliação ecotoxicológica

As Tabelas 25 e 26 apresentam os resultados de ecotoxicidade aguda e crônica nos pontos a montante e jusante da ETE. Nas Tabelas 27 e 28, estão apresentados os resultados a montante e jusante da ETE. As Figuras 18 e 19 ilustram os resultados de mortalidade dos ensaios de ecotoxicidade aguda e reprodução dos ensaios de ecotoxicidade crônica no período estudado.

6.2.6.1. ETA

Os efeitos ecotoxicológicos observados a jusante do lançamento do lodo e efluente da ETA durante o período de estudo, apresentaram resultados que expressaram o impacto do lançamento dos descartes no rio São Lourenço.

Foi observado efeito tóxico agudo e crônico nos pontos a jusante da ETA (003 e 004) em novembro de 2005. Em novembro de 2005 e setembro de 2006, todos os pontos apresentaram toxicidade crônica para *C.silvestrii*. Em setembro de 2006, foi constatada concentrações de zinco no sedimento acima dos valores referência utilizados.

Tabela 25 – Ecotoxicidade aguda do sedimento para *H. azteca* e *C. xanthus* nos trechos do rio a montante e a jusante da ETA de São Lourenço da Serra, SP.

ETA	<i>H. azteca</i>	<i>C. xanthus</i>	<i>H. azteca</i>	<i>C. xanthus</i>	<i>C. xanthus</i>
	jul/05	nov/05		mar/06	set/06
SLS 002	NT	NT	NT	NT	NT
SLS 003	NT	NT	T	-	NT
SLS 004	NT	NT	NT	NT	NT

NT= Não Tóxico T= Tóxico - = Não realizado

Tabela 26 – Ecotoxicidade crônica do sedimento para *C. silvestrii* nos trechos do rio a montante e a jusante da ETA de São Lourenço da Serra, SP.

ETA	mar/05	jul/05	out/05	nov/05	mar/06	set/06
SLS 002	T	NT	NT	T	T	T
SLS 003	-	T	NT	T	-	T
SLS 004	NT	NT	NT	T	NT	T

NT= Não Tóxico T= Tóxico - = Não realizado

6.2.6.2. ETE

Os efeitos ecotoxicológicos observados a jusante do lançamento do efluente da ETE durante o período de estudo, apresentaram resultados que expressaram o impacto do lançamento dos descartes no rio São Lourenço. Foi observada ecotoxicidade aguda nos pontos a jusante do lançamento (007 e 008) para os organismos testados em novembro de 2005 e março de 2006 e ecotoxicidade crônica para *C.silvestrii* em julho de 2005 e março de 2006. Em novembro e setembro, foi observado efeito tóxico crônico em todos os pontos amostrados.

Tabela 27 – Ecotoxicidade aguda do sedimento para *H. azteca* e *C. xanthus* nos trechos do rio a montante e a jusante da ETE em São Lourenço da Serra, SP.

	<i>H. azteca</i>	<i>C. xanthus</i>	<i>H. azteca</i>	<i>C. xanthus</i>	<i>C. xanthus</i>
ETE	jul/05	nov/05		mar/06	set/06
SLS 006	NT	NT	NT	NT	NT
SLS 007	NT	T	NT	T	NT
SLS 008	NT	NT	T	NT	NT
	NT= Não Tóxico		T= Tóxico	- = Não realizado	

Tabela 28 – Ecotoxicidade crônica do sedimento para *C. silvestrii* nos trechos do rio a montante e a jusante da ETE de São Lourenço da Serra, SP.

ETE	jul/05	nov/05	mar/06	set/06
SLS 006	NT	T	NT	T
SLS 007	NT	T	NT	T
SLS 008	T	T	T	T
	NT= Não Tóxico		T= Tóxico	- = Não realizado

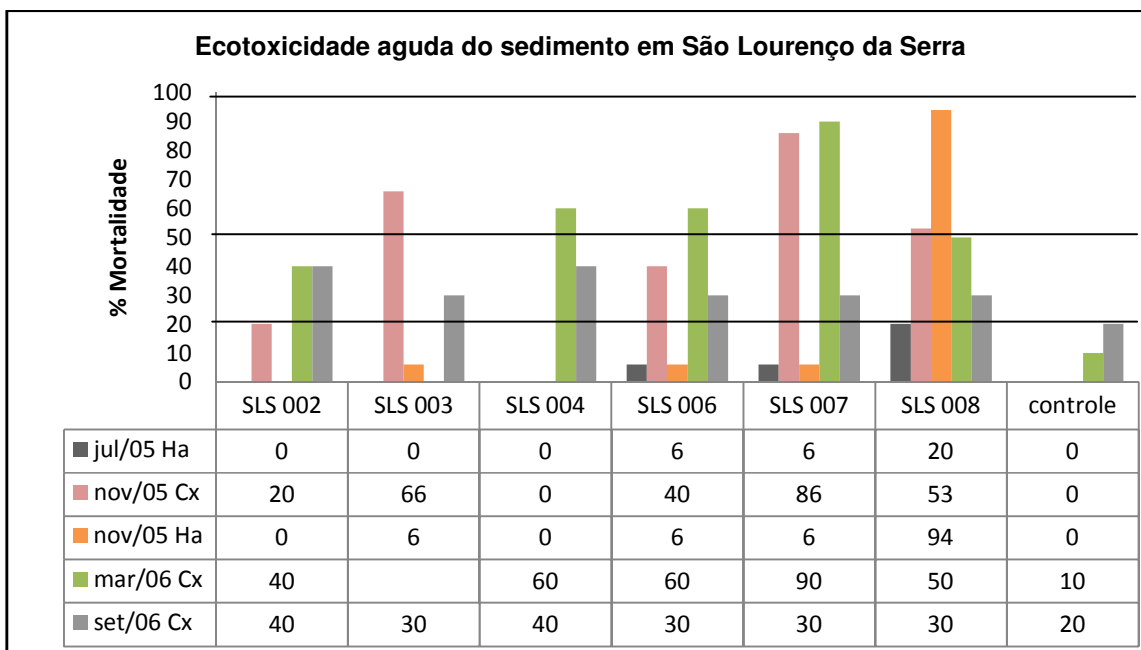


Figura 18 – Ecotoxicidade aguda do sedimento para *C. xanthus* (Cx) e *Hyalella azteca* (Ha). <20% de mortalidade: não tóxico; de 20 a 50 % de mortalidade: toxicidade moderada; >50% de mortalidade: amostra tóxica (CETESB, 2002).

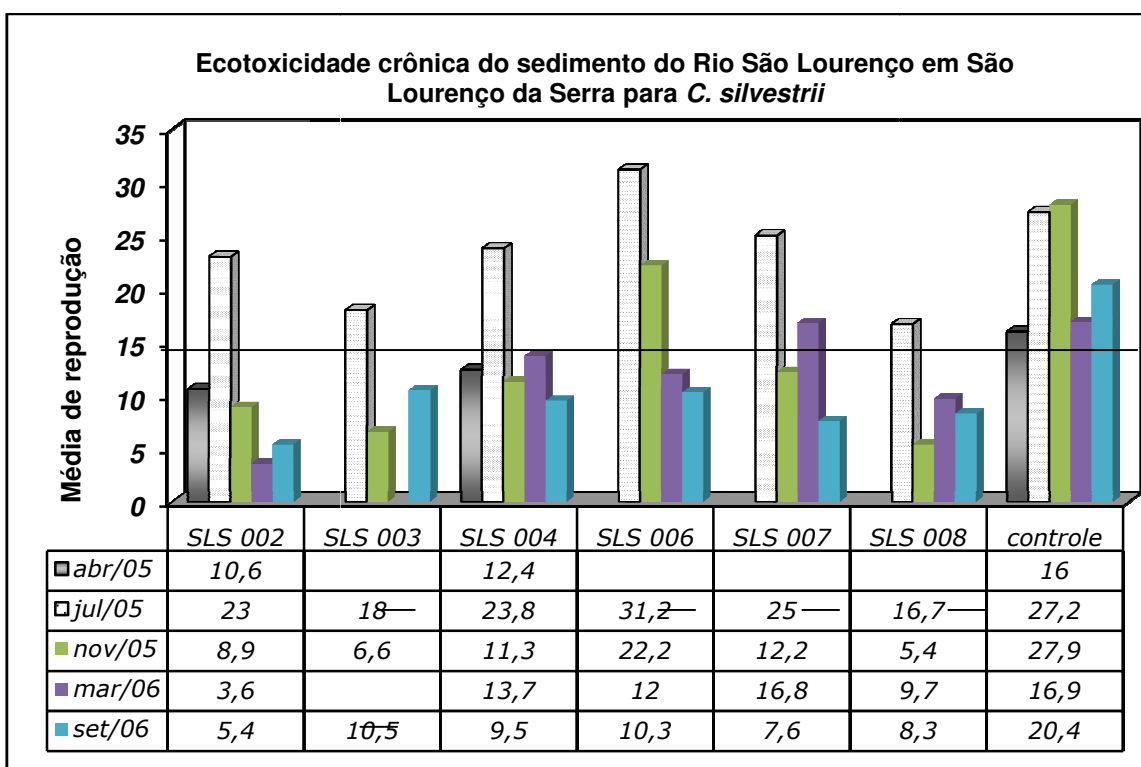


Figura 19– Ecotoxicidade crônica do sedimento para *C. silvestrii* em 2006. A linha no gráfico representa a média de reprodução esperada por fêmea (15 neonatas em 3 posturas).

6.3. Qualidade da água em São Lourenço da Serra

6.3.1. Variáveis físicas e químicas da água

Os resultados apresentados e discutidos neste item levam em consideração as alterações quanto às variáveis observadas nas amostras de água do rio, comparando a Estação de Tratamento de Água (ETA) e a Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), e as influências sazonais entre março e setembro de 2006. Comparam-se também os resultados com a Resolução CONAMA 357/05 que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água superficiais, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes para rios Classe II – a classificação do rio São Lourenço, SP. Não foi possível a determinação da vazão e da pluma de dispersão do efluente, não evidenciando a área de influência dos descartes das ETA e ETE.

Quanto aos valores de Amônia e Fenol analisados nos pontos de coleta, em ambos os meses, as concentrações estiveram abaixo de 0,1µg/L. As concentrações de NTK ficaram abaixo de 0,42 mg/L em todos os pontos nos dois meses coletados, sendo que a restrição do CONAMA 357/05 para este parâmetro é de 2 mg/L. Os laudos das análises estão no ANEXO B.

A Tabela 29 apresenta os valores da temperatura, oxigênio dissolvido, pH e condutividade das amostras de água coletadas em março e setembro de 2006 nos pontos relacionados à ETA e ETE.

Tabela 29 – Temperatura, oxigênio dissolvido e pH, condutividade e dureza da água em março e setembro de 2006, em São Lourenço da Serra, SP.

ETA	Temperatura (° C)		OD (mg.L ⁻¹)		pH		Condutividade (µS.cm ⁻¹)		Dureza (média)
	mar	set	mar	set	mar	set	mar	set	
SLS 002	15	18,4	8,4	8,0	6,4	5,9	34	45	5
SLS 003	15	18,8	8,2	7,8	6,4	5,7	36	50	8
SLS 004	15	18,9	8,2	7,5	6,6	5,6	37	50	7
ETE									
SLS 006	16	19,0	8,0	7,1	6,7	5,8	40	53	<5
SLS 007	15	19,3	7,8	7,0	6,2	6,1	45	57	5
SLS 008	15	19,1	7,8	6,6	6,4	6,0	42	67	5
CONAMA	357/05		> 6 mg.L⁻¹ O²		6,0 a 9,0				1

6.3.1.1. ETA

No mês de março, as variações de temperatura, oxigênio e pH foram mínimas ao longo dos trechos do rio, a montante e a jusante do lançamento do efluente da ETA. A temperatura permaneceu em 15° C. O oxigênio dissolvido em 8,4 mg.L⁻¹ no ponto a montante da ETA e 8,2 mg.L⁻¹ nos pontos a jusante. O pH entre 6,4 e 6,6 e a condutividade entre 34 e 37 μS.cm⁻¹ (Tabela 26).

Em setembro, a temperatura manteve-se em 18° C. O oxigênio dissolvido apresentou maior concentração no ponto a montante da ETA de 8,0 mg.L⁻¹ e a menor a jusante 100 metros do descarte, com 7,5 mg.L⁻¹. O pH entre 5,9 e 5,6, ficando abaixo dos níveis estabelecidos pelo CONAMA 357/05. Os principais interferentes antrópicos do pH são lançamentos de efluentes domésticos e industriais, que causam a acidez da água. As medidas de condutividade variaram de 45 a 50 μS.cm⁻¹ sendo que o aumento foi verificado após o lançamento do efluente.

Nota-se uma diferença entre os meses de coleta nos valores de temperatura, pH e condutividade. A temperatura em março esteve entre 15 e 16 graus e em setembro entre 18 e 19. O pH apresentou variação em março entre 6,4 a 6,6 e em setembro 5,6 a 5,9 nos pontos da ETA. A condutividade nos pontos da ETA ficou entre 34 e 37 μS.cm⁻¹ no mês de março e em setembro entre 45 e 50 μS.cm⁻¹.

6.3.1.2. ETE

Em março, a temperatura a montante foi registrada em 16°C e a jusante em 15 °C. O teor de oxigênio dissolvido apresentou valores entre 8 (montante) e 7,8mg.L⁻¹ (jusante).

Nesta coleta o pH apresentou máxima de 6,7 e mínima de 6,2 no ponto 007, levemente ácido, mas dentro dos limites estabelecidos pelo CONAMA 357. A condutividade apresentou uma variação entre 40 e 45 μS.cm⁻¹. O aumento da condutividade foi observado 10m jusante lançamento do efluente da ETE, ponto SLS 007.

Em setembro, a temperatura das amostras na coleta foi de 19° C. Os teores de oxigênio dissolvido se apresentaram entre 7,1 e 6,6 mg.L-1.

O pH esteve abaixo dos limites estabelecidos pelo CONAMA 357/05 no ponto 006 e volta a se enquadrar novamente após a ETE.

As maiores medidas de condutividade foram registradas nos pontos SLS 007 e 008, localizados a jusante do descarte do efluente da ETE. Se neste período houve aplicação de Cal, pode ter sido uma causa para o aumento da condutividade do efluente, aumentando a condutividade da água do rio.

A condutividade, assim como nos pontos da ETA, nos pontos da ETE variou em março de 40 a 52 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ e em setembro de 53 a 67 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$.

6.3.2. Análise química

Abaixo estão descritos os resultados obtidos nas amostras de água coletadas do rio São Lourenço, nos meses de outubro e novembro de 2005 e março e setembro de 2006. A Tabela 30 apresenta os valores da concentração dos elementos analisados nas amostras de água ao longo dos trechos do rio.

6.3.2.1. ETA

Em relação ao efluente da ETA, não se observa variações nas concentrações dos elementos analisados a jusante do lançamento.

Comparando-se os resultados obtidos com os limites estabelecidos pelo CONAMA 357/05, o Fe ultrapassou esse limite (0,03 mg.L) em todos os pontos em out/05, nov/05 e mar/06.

Outro elemento que apresentou concentrações maiores do que os limites estabelecidos foi o Alumínio em out/05 no ponto SLS 002 – montante da ETA; em todos os pontos em nov/05 e em mar/06.

Quanto às diferenças sazonais entre os meses de março e setembro, observam-se variações nos elementos K e Na, aumentam em setembro; e Fe e Al, diminuem em setembro.

6.3.2.2. ETE

Observando as concentrações dos elementos analisados a montante e jusante do efluente da ETE, não foram apresentadas variações nos resultados. Apenas em mar/06 o elemento Na passou de 0,8 ppm a montante da ETE para 1,4 ppm a jusante.

Foram encontradas concentrações de Alumínio acima dos limites estabelecidos pelo CONAMA 357 em todos os pontos em out/05; SLS 008 em nov/05 e

em todos os pontos em mar/06. O Fe ultrapassou os níveis estabelecidos pelo CONAMA em todos os pontos no ano de 2005 e em março 2006.

Quanto às diferenças sazonais entre os meses de março e setembro, os elementos Fe, Al e Zn apresentaram maiores concentrações no mês de mar/06. O elemento K apresentou maiores concentrações em set/06.

Tabela 30 – Concentração dos elementos analisados (ppm) das amostras de água do Rio São Lourenço no município de São Lourenço da Serra, SP.

	ETA	P	K	Ca	Fe	Ba	Al	Mn	Zn	Na	Mg
OUT/05	SLS 002	0,04	0,598	2,32	0,45	<0,0001	0,32	0,03	<0,003	2,66	0,92
	SLS 003	0,03	0,629	2,43	0,40	<0,0001	<0,03	0,03	0,004	2,91	0,93
	SLS 004	0,03	0,595	2,46	0,36	<0,0001	<0,03	0,04	0,014	2,83	0,93
NOV/05	SLS 002	0,08	0,527	2,66	0,47	0,014	0,07	0,01	<0,003	2,47	0,97
	SLS 003	0,07	0,537	2,79	0,45	0,016	0,08	0,01	0,003	2,74	0,99
	SLS 004	0,08	0,559	2,84	0,37	0,017	0,06	0,01	<0,003	2,84	1,03
MAR/06	SLS 002	<0,01	0,366	2,20	0,30	0,007	0,18	0,01	0,004	0,41	0,70
	SLS 003	0,01	0,367	2,16	0,29	0,006	0,17	0,01	0,007	0,42	0,69
	SLS 004	0,03	0,386	2,17	0,31	0,010	0,20	0,01	0,014	0,46	0,68
SET/06	SLS 002	<0,02	0,795	1,97	0,22	0,016	0,01	0,02	<0,001	0,73	0,67
	SLS 003	<0,02	0,811	2,07	0,20	0,016	0,01	0,02	0,002	0,78	0,72
	SLS 004	<0,02	0,801	2,05	0,18	0,016	0,01	0,02	0,001	0,78	0,74
ETE											
OUT/05	SLS 006	0,05	0,597	2,75	0,40	<0,0001	0,37	0,08	0,005	2,88	1,01
	SLS 007	0,07	0,679	2,91	0,40	<0,0001	0,33	0,11	0,007	3,81	1,06
	SLS 008	0,07	0,693	2,89	0,40	<0,0001	0,37	0,12	0,009	3,86	1,05
NOV/05	SLS 006	0,09	0,573	3,04	0,36	0,018	0,07	0,04	0,007	3,09	1,08
	SLS 007	0,12	0,661	3,19	0,50	0,018	0,08	0,05	0,007	3,50	1,11
	SLS 008	0,01	0,575	3,20	0,56	0,018	0,10	0,05	0,005	3,17	1,12
MAR/06	SLS 006	0,01	0,475	2,42	0,33	0,010	0,18	0,02	0,011	0,80	0,71
	SLS 007	0,04	0,565	2,85	0,37	0,011	0,18	0,02	0,010	1,41	0,77
	SLS 008	0,04	0,518	2,90	0,48	0,011	0,24	0,02	0,010	1,11	0,78
SET/06	SLS 006	<0,02	0,903	2,25	0,16	0,018	0,01	0,03	<0,001	0,90	0,76
	SLS 007	0,05	1,060	2,41	0,26	0,020	0,01	0,04	0,003	1,03	0,81
	SLS 008	0,05	1,030	2,38	0,17	0,019	0,01	0,03	<0,001	1,01	0,78
CONAMA	357/05	0,10	-	-	0,30	0,700	0,10	0,11	0,180	-	-

Os valores em vermelho ultrapassaram os limites estabelecidos no CONAMA 357/05.

6.3.3. Avaliação ecotoxicológica

Neste item estão apresentados os resultados obtidos a partir dos ensaios ecotoxicológicos das amostras de água coletadas no Rio São Lourenço durante 2004, 2005 e 2006.

6.3.3.1. ETA

Nos resultados dos ensaios ecotoxicológicos da água apresentados na Tabela 31, não foi apresentada ecotoxicidade aguda nos pontos a montante do lançamento da ETA. Verificou-se toxicidade aguda a jusante do lançamento do efluente da ETA, nos pontos SLS 003 e SLS 004 em agosto de 2004. Na Figura 20 estão apresentados os resultados de mortalidade dos ensaios realizados.

Quanto à toxicidade crônica, conforme apresentado na Tabela 32, foi observada ecotoxicidade a jusante do lançamento, nos pontos SLS 003 (setembro de 2006) e SLS 004 (julho de 2005). Na Figura 21 está apresentada a reprodução obtida nos ensaios de ecotoxicidade crônica da água durante o período de estudo.

Tabela 31 – Ecotoxicidade aguda da água a montante e jusante da ETA de São Lourenço da Serra, SP.

ETA	ago/04 <i>Cd</i>	mar/05 <i>DI</i>	jul/05 <i>Cs</i>	out/05 <i>Ds</i>	nov/05 <i>Cs</i>
SLS 002	NT	NT	NT	NT	NT
SLS 003	T	NT	NT	NT	NT
SLS 004	NT	NT	NT	NT	NT

NT= Não Tóxico; T= Tóxico; - = Não realizado.

Tabela 32 – Ecotoxicidade crônica da água com *Ceriodaphnia silvestrii* a montante e jusante da ETA de São Lourenço da Serra, SP.

ETA	mar/05 <i>C. s.</i>	mar/06 <i>C. s.</i>	set/06 <i>C. s.</i>
SLS 002	NT	NT	NT
SLS 003	NT	NT	T
SLS 004	NT	NT	T

NT= Não Tóxico;

T= Tóxico.

6.3.3.2. ETE

Já os pontos relacionados à ETE (Tabelas 33 e 34), não apresentaram toxicidade aos organismos testados, com exceção das algas em dezembro de 2006 no ponto SLS 008.

A Figura 21 apresenta os resultados de reprodução dos ensaios de ecotoxicidade crônica realizados em março e setembro/06.

Nos ensaios realizados com a alga *Pseudokeirchneriella subcapitata*, em setembro, o crescimento da biomassa relativa das algas em relação ao controle foi de 231% no ponto a montante da ETE e 213% a jusante (Tabela 35). Esse resultado mostra que o efluente da ETE não é o único fator que influencia as condições de eutrofização do rio São Lourenço nesse trecho, já que o mesmo resultado foi apresentado na amostra à montante do efluente da ETE. Em março de 2005 foi constatada toxicidade aguda do efluente da ETE para *Daphnia laevis*.

Tabela 33 – Ecotoxicidade aguda da água a montante e jusante da ETE de São Lourenço da Serra, SP.

ETE	mar/05	jul/05	out/05	nov/05
	<i>DI</i>	<i>Cs</i>	<i>Ds</i>	<i>Cs</i>
SLS 006	NT	NT	NT	NT
SLS 007	NT	NT	NT	NT
SLS 008	NT	NT	NT	NT

NT= Não Tóxico.

Tabela 34 – Ecotoxicidade crônica da água com *Ceriodaphnia silvestrii* e *Pseudokeirchneriella subcapitata* a montante e jusante da ETE de São Lourenço da Serra, SP.

ETE	mar/06	set/06		dez/06
	<i>C. s.</i>	<i>C. s.</i>	<i>P. s.</i>	<i>P. s.</i>
SLS 006	NT	NT	NT	NT
SLS 007	NT	NT	-	-
SLS 008	NT	NT	NT	T

NT= Não Tóxico; T= Tóxico; - = Não realizado.

Tab. 35 – Ecotoxicidade da água a montante e a jusante da ETE de São Lourenço da Serra com a alga *Pseudokeirchneriella subcapitata*.

Amostra	set/06		dez/06	
	Biomassa relativa % (em relação ao controle)	Resultado	Biomassa relativa % (em relação ao controle)	Resultado
SLS 006	231	NT	114	NT
SLS 008	213	NT	52	T

NT= Não Tóxico; T= Tóxico;

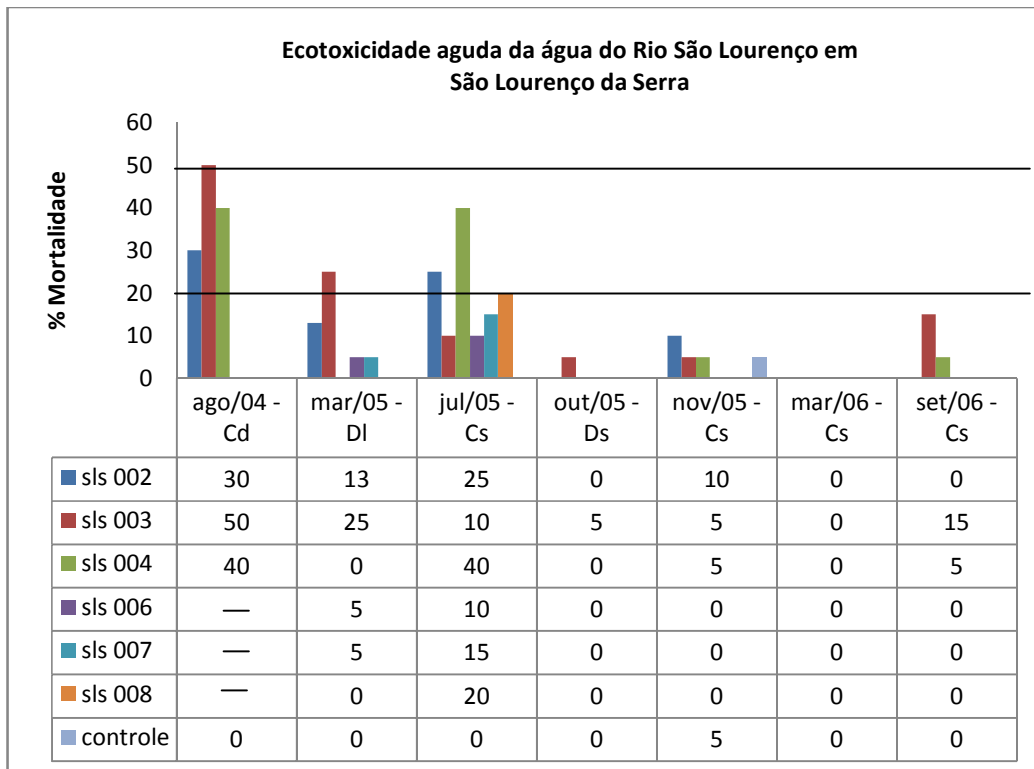


Figura 20 - Ecotoxicidade aguda da água para *C. dubia* (Cd); *Daphnia laevis* (DI); *C. silvestrii* (Cs) e *Daphnia similis* (Ds), expressa em porcentagem de mortalidade por amostra.

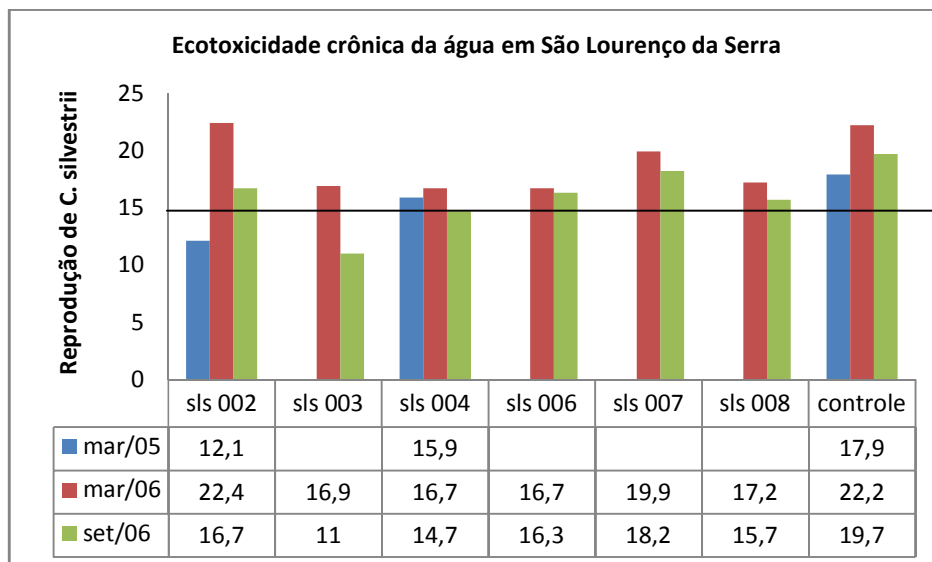


Figura 21 - Ecotoxicidade crônica da água para *C. silvestrii* expressa em média de neonatas por amostra. A linha no gráfico representa a média de fecundidade esperada por fêmea (15 neonatas e 3 posturas).

6.4. Análise integrada dos resultados da coleta de setembro de 2006

Foram utilizados para esta análise os dados dos ensaios ecotoxicológicos da água e sedimento, análises químicas realizadas pela BIOAGRI e densidade e riqueza da comunidade bentônica.

6.4.1. Análise dos componentes principais (PCA) e análise fatorial

Os 3 primeiros eixos explicaram 100% das variâncias (Tabela 36).

Tabela 36 – Eixos e valores de variâncias da análise fatorial.

	<i>Eigenvalue</i>	<i>Proportion</i>	<i>Cumulative</i>
1	24,88284	71,094	71,094
2	5,34416	15,269	86,363
3	4,773	13,637	100

Em seguida, foi feita a análise das relações entre cada ponto de amostragem e os fatores (utilizando os *scores* da PCA Fatorial), conforme Tabela 37 e Figura 22.

Tabela 37 – Relação entre os pontos de amostragem e os fatores da análise fatorial.

Pontos (variáveis)	Fator 1	Fator 2	Fator 3
SLS 002	-3,05136	-3,6737	-0,04118
SLS 004	-1,97856	-2,27616	-1,05527
SLS 006	-1,41877	-3,57582	0,61231
SLS 008	2,11938	-3,83981	-2,20678

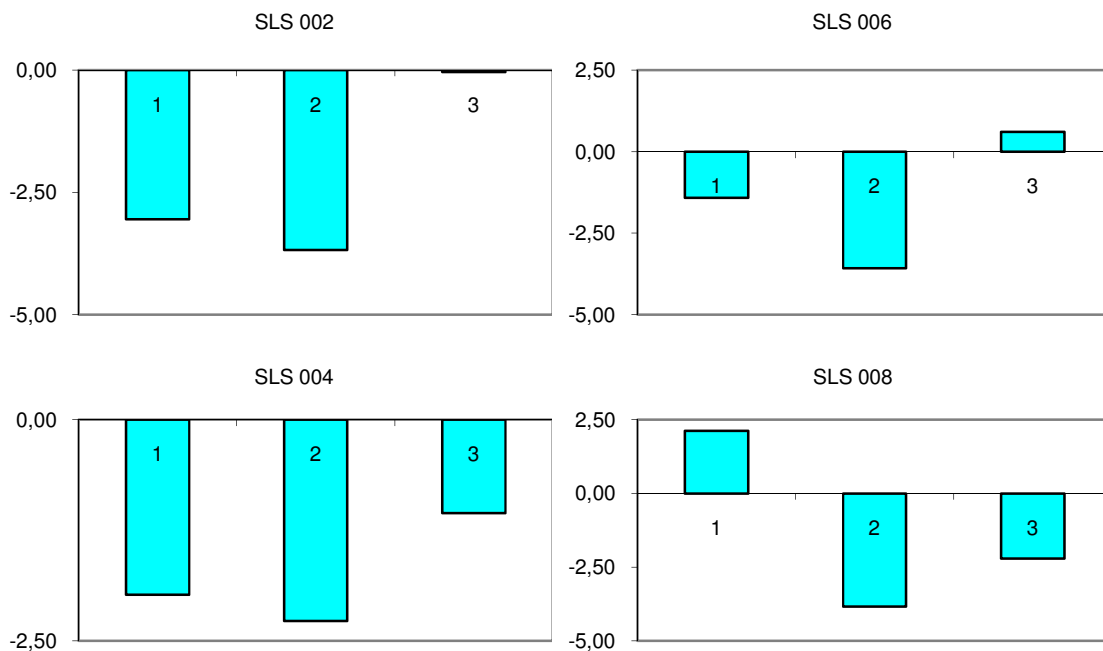


Figura 22– Resultados estimados para cada ponto de coleta em set/2006. Os resultados dos fatores quantificam a influência de cada componente (contaminante) na toxicidade em cada ponto de coleta e foram usados para confirmar a descrição dos fatores.

As estações SLS 002 e SLS 004 associaram fortemente, de forma negativa, com os fatores 1 e 2, e de forma fraca e negativa com o fator 3. Já SLS 006 associou-se negativamente com os eixos 1 e 2, e positivamente com o eixo 3. SLS 008 associou negativamente com os eixos 2 e 3, e positivamente com o eixo 1 (Tabela 38).

No entanto, a análise das variáveis mostrou que apenas a riqueza de espécies correlacionou negativamente com o eixo 2. Esse eixo apresentou uma correlação muito fraca com toxicidade de água, pH, além da riqueza. Isso sugere que a qualidade da água no local pode estar afetando o bentos. Correlações muito fracas foram observadas entre o eixo 3 e o teor de sulfato na água (negativa) e a densidade (positiva). Embora essas correlações sejam muito fracas, elas podem sugerir que o aumento de sulfatos pode ter alguma conexão (direta ou indireta) sobre a densidade de organismos bentônicos. Porém, elas não explicam de forma satisfatória os dados.

Não foi possível associar seguramente a distribuição dos 4 pontos das variáveis medidas.

Tabela 38 – Análise das variáveis

	Fator 1	Fator 2	Fator 3
<i>C_silvestrii</i> sed	0,09144	0,3192	0,22768
<i>C_xanthus</i> sed	-0,16539	0,07741	-0,24536
<i>C_silvestrii</i> _H ₂ O	-0,03845	-0,38839	0,18141
Cond_ H ₂ O	0,19992	0,00341	-0,03366
OD_ H ₂ O	-0,19739	-0,0413	-0,06687
pH_ H ₂ O	0,0968	-0,37694	-0,03969
temp_ H ₂ O	0,16796	0,20901	0,11628
K_ H ₂ O	0,1949	-0,09326	0,04172
Ca_ H ₂ O	0,193	-0,0164	0,12258
Fe_ H ₂ O	-0,13973	-0,24394	-0,20273
Ba_ H ₂ O	0,18694	-0,09492	0,13126
Al_ H ₂ O	0,12867	-0,24891	0,23203
Mn_ H ₂ O	0,15338	0,00044	0,29474
Na_ H ₂ O	0,19627	-0,03196	0,08682
Mg_ H ₂ O	0,18855	0,10038	0,11353
cloreto_ H ₂ O	0,19925	0,03961	-0,02812
nitrato_ H ₂ O	0,16797	0,02599	-0,24834
sulfato_ H ₂ O	0,14008	0,05086	-0,32299
NTK_ H ₂ O	0,17096	0,10651	-0,2108
Mat_Org	0,18987	-0,1218	-0,07048
areia	0,20012	-0,02138	-0,01511
silte	-0,19385	0,07855	0,08182
lama	0,17893	-0,10603	-0,17325
Cr	-0,19682	-0,0211	0,08399
Cu	-0,19839	-0,04563	0,04469
Ni	-0,19544	-0,00624	0,10172
Pb	-0,19882	0,03089	0,04875
Zn	-0,19453	0,06197	0,08901
Al	-0,18916	-0,00482	0,15149
COT	-0,17058	-0,10652	-0,21241
N_amoniacal	-0,11413	-0,28607	-0,22355
NTK	0,17687	-0,06881	-0,2028
Nitrato	0,18185	-0,10674	-0,15607
Riqueza S	-0,01796	-0,426	0,06809
Densidade	0,06111	-0,23705	0,35656

6.4.2. Análise de agrupamento

A semelhança entre SLS 002, SLS 006 e SLS 004 foi mais uma vez ressaltada pela análise de agrupamento (Bray Curtis, WPGMA), conforme Figura 23.

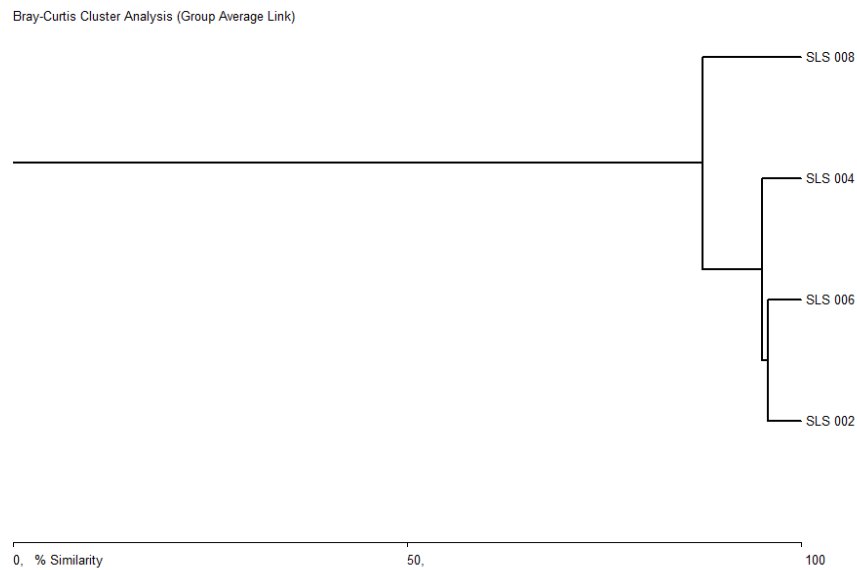


Figura 23 – Dendrograma resultante da análise de agrupamento

6.4.3. Aplicação da Tríade de Qualidade do Sedimento

6.4.3.1. Contaminação química

Nenhum dos pontos coletados apresentou contaminação química, considerando o quociente de excedências de PEL, conforme ilustrado na Figura 24.

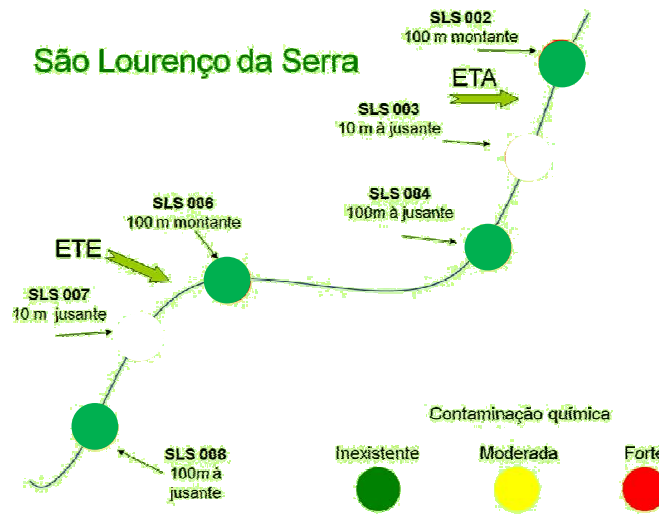


Figura 24 - Qualidade do sedimento do rio São Lourenço em São Lourenço da Serra baseado no quociente de excedências de PEL em set/06.

6.4.3.2. Dados ecotoxicológicos

A análise dos dados ecotoxicológicos está ilustrada na Figura 25.

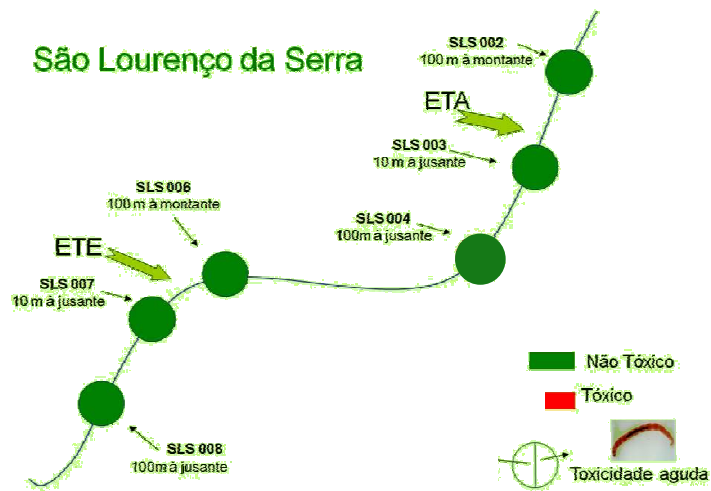


Figura 25 – Expressão gráfica dos resultados obtidos nos testes de toxicidade do sedimento do Rio São Lourenço em set/06.

6.4.3.3. Dados ecológicos

Para a análise integrada dos índices ecológicos foi considerado os índices de riqueza e dominância. A interpretação dos dados pode ser visualizada na Figura 26.

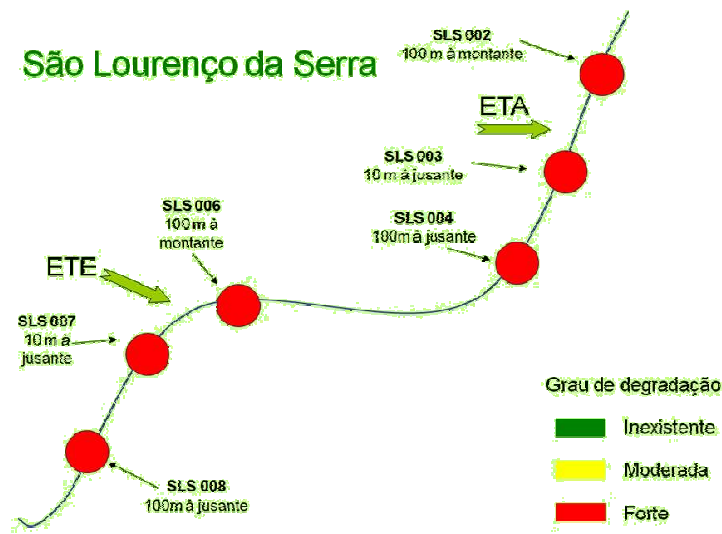


Figura 26- Qualidade do sedimento baseada nos índices ecológicos.

6.4.3.4. Integração dos resultados

Após a obtenção de diagramas para cada componente da TQS, foram colocados todos os resultados em uma única figura. Quando considerado os resultados combinados, ilustrados na Figura 32, nota-se um grau de degradação em todos os pontos.

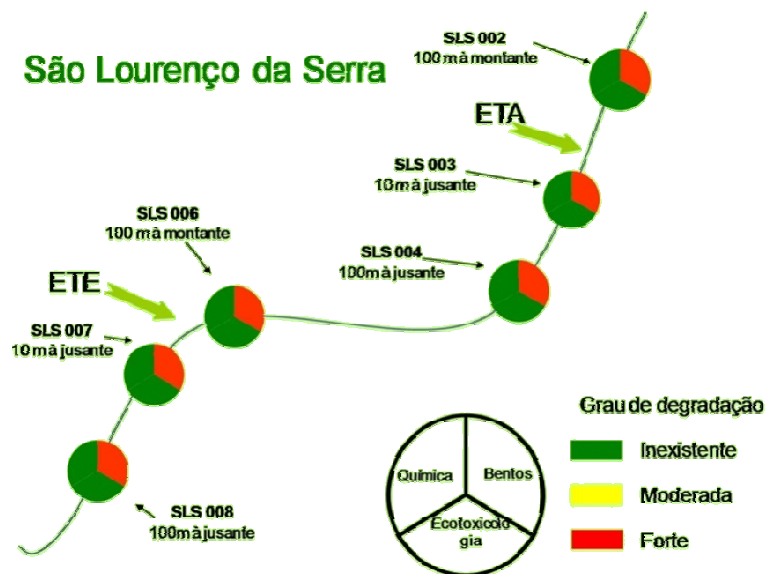


Figura 27 – Qualidade do sedimento do Rio São Lourenço em set/06, com base na Triade de Qualidade de Sedimento.

6.4.4. Tabela de Decisão

Após a análise dos dados separadamente, os resultados foram compilados em uma tabela, baseada na “Tríade de Qualidade de Sedimento” proposta por Chapman, 1990 (Tabela 39).

Tabela 39 – Inferência baseada na TQS em setembro de 2006 (Chapman, 1990).

Ponto de coleta	Contaminação química	Toxicidade	Alteração na comunidade bentônica	Possível conclusão
SLS 002	–	–	+	Alterações não são devidas à presença de tóxicos no meio, podendo ser efeito de interações entre espécies e ou outros fatores.
SLS 004	–	–	+	Idem
SLS 006	–	–	+	Idem
SLS 008	–	–	+	Idem

6.5. Qualidade do sedimento em Juquitiba, SP.

Na coleta em setembro de 2006, observamos nos pontos 002 e 004 vestígios de extração de areia (os equipamentos utilizados estavam na margem do rio). Em setembro não foi possível a coleta de organismos bentônicos do ponto JQT 007 devido à dificuldade de coleta do sedimento neste ponto.

6.5.1. Granulometria

Os dados de granulometria nos meses de março e setembro de 2006 estão apresentados na Figura 28 em porcentagens de areia, silte e argila.

Com base nos resultados obtidos no diagrama de SHEPARD (1954) levando em consideração as proporções de areia, silte e argila, agruparam-se os sedimentos em três classes granulométricas distintas: arenosa, lamo-arenosa e lamosa.

No mês de março, de acordo com essa classificação, todos os pontos foram considerados lamo-arenosos, ou seja, com menos de 45% de areia.

Em setembro, os pontos JQT 002, 006 e 007, foram considerados lamo-arenosos; os pontos 003 e 004 lamosos (de 4 a 10% de areia, provavelmente efeitos da extração de areia) e o ponto JQT 008 foi classificado como arenoso (mais que 50% de areia).

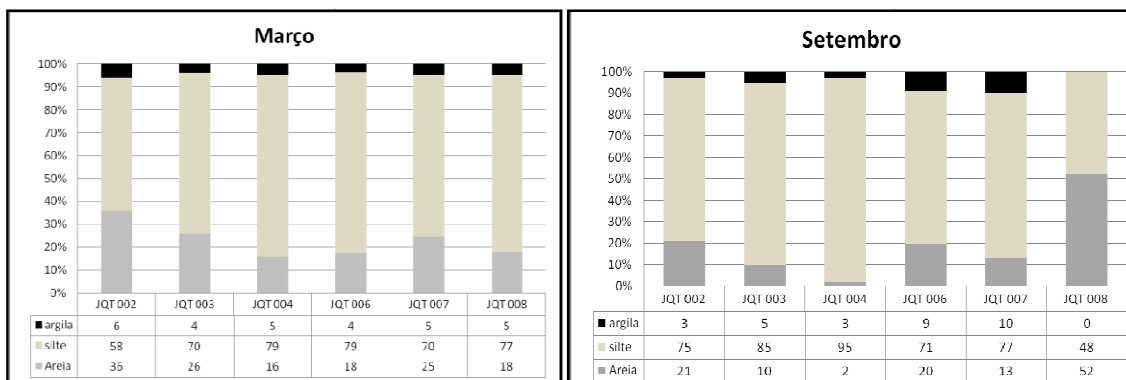


Figura 28 - Distribuição granulométrica no mês de março e setembro (%) de areia, silte e argila, segundo escala de Wentworth, nas amostras de sedimento do rio no município de Juquitiba, SP.

6.5.2. Matéria orgânica

Os teores de matéria orgânica no sedimento do rio São Lourenço em Juquitiba estão apresentados na Figura 29.

Em março, nos pontos relacionados à ETA, apresentaram concentrações entre 1,3% (JQT 002) e 0,8% (JQT 004). Nos pontos relacionados à ETE, as concentrações de matéria orgânica variaram de 1,3 (jusante da ETE, 007) e 0,2 (ponto 008).

A maior concentração de matéria orgânica encontrada no sedimento foi no mês de setembro no ponto a 100m jusante da ETA, JQT 004, com 1,8%. A menor concentração neste mês foi de 0,2% nos pontos 002 e 006. Os resultados apresentaram diferenças entre os meses de coleta, principalmente no ponto 002.

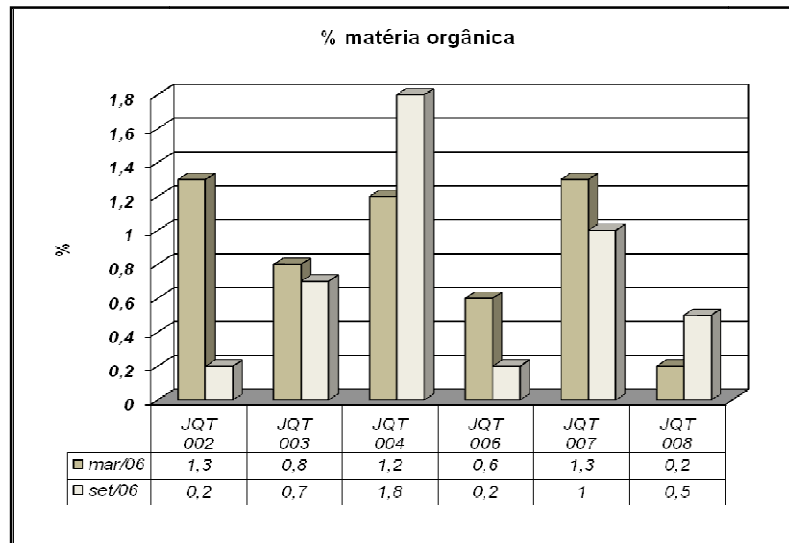


Figura 29 - Matéria Orgânica (%) nas amostras de sedimento do rio em Juquitiba em março e setembro de 2006.

6.5.3. Análises químicas por FR-X

Na Tabela 40, estão as concentrações dos elementos analisados nas amostras de sedimento coletadas em março e setembro de 2006.

6.5.3.1. ETA

Nos valores dos elementos obtidos nos pontos relacionados à ETA, no mês de março, que apresentaram aumento após o descarte do efluente, foi o composto SiO_2 , passando de 67% para 76% a jusante do descarte. Em setembro, os compostos AlO_3 , Sr e MnO apresentaram gradiente crescente na concentração após o lançamento do efluente da ETA.

6.5.3.2. ETE

Os resultados das análises de metais nos pontos a montante e jusante da ETE, demonstraram no mês de março, aumento na concentração dos compostos CaO, MnO, Cr e SrO a jusante, mostrando uma provável influência deste efluente no sedimento do rio. Foram observadas diferenças nos meses de coleta quanto aos valores das concentrações de metais, principalmente nos compostos K_2O (aumento em setembro) e Cl (concentração mais baixa em setembro).

Tabela 40 – Concentração de elementos (% e ug.g⁻¹) analisados por FR-X no sedimento do rio São Lourenço, em Juquitiba, SP.

% ETA	SiO ₂		AlO ₃		K ₂ O		FeO ₃		TiO ₂		MgO		CaO		P ₂ O ₅		Na ₂ O		
	mar	set	mar	set	mar	set	mar	set	mar	set	mar	set	mar	set	mar	set	mar	set	
JQT 002	67,4	77,4	15,8	12,8	1,8	2,7	2,7	2,0	0,56	0,47	0,41	0,40	0,17	0,26	0,31	0,23	0,14	0,15	
JQT 003	76,2	76,5	14,8	13,4	1,9	3,0	2,6	3,0	0,57	0,49	0,38	0,42	0,18	0,20	0,30	0,23	0,13	0,14	
JQT 004	78,1	62,7	13,8	20,5	1,8	2,3	2,0	3,6	0,55	0,69	0,38	0,51	0,16	0,19	0,24	0,30	0,11	0,14	
ETE																			
JQT 006	70,4	81,6	16,6	11,3	2,2	2,6	2,8	1,6	0,50	0,57	0,45	0,34	0,29	0,25	0,30	0,19	0,14	0,12	
JQT 007	76,1	75,2	14,8	13,9	1,8	2,2	2,5	2,2	0,53	0,56	0,42	0,40	0,22	0,18	0,27	0,19	0,11	0,14	
JQT 008	61,6	77,6	14,9	12,6	1,6	2,8	2,5	2,3	0,45	0,46	0,47	0,37	0,65	0,34	0,28	0,29	0,17	0,35	
ug.g ⁻¹ ETA	Cr		MnO		Cl		ZrO ₂		Ni		Zn		Rb ₂ O		SrO		SO ₃		
	mar	set	mar	set	mar	set	mar	set	mar	set	mar	set	mar	set	mar	set	mar	set	
JQT 002	220	200	672	307	311	194	67	74	56	54	71	38	57	42	21	<20	983	960	
JQT 003	0	182	423	528	228	0	86	35	68	64	58	0	56	57	20	22	972	1159	
JQT 004	197	196	373	840	218	175	101	101	48	65	42	53	52	53	<20	0	758	900	
ETE																			
JQT 006	202	235	538	284	172	0	60	72	67	70	49	0	64	40	<20	<20	900	757	
JQT 007	554	166	903	256	0	0	240	70	57	66	47	49	50	51	22	<20	810	0,11	
JQT 008	142	194	291	355	126	0	40	56	44	66	42	36	53	68	31	42	836	919	

6.5.4. Análises químicas (por cromatografia e ICP) em setembro de 2006

Na Tabela 41, estão apresentados os valores obtidos a partir da análise do sedimento no mês de setembro de 2006 (ANEXO B).

Os níveis dos elementos analisados foram baixos quando comparados aos valores guia de referência utilizados nesse trabalho.

Quanto aos níveis de alumínio, antes e depois do descarte da ETA de Juquitiba, que utiliza o sulfato de alumínio no tratamento da água, a concentração aumentou de 6735 mg.kg⁻¹ a montante para 10000 mg.kg⁻¹ a jusante do descarte do efluente da ETA. O Cr e Cu também apresentaram aumento na concentração após o lançamento do efluente. A concentração de Cr a montante detectada nas análises foi de 5,2 mg.kg⁻¹ e a jusante de 7 mg.kg⁻¹ e o Cu a montante apresentou a concentração de 4,7 mg.kg⁻¹ e 7,5 mg.kg⁻¹ a jusante do lançamento da ETA.

Em relação à ETE, comparando-se os níveis dos elementos analisados a montante e jusante, o nível da concentração da maioria dos elementos analisados baixou após o lançamento do descarte do efluente.

Tabela 41 – Concentrações em mg.kg⁻¹ dos elementos analisados no sedimento do rio São Lourenço em Juquitiba, SP, a montante e jusante da ETA e ETE em setembro de 2006 (BIOAGRI AMBIENTAL).

	Cd	Cr	Cu	Mg	Ni	Pb	Zn	Al	COT (%)	N amoniacal	NTK	Nitrato	Nitrito
ETA													
JQT 002	<LQ	5,2	4,7	<LQ	5,8	5,4	14	6735	3,8	237	1952	3,9	<LQ
JQT 004	<LQ	7,0	7,5	<LQ	5,2	7,3	17	10000	3,8	250	1687	1,1	<LQ
ETE													
JQT 006	<LQ	6,7	5,2	<LQ	4,4	5,5	15	6954	3,7	248	1787	7,3	<LQ
JQT 008	<LQ	<LQ	1,9	<LQ	0,8	3,7	7,5	402	4,1	222	1262	8,2	<LQ

<LQ: menor que limite de quantificação.

6.5.5. Estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos

6.5.5.1. Composição das espécies

A comunidade de macroinvertebrados bentônicos do Rio São Lourenço no município de Juitiba foi constituída por 11 taxa identificados até o nível de família em março e setembro de 2006, apresentados abaixo:

Quadro 2. Grupos taxonômicos coletados no Rio São Lourenço, na região do Município de Juitiba, no ano de 2006.

FILO	CLASSE	ORDEM	FAMÍLIA
ASCHELMINTOS	NEMATODA		Nematoda sp1
MOLLUSCA	BIVALVIA	VENEROIDA	Curbiculidae
		Pisidiidae	
ANNELIDA	OLIGOCHAETA	TUBIFICIDA	Tubificidae
	HIRUDINEA		Glossiphonidae
ARTHROPODA	INSECTA	DIPTERA	Chironomidae
			Ortocladinae
			Ceratopogonidae
			Chironominae
			(sub-família)
			Tanypodinae
			(sub-família)
CRUSTACEA	DECAPODA		Trichdactylidae
	Sub-filo		
	CHELICERATA	ARACHNIDA	HIDRACARINA

6.5.5.2. Distribuição horizontal

A Tabela 42 apresenta a distribuição horizontal em relação à ocorrência dos organismos bentônicos ao longo do rio nos trechos amostrados.

Os resultados das análises de agrupamento podem ser observados nas Figuras 30, 31 e 32.

Tabela 42 – Distribuição de macroinvertebrados bentônicos no Rio São Lourenço, Jujutiba, SP, em março e setembro de 2006.

JUQUITIBA	JQT002	JQT003	JQT004	JQT006	JQT007	JQT008
	ETA			ETE		
Março	100m M	10m J	100m J	100m M	10m J	100m J
NEMATODA sp1	x				x	
Curbiculidae			x			
Psidiidae					x	
Tubificidae	x	x	x		x	x
Glossiphonidae					x	
Hidracarídeo *				x	x	
Trichdactylidae					x	
Chironomidae				x		
Ortocladinae		x				
Ceratopogonidae					x	
Setembro						
Curbiculidae				x	-	x
Psidiidae				x	-	
Tubificidae	x	x	x	x	-	x
Hidracarídeo *					-	x
Chironomidae	x				-	x
Ortocladinae	x				-	x
Chironominae (sub-fam)				x	-	x
Tanipodona (sub-fam)				x	-	

-: Coleta não realizada. x: presença de indivíduos

6.5.5.2.1. ETA

Em março de 2006, nos pontos a montante e jusante da ETA de Jujutiba, ocorreram poucos organismos. Na análise de similaridade, apresentada pelo dendograma da Figura 30, observa-se a formação de 2 grupos: o primeiro formado pelos pontos JQT 002 e 004 e o segundo pelo ponto 003. A semelhança dos grupos é ocasionada pela presença de Tubificidae. Cabe ressaltar que em março de 2006 a ETA ainda descartava o lodo gerado no tratamento da água no rio.

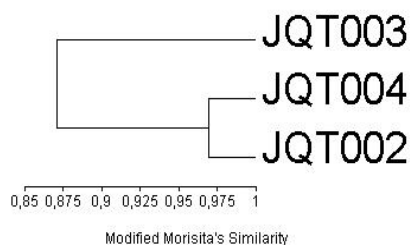


Figura 30 – Similaridade nos trechos amostrados da ETA de Jujutiba em relação à estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos em março/2006.

Em setembro, observa-se o primeiro grupo formado pelo ponto JQT 002 e o segundo pelos pontos 003 e 004 (Figura 31). Os pontos são similares quanto à presença e dominância de Tubificidae.

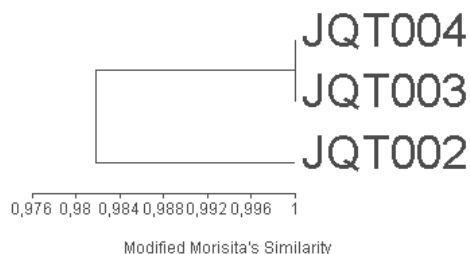


Figura 31 – Similaridade nos trechos amostrados da ETA de Juquitiba em relação à estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos em setembro/2006.

6.5.5.2.2. ETE

Em março, nos pontos a montante e jusante da ETE, a análise de similaridade resultou em dois grupos, o primeiro formado pelo ponto JQT 006 e o segundo pelos pontos 007 e 008 (Fig. 32). Esses grupos diferem entre si pela ausência (ponto 006) e presença de Tubificidae (pontos 007 e 008).

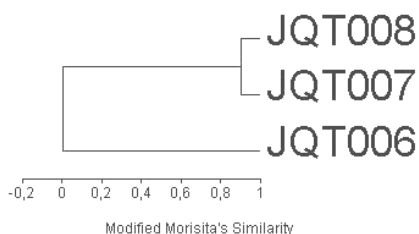


Figura 32 – Similaridade nos trechos amostrados da ETE de Juquitiba em relação à estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos em março/2006.

Em setembro, não foi possível a realização da coleta de bentos no ponto 007, restando os pontos 006 e 008. Estes pontos foram semelhantes pela presença de Curbiculidae, Tubificidae e Chironominae.

Os pontos SLS 002 e 007 apresentaram organismos da Classe Nematoda, não sendo possível identificá-los. Estes organismos foram encontrados apenas no mês de março.

Foram encontrados organismos da família Pisidiidae nos pontos SLS 007 em março de 2006, e no ponto 006 em setembro. Curbiculidae foi encontrada no ponto 004 em março e nos pontos 006 e 008 em setembro.

A família Tubificidae foi encontrada nas duas campanhas de coleta. Ocorreram nos pontos SLS 002, 003, 004, 007 e 008 em março e nos pontos 002, 003, 004, 006 e 008 em setembro. A família Glossiphonidae foi a única representante desses organismos. Foram encontrados apenas em março no ponto SLS 007.

Foram encontradas as famílias Chironomidae, Ortocladinae, Ceratopogonidae, e as sub-famílias Chironominae e Tanypodinae. Chironomidae foi encontrada em março no ponto 006 e em setembro nos pontos 002 e 008. Ortocladinae foi encontrada em março no ponto 003 e em setembro nos pontos 002 e 008. Ceratopogonidae foi encontrada apenas em março no ponto 007. As subfamílias Chironominae e Tanipodonae foram encontradas no mês de setembro, sendo que a primeira foi encontrada nos pontos 006 e 008 e Tanipodonae apenas no ponto 006.

Foram encontrados representantes da família Trichdactylidae nos pontos 002 e 008 em março.

6.5.5.3. Abundância relativa

6.5.5.3.1. ETA

A Figura 33 apresenta a abundância relativa (%) da comunidade de macroinvertebrados bentônicos encontrados nos pontos a montante e jusante da ETA de Jucituba em março e setembro de 2006.

Nos gráficos, nota-se a dominância da família Tubificidae em todos os pontos nos dois meses de coleta.

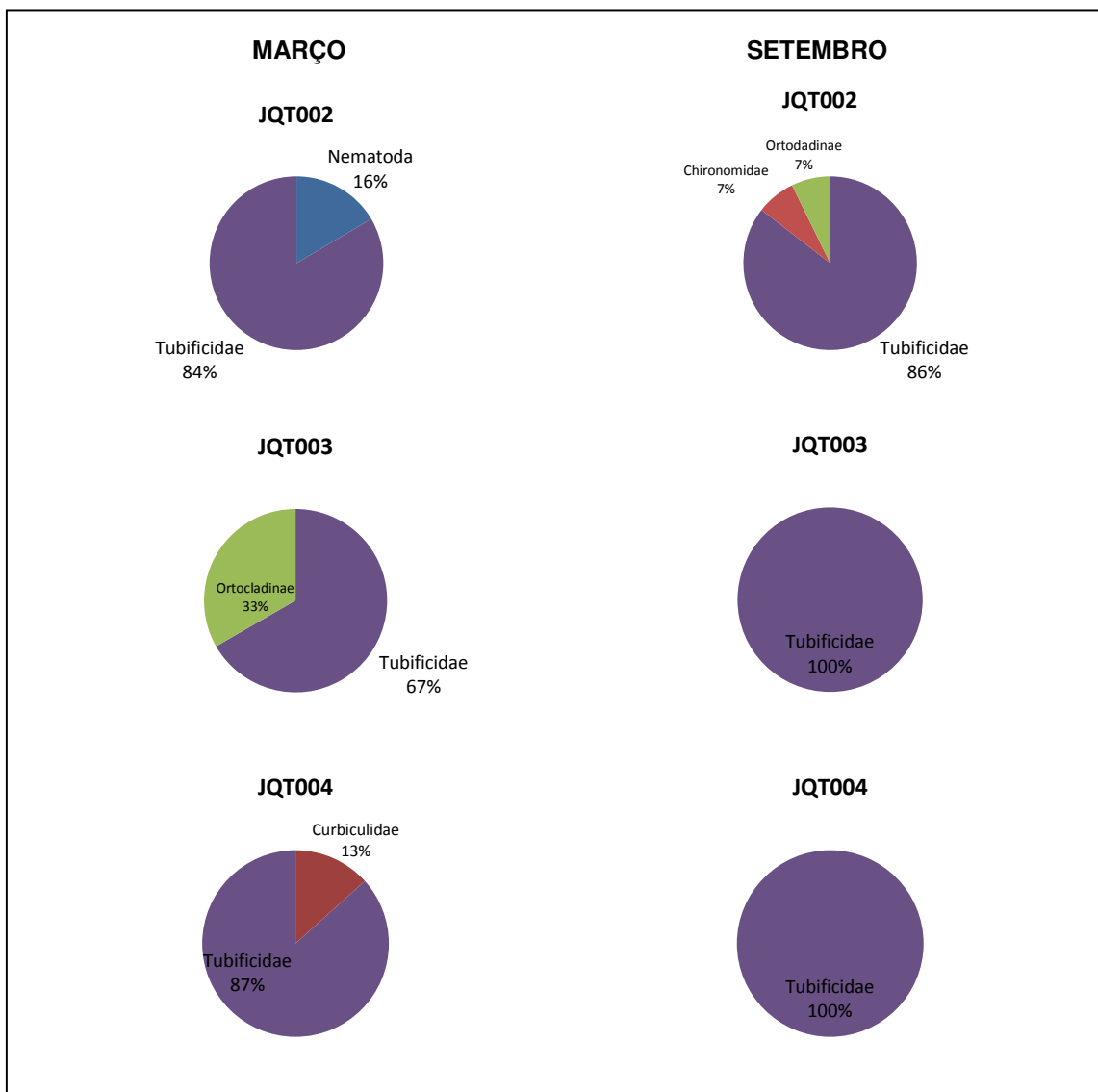


Figura 33 – Abundância em % de organismos bentônicos em março e set/2006 a montante e jusante da ETA.

6.5.5.3.2. ETE

A Figura 34 apresenta a abundância (%) de organismos encontrados nos pontos a montante e jusante da ETE de Jucituba em março e setembro de 2006. A partir dos gráficos nota-se a dominância de organismos da família Tubificidae nos pontos a jusante do descarte da ETE.

No ponto a montante da ETE, no mês de março, a família Chironomidae foi a mais abundante com ausência de Tubificidae; na coleta de setembro, Curbiculidae foi dominante.

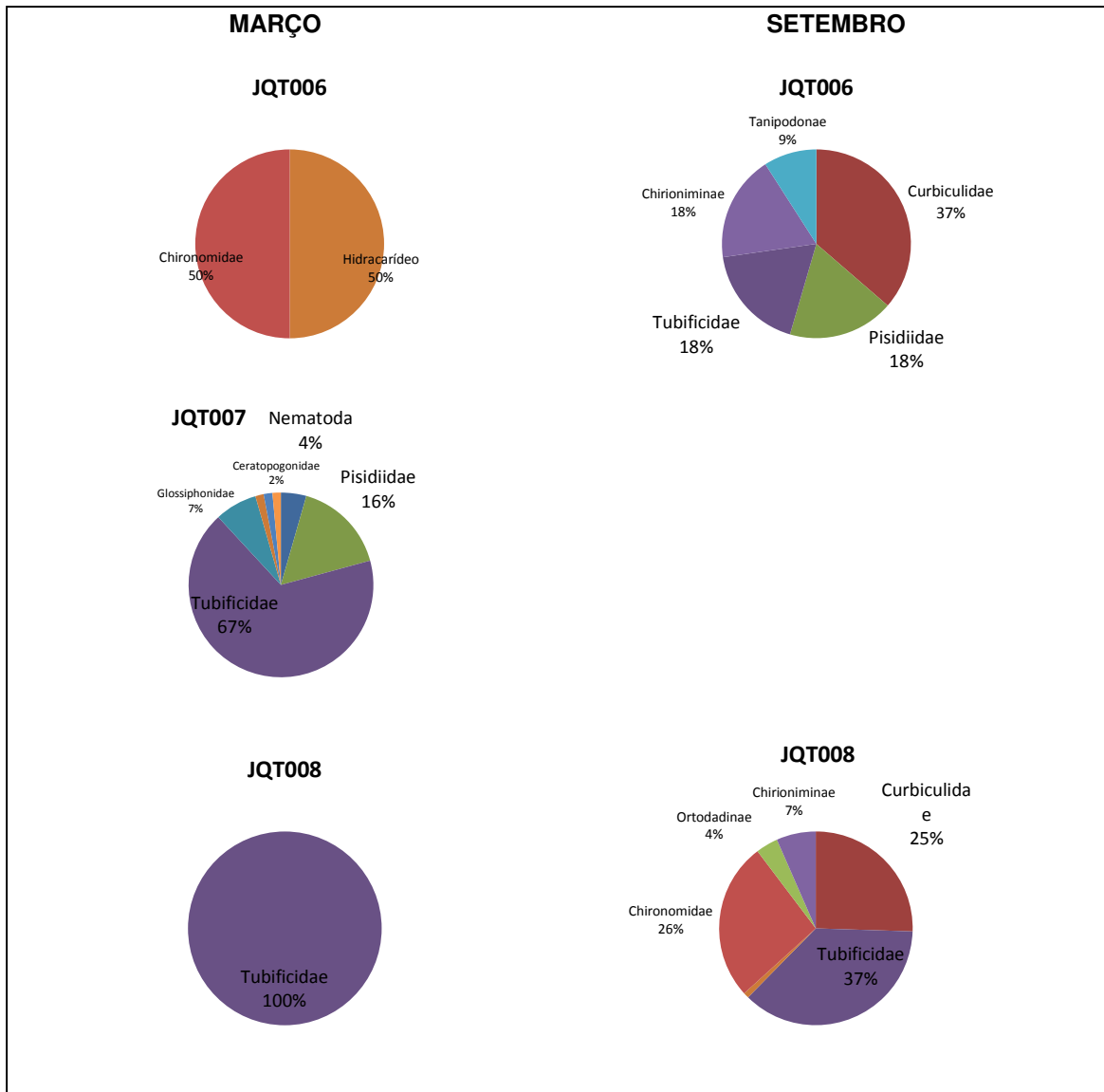


Figura 34 – Abundância em % de organismos bentônicos em março e set/2006 a montante e jusante da ETE.

6.5.5.4. Densidade

A densidade dos organismos bentônicos encontrados no Rio em Juquitiba está apresentada nas Tabelas 43 e 44 e nas Figuras 35 e 36.

6.5.5.4.1. ETA

No mês de março, a maior densidade de organismos foi encontrada no ponto a montante da ETA, com 200 org/m², sendo a maioria Tubificidae. O ponto jusante 10m da ETA foi o que apresentou a menor densidade de organismos, 66 org/m², sendo a maioria também da família Tubificidae. O descarte da ETA, com suas características desinfetantes podem causar toxicidade para os organismos.

Em setembro o ponto a montante também apresentou maior densidade de organismos sendo a maioria da família Tubificidae.

Tabela 43 – Densidade de organismos bentônicos por ponto de coleta em março e setembro de 2006 nos trechos do rio relacionados à ETA de Juquitiba, SP.

	março/2006				setembro/2006			
	JQT002	JQT003	JQT004	Total	JQT002	JQT003	JQT004	Total
Nematoda_sp1	33			33				
Curbiculidae			22	22				
Pisidiidae								
Tubificidae	167	44	144	355	389	200	133	722
Glossiphonidae								
Hidracarídeo								
Trichdactylidae								
Chironomidae					33			33
Ortocladinae		22		22	33			33
Ceratopogonidae								
Chironominae								
Tanypodinae								
TOTAL	200	66	166	432	455	200	133	788

6.5.5.4.2. ETE

Nos pontos relacionados à ETE as densidades variaram de 7.853 em março e 1.298 em setembro.

O ponto a montante da ETE apresentou as menores densidades, 22 org/m² em março e 111 em setembro.

As maiores densidades foram observadas a jusante da ETE, apresentando maior número de organismos no mês de março. O aporte de matéria orgânica do efluente da ETE pode proporcionar melhores condições para os organismos.

Tabela 44 – Densidade de organismos bentônicos por ponto de coleta em mar e set/2006 nos trechos do rio relacionados à ETE de Jquitiba, SP.

	março/2006			Total	setembro/2006		
	JQT006	JQT007	JQT008		JQT006	JQT008	Total
Nematoda_sp1		33		33			
Curbiculidae					44	300	344
Pisidiidae		122		122	22		22
Tubificidae		500	7088	7588	22	433	455
Glossiphonidae		55		55			
Hidracarídeo	11	11		22		11	11
Trichdactylidae		11		11			
Chironomidae	11			11		311	311
Ortocladinae				-		44	44
Ceratopogonidae		11		11			
Chironominae					22	78	100
Tanipodonae					11		11
TOTAL	22	743	7088	7853	111	1177	1298

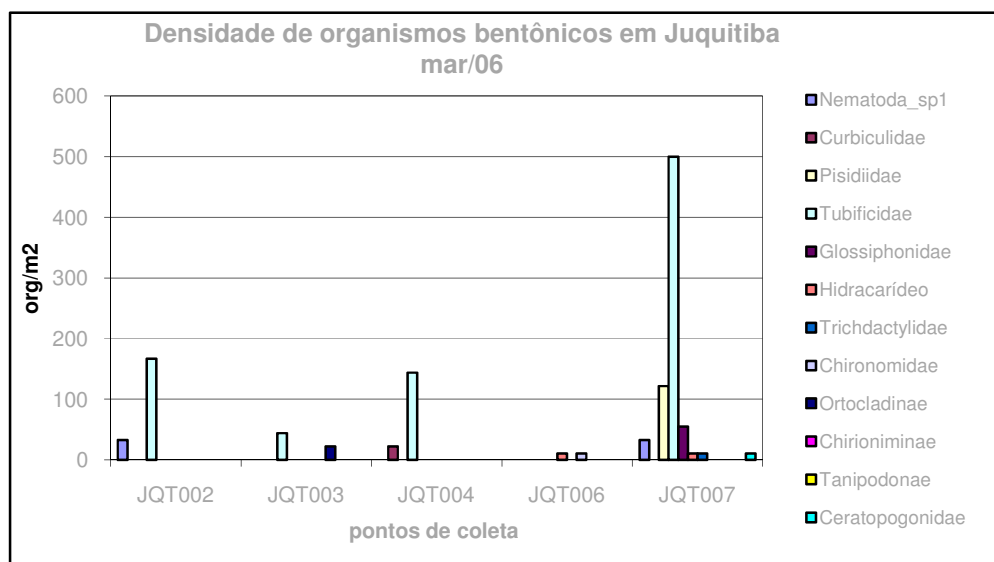


Figura 35 – Densidade (org/m^2) de organismos bentônicos nos pontos ao longo do Rio São Lourenço, em Jquitiba em março de 2006.

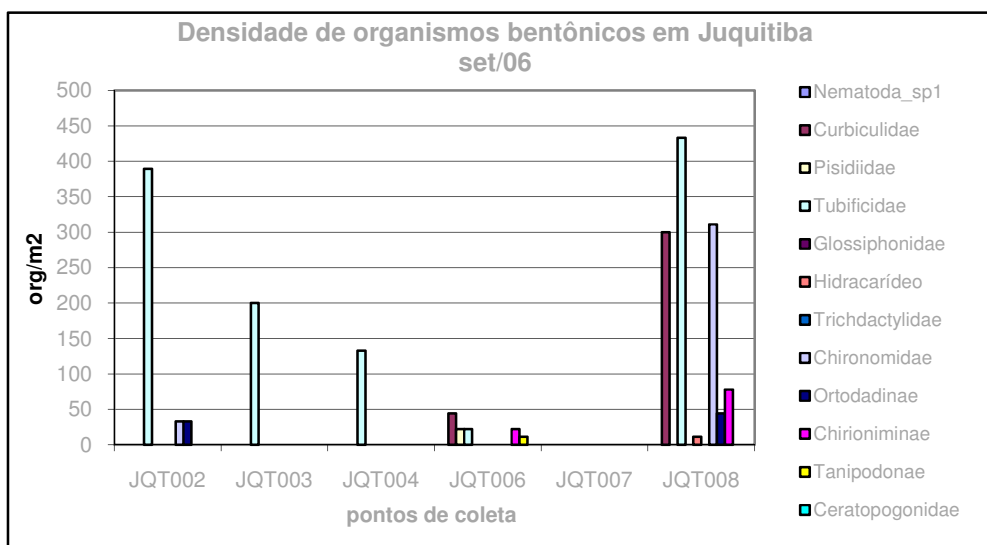


Figura 36 – Densidade (org/m²) de organismos bentônicos nos pontos ao longo do Rio São Lourenço, em Juquitiba em setembro de 2006.

Foram encontrados organismos da família Nematoda apenas em março, nos pontos JQT 002 e 007, ambos com densidade de 33 org/m².

A família Curbicullidae foi encontrada no ponto 004 em março, e nos pontos 006 e 008 em setembro, mês que apresentou maior densidade desses organismos, no ponto 008 com 300 org/m². Organismos da família Psidiidae foram encontrados apenas nos pontos relacionados à ETE. A maior densidade foi encontrada em março no ponto 007 com 122 org/m².

A maior densidade de organismos dessa classe foi encontrada no mês de março nos pontos a jusante da ETE com 7588 org/m². Em setembro a maior densidade ocorreu no ponto à montante da ETA com 722 org/m².

O crustáceo decapoda Trichdactylidae apresentou 11 org/m² no ponto 007 em março.

A classe Insecta foi representada por organismos da família Chironomidae, Ortocladinae, Ceratopogonidae, Chironiminae, Tanypodinae. A maior densidade desses organismos foi encontrada no ponto 008 em setembro com 433 org/m².

6.5.5.5. Riqueza e T/DT

6.5.5.5.1. ETA

A Tabela 45 apresenta a riqueza de grupos taxonômicos dos organismos bentônicos encontrados em março e setembro nos trechos do rio relacionados à estação de tratamento de água. Em setembro foi encontrado o maior valor de riqueza no ponto a montante da ETA com 3 taxa encontrados. A razão de tolerantes sobre a densidade total foi maior em setembro nos pontos a jusante.

Tabela 45 – Riqueza e T/DT nos pontos da ETA de Juquitiba, SP, em março e setembro de 2006.

	Riqueza		T/DT	
	Março	Setembro	Março	Setembro
JQT 002	2	3	0,83	0,85
JQT 003	2	1	0,66	1
JQT 004	2	1	0,86	1

T/DT: tolerantes/densidade total

6.5.5.5.2. ETE

Nos pontos relacionados à ETE foram encontrados os maiores valores de riqueza, principalmente nos pontos à jusante da ETE com ocorrência de 6 taxa, em março e setembro (Tabela 46). A menor razão de tolerantes sobre densidade total no mês de março de 2006 foi no ponto JQT 006 e a maior no ponto 008. Em setembro o ponto 008 apresentou menor T/DT.

Tabela 46 – Riqueza e T/DT nos pontos da ETE de Juquitiba em março e setembro de 2006.

	Riqueza		T/DT	
	março	setembro	março	setembro
JQT 006	2	5	0,50	0,39
JQT 007	6	-	0,67	-
JQT 008	1	6	1	0,36

T/DT: tolerantes/densidade total

6.5.6. Avaliação ecotoxicológica

Os resultados da avaliação ecotoxicológica do sedimento do rio São Lourenço em Juquitiba, SP, se referem ao período de estudo, nos meses de julho e novembro de 2005 e março e setembro de 2006.

6.5.6.1. ETA

Durante o período, não foi observada a toxicidade aguda para os organismos submetidos aos ensaios ecotoxicológicos com sedimento coletado nos trechos do rio, à montante e jusante da estação de tratamento de água de Juquitiba (Figura 37 e Tabela 47).

Quanto à toxicidade crônica, foi apresentada em todos os pontos avaliados em nov/05 e mar e set/06 (Figura 38 e Tabela 48).

Tabela 47 – Ecotoxicidade aguda do sedimento para *H. azteca* e *C. xanthus* nos trechos do rio a montante e jusante da ETA de Juquitiba, SP.

ETA	2005		2006	
	julho	novembro	novembro	setembro
	<i>H. azteca</i>	<i>C. xanthus</i>	<i>H. azteca</i>	<i>C. xanthus</i>
JQT 002	NT	NT	NT	NT
JQT 003	NT	NT	NT	NT
JQT 004	NT	NT	NT	NT

NT= Não Tóxico T= Tóxico - = Não realizado

Tabela 48 – Ecotoxicidade crônica do sedimento para *C. silvestrii* nos trechos do rio à montante e jusante da ETA de Juquitiba, SP.

ETA	2005		2006
	dezembro	março	setembro
JQT 002	T	T	T
JQT 003	T	T	T
JQT 004	T	T	T

NT= Não Tóxico T= Tóxico - = Não realizado

6.5.6.2. ETE

O ponto 008, localizado 100 metros jusante do efluente da ETE, apresentou ecotoxicidade aguda em novembro de 2005 para *H. azteca* e *C. xanthus*. O ponto 007 (10m jusante da ETE) apresentou ecotoxicidade aguda para *C. xanthus* em setembro de 2006 (Tabela 49 e Figura 37).

Quanto à ecotoxicidade crônica (Tab. 50), em nov/05 os pontos a jusante da ETE (007 e 008) apresentaram ecotoxicidade crônica para *C. silvestrii*. Em mar/06 foi observada ecotoxicidade nos pontos 006 e 007 e em set/06 em todos os pontos.

Tabela 49 – Ecotoxicidade aguda do sedimento para *H. azteca* e *C. xanthus* nos trechos do rio a montante e jusante da ETE de Juquitiba, SP.

ETE	2005		2006	
	julho	novembro	novembro	setembro
	<i>H. azteca</i>	<i>C. xanthus</i>	<i>H. azteca</i>	<i>C. xanthus</i>
JQT 006	NT	NT	NT	NT
JQT 007	NT	NT	NT	T
JQT 008	NT	T	T	NT

NT= Não Tóxico T= Tóxico - = Não realizado

Tabela 50 – Ecotoxicidade crônica do sedimento para *C. silvestrii* nos trechos do rio a montante e jusante da ETE de Juquitiba, SP.

ETE	2005		2006	
	dezembro	março	setembro	
JQT 006	NT	T	T	
JQT 007	T	T	T	
JQT 008	T	NT	T	

NT= Não Tóxico T= Tóxico - = Não realizado

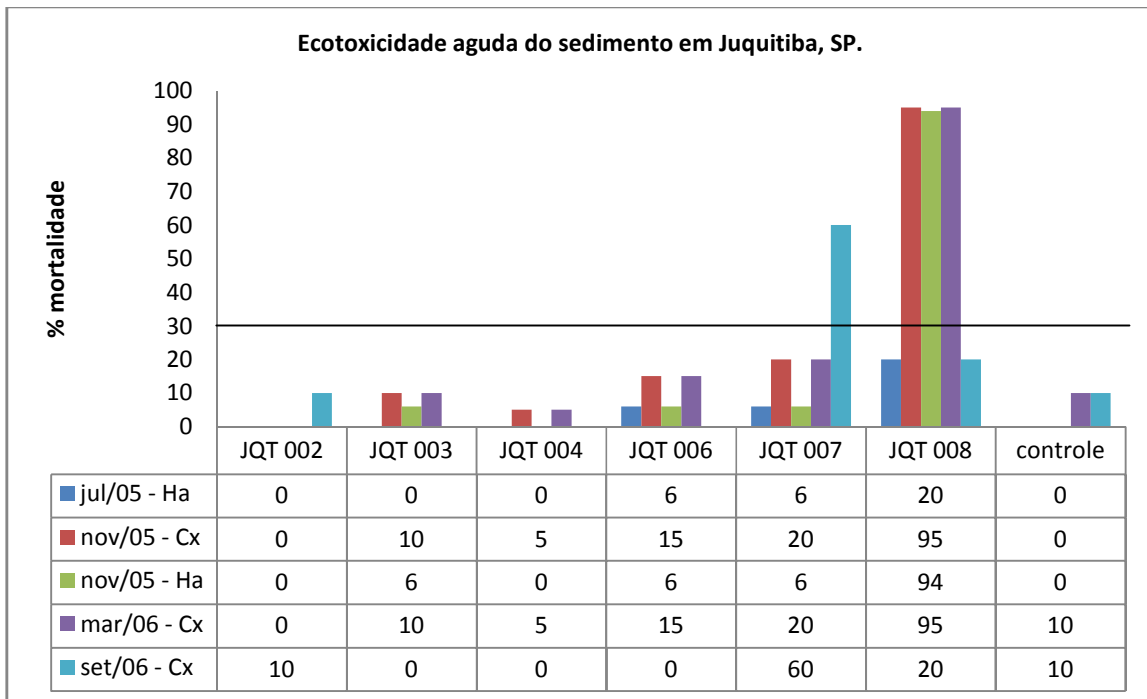


Figura 37 – Ecotoxicidade aguda do sedimento para *C. xanthus* em Jquitiba, SP. A linha no gráfico representa a mortalidade máxima aceitável no controle (30%).

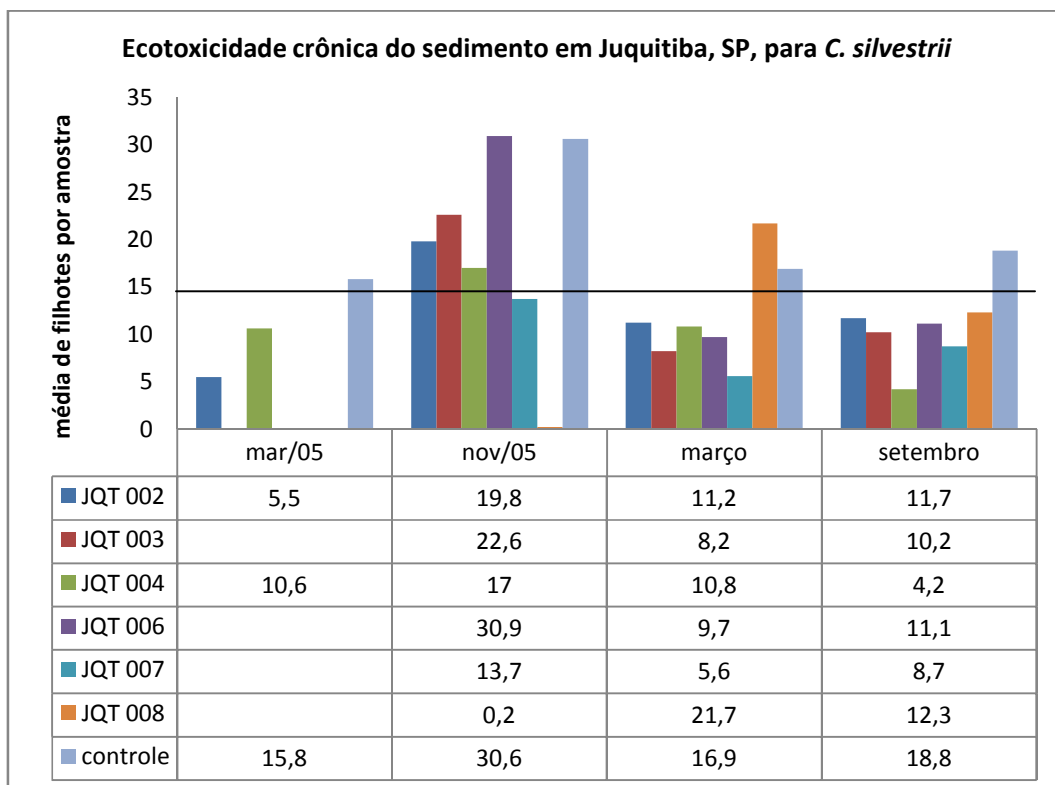


Figura 38 – Ecotoxicidade crônica do sedimento para *C. silvestrii* em Jquitiba, SP. A linha no gráfico representa a reprodução esperada por fêmea (15 neonatas).

6.6. Qualidade da água em Juquitiba, SP.

6.6.1. Variáveis Físicas e Químicas da água

A Tabela 51 apresenta os valores das variáveis de Condutividade, pH, temperatura e Oxigênio Dissolvido nas coletas de março e setembro de 2006 em Juquitiba, SP.

Quanto aos valores de Amônia e Fenol analisados nos pontos de coleta, em ambos os meses, as concentrações estiveram abaixo de 0,1µg/L. As concentrações de NTK ficaram abaixo de 0,43 mg/L em todos os pontos nos dois meses coletados, sendo que a restrição do CONAMA 357/05 para este parâmetro é de 2 mg/L (ANEXO B).

6.6.1.1. ETA

No mês de março, os parâmetros de temperatura, OD, pH e Condutividade não apresentaram variações significativas nos trechos do rio relacionados à estação de tratamento de água, à montante e jusante da ETA, ou seja, o lançamento do efluente não causou alteração nesses parâmetros. A temperatura foi de 16° C, o OD em 8,5 mg.L⁻¹, pH em 6,5 e a condutividade em 35,5 µS.cm⁻¹.

Em setembro, o único parâmetro que mostrou alterações a jusante do efluente da ETA, comparado com os valores medidos à montante, foi o OD, que de 8,6 mg.L⁻¹, passou para 7,6 no ponto 003 e 7,0 mg.L⁻¹ no ponto 004. A temperatura se manteve em 18° C, o pH em 5,7 e a Condutividade em 52 µS.cm⁻¹.

Foi apresentada uma variação temporal, que pode talvez indicar sazonalidade, quanto aos valores de condutividade nos meses de coleta, onde em março apresentaram valores médios de 36 uS/cm em todos os pontos e em setembro atingiu 57 uS.cm⁻¹. A temperatura também passou de 16 ° C em março para 18° C em setembro. O pH baixou de 6,5 em março para 5,5 em setembro, ficando abaixo dos padrões de águas Classe 2, estabelecido pelo CONAMA 357/05.

6.6.1.2. ETE

Quanto aos pontos relacionados à ETE, não foi verificada nenhuma alteração nos valores medidos que pudessem ser relacionados ao lançamento do efluente no mês

de março. A temperatura se manteve aos 15° C, o OD em 8,4 mg.L⁻¹, o pH entre 6,8 e 6,2 e a condutividade entre 36 e 38 uS.cm⁻¹.

Em setembro, os parâmetros OD (de 8,1 passou para 7,3 mg.L⁻¹) e condutividade (de 51 passou para 57 uS.cm⁻¹) mostraram variações em relação aos pontos de coleta. A temperatura se manteve nos 18 ° C e o pH em 5,6, abaixo dos níveis estabelecidos pelo CONAMA 357/05 em todos os pontos, neste mês.

Quanto as variações temporais, houve mudança na temperatura, pH e condutividade.

Tabela 51 – Valores de temperatura, oxigênio dissolvido, Condutividade e pH da água em março e setembro de 2006, em Juquitiba, SP.

ETA	Temperatura (° C)		OD (mg.L ⁻¹)		pH		Condutividade (µS.cm ⁻¹)	
	mar	set	mar	set	mar	set	mar	set
JQT 002	16	18	8,4	8,6	6,48	5,7	35,6	53
JQT 003	16	18	8,4	7,6	6,52	5,7	36,1	52
JQT 004	16	18	8,6	8,0	6,66	5,5	35,7	52
ETE								
JQT 006	15	18	8,4	8,1	6,53	5,6	36,0	51
JQT 007	15	18	8,4	7,3	6,78	5,6	36,3	53
JQT 008	15	18	8,4	8,1	6,21	5,9	38,2	57
CONAMA 357/05			> 6 mg.L⁻¹ O²		6,0 a 9,0			

6.6.1.3. Análises químicas

Na Tabela 52 e 53 podemos observar os valores das análises químicas da água, realizadas em agosto de 2004, março, julho, outubro e novembro de 2005, e março e setembro de 2006.

Os números em vermelho identificam os valores acima do permitido para preservação da vida aquática na Resolução CONAMA 357/05.

6.6.1.3.1. ETA

Em relação às concentrações encontradas a montante e jusante ao efluente da ETA, nota-se uma alteração de P apenas em março/05, onde a montante a concentração detectada foi de 0,06 ppm e a jusante passou para 0,13 ppm (Tabela 45).

Comparando os resultados obtidos com os limites estabelecidos pelo CONAMA 357/05, os seguintes elementos ultrapassaram os limites em todos os pontos: P (em março e novembro de 2005); Fe (março, outubro e novembro de 2005) e Al (out e nov/05 e mar/06).

Quanto às diferenças entre os meses de março e setembro de 2006, foram observadas variações nos elementos K, Na, e Ba (aumentaram em setembro) e Al (menor concentração em setembro).

6.6.1.3.2. ETE

As concentrações de metais detectadas nos pontos de coleta (Tabela 50), mostraram sofrer influência do descarte da estação de tratamento de esgoto, comparando-se os valores a montante e jusante, foram dos seguintes elementos: Fe (em jul e nov/05); Al (ago e out/05); Na (ago, jul, out e nov/05 e mar/06) e Pb (mar/05).

Foram encontradas concentrações de P (mar e nov/05); Fe (out. nov/05 e mar/06) e Al (out, nov/05 e mar/06) acima dos limites estabelecidos pelo CONAMA 357/05 em todos os pontos.

Quanto às variações temporais nas concentrações em relação aos meses de março e setembro de 2006, os elementos K e Ba tiveram um aumento na concentração em setembro e o Al teve concentração menor em setembro.

Tabela 52 – Elementos analisados nas amostras de água bruta do Rio São Lourenço (ETA), Juquitiba, SP.

	ETA	P	K	Ca	Fe	Ba	Pb	B	Al	Mn	Zn	Na	Mg
ago/ 04	JQT 002	< 0,33	0,63	2,25	0,21	0,014	< 0,001	< 0,05	0,02	0,02	0,01	2,49	0,74
	JQT 003	< 0,33	0,63	2,21	0,24	0,014	< 0,001	< 0,05	0,05	0,02	0,01	2,46	0,75
	JQT 004	< 0,33	0,62	2,14	0,17	0,014	< 0,001	< 0,05	0,02	0,02	0,00	2,41	0,75
mar/ 05	JQT 002	0,06	0,41	2,41	0,38	0,015	< 0,001	0,00	0,06	0,01	0,01	2,50	0,85
	JQT 003	0,13	0,41	2,38	0,27	0,017	0,002	0,00	0,07	0,01	0,01	2,44	0,82
	JQT 004	0,13	0,43	2,37	0,31	0,016	0,001	0,01	0,07	0,01	0,01	2,48	0,83
jul/05	JQT 002	0,04	0,44	1,88	0,18	0,018	< 0,001	< 0,05	0,03	0,02	< 0,003	2,80	0,73
	JQT 003	0,04	0,46	1,87	0,18	0,019	0,001	< 0,05	< 0,03	0,02	< 0,003	2,81	0,74
	JQT 004	0,04	0,45	1,86	0,17	0,018	0,001	< 0,05	< 0,03	0,02	< 0,003	2,86	0,75
out/ 05	JQT 002	0,03	0,63	2,38	0,49	< 0,0001	< 0,001	< 0,05	0,28	0,01	0,00	2,50	1,00
	JQT 003	0,04	0,58	2,40	0,48	< 0,0001	< 0,001	< 0,05	0,29	0,01	0,01	2,42	1,03
	JQT 004	0,03	0,57	2,34	0,46	< 0,0001	0,002	< 0,05	0,25	0,01	0,00	2,33	1,02
nov/ 05	JQT 002	0,09	0,45	2,67	0,51	0,017	< 0,001	< 0,06	0,10	0,02	0,01	2,60	1,11
	JQT 003	0,08	0,58	2,58	0,49	0,016	< 0,001	< 0,06	0,11	0,02	0,01	2,53	1,12
	JQT 004	0,10	0,50	2,71	0,50	0,016	0,002	< 0,06	0,13	0,03	0,10	3,10	1,17
mar/ 06	JQT 002	0,01	0,35	1,99	0,35	< 0,001	< 0,001	0,01	0,26	0,01	0,00	0,37	0,65
	JQT 003	< 0,01	0,34	2,02	0,23	< 0,001	< 0,001	0,01	0,16	0,01	0,01	0,33	0,66
	JQT 004	0,02	0,33	1,92	0,39	< 0,001	< 0,001	0,01	0,28	0,01	0,01	0,34	0,67
set/06	JQT 002	< 0,02	0,79	1,95	0,21	0,016	< 0,001	0,02	0,01	0,01	< 0,001	0,80	0,77
	JQT 003	< 0,02	0,74	1,97	0,25	0,015	< 0,001	0,02	0,01	0,01	< 0,001	0,75	0,78
	JQT 004	< 0,02	0,72	1,92	0,21	0,015	< 0,001	0,02	0,01	0,01	< 0,001	0,73	0,78
CONAMA													
357/05		0,05	-		0,30	0,700	-	0,50	0,10	0,11	0,18	-	-

Os valores em vermelho indicam concentrações acima do limite estabelecido para proteção da vida aquática pelo CONAMA 357/05.

Tabela 53 – Elementos analisados nas amostras de água bruta do Rio São Lourenço (ETE), Juquitiba, SP.

	ETE	P	K	Ca	Fe	Ba	Pb	B	Al	Mn	Zn	Na	Mg
ago/04	JQT 006	< 0,33	0,65	2,29	0,14	0,015	0,002	< 0,05	0,02	0,02	0,01	2,56	0,77
	JQT 007	< 0,33	0,67	2,27	0,16	0,015	0,002	< 0,05	0,08	0,02	0,01	2,58	0,78
	JQT 008	< 0,33	0,76	2,20	0,19	0,015	< 0,001	< 0,05	0,02	0,00	0,01	3,25	0,80
mar/05	JQT 006	0,12	0,44	2,48	0,30	0,016	< 0,001	0,01	0,05	0,02	0,01	2,92	0,86
	JQT 007	0,13	0,42	2,45	0,25	0,015	0,009	0,01	0,04	0,01	0,01	2,49	0,86
	JQT 008	0,12	0,45	2,58	0,22	0,017	< 0,001	0,01	0,04	0,01	0,01	2,75	0,89
jul/05	JQT 006	0,04	0,45	1,94	0,09	0,018	< 0,001	< 0,05	< 0,03	0,02	< 0,003	2,88	0,74
	JQT 007	0,05	0,46	2,13	0,16	0,019	0,001	< 0,05	< 0,03	0,02	< 0,003	2,85	0,75
	JQT 008	0,05	0,49	2,07	0,17	0,019	< 0,001	< 0,05	< 0,03	0,03	< 0,003	3,15	0,77
out/05	JQT 006	0,03	0,64	2,44	0,45	< 0,0001	< 0,001	< 0,05	0,26	0,01	0,01	2,57	1,03
	JQT 007	0,03	0,66	2,38	0,56	< 0,0001	< 0,001	< 0,05	0,32	0,01	0,01	2,65	1,01
	JQT 008	0,05	0,69	2,52	0,51	< 0,0001	< 0,001	< 0,05	0,29	0,02	0,00	2,91	1,04
nov/05	JQT 006	0,09	0,46	2,78	0,44	0,016	< 0,001	< 0,064	0,12	0,02	0,01	2,61	1,19
	JQT 007	0,10	0,49	2,71	0,57	0,016	< 0,001	< 0,064	0,15	0,03	0,01	3,05	1,19
	JQT 008	0,09	0,47	2,67	0,52	0,016	< 0,001	< 0,064	0,14	0,02	0,01	2,66	1,20
mar/06	JQT 006	0,01	0,42	2,07	0,31	< 0,001	< 0,001	0,01	0,24	0,02	0,01	0,51	0,68
	JQT 007	0,02	0,44	1,95	0,34	< 0,001	< 0,001	0,01	0,24	0,01	0,01	0,55	0,64
	JQT 008	0,01	0,47	2,24	0,38	< 0,001	< 0,001	0,01	0,26	0,01	0,01	0,76	0,66
set/06	JQT 006	< 0,02	0,73	1,97	0,26	0,014	< 0,001	< 0,064	0,02	0,01	< 0,001	0,75	0,79
	JQT 007	< 0,02	0,76	1,96	0,21	0,015	< 0,001	< 0,064	0,02	0,02	< 0,001	0,79	0,78
	JQT 008	< 0,02	0,81	2,04	0,20	0,016	< 0,001	< 0,064	0,01	0,01	< 0,001	0,85	0,80
CONAMA 357		0,05	-	-	0,30	0,70	-	0,50	0,10	0,11	0,18	-	-

Os valores em vermelho indicam concentrações acima do limite estabelecido para proteção da vida aquática pelo CONAMA 357/05 (BRASIL).

6.6.2. Avaliação ecotoxicológica

A Figura 39 mostra a entrada de uma fonte poluidora de origem desconhecida no rio, causando cor e odor desagradável neste trecho, localizado aproximadamente 5 metros antes do ponto JQT 008.



Figura 39 – Fonte de poluição clandestina 5 m antes do ponto JQT 008.

6.6.2.1. ETA

Os resultados dos ensaios ecotoxicológicos agudos realizados estão apresentados na Tabela 54. Foi observada ecotoxicidade aguda para o efluente da ETA submetido aos ensaios em ago/04 para *C.dubia* e mar/05 para *D. laevis*. Para as amostras de água bruta coletadas no rio, apresentaram ecotoxicidade aguda para *C. silvestrii* o ponto 003 (jusante da ETA) em jul/05 e para *C. dubia* em nov/05.

A Tabela 55 apresenta os resultados dos ensaios de ecotoxicidade crônica com as amostras de água. Em mar/06 foi constatada ecotoxicidade crônica para *C. silvestrii* no ponto 003. Em set/06 todos os pontos apresentaram ecotoxicidade crônica para *C. silvestrii*.

Tabela 54 – Ecotoxicidade aguda da água para *C. silvestrii*, *D. laevis* e *D. similis* nos trechos do rio a montante e jusante da ETA de Juquitiba, SP.

ETA	2004		2005	
	agosto	março	julho	novembro
	<i>C. dubia</i>	<i>D. laevis</i>	<i>C. silvestrii</i>	<i>c. dubia</i>
efluente	T	T	nr	nr
JQT 002	NT	NT	NT	NT
JQT 003	NT	NT	T	T
JQT 004	nr	NT	NT	NT

NT= Não Tóxico; nr= não realizado; T= tóxico

Tabela 55 – Ecotoxicidade crônica da água do Rio São Lourenço para *C. silvestrii* nos trechos do rio a montante e jusante da ETA de Juquitiba, SP.

ETA	2005		2006
	março	março	setembro
JQT 002	NT	NT	T
JQT 003	nr	T	T
JQT 004	NT	NT	T

NT= Não Tóxico T= Tóxico nr= não realizado

6.6.2.2. ETE

Na Tabela 56 estão apresentados os resultados da ecotoxicidade aguda da água do rio São Lourenço em Juquitiba nos pontos relacionados à ETE. Foi observada ecotoxicidade aguda do efluente da ETE em mar/05 para *D. laevis*. Em jul/05 todos os pontos apresentaram ecotoxicidade.

Na avaliação da toxicidade crônica para *C. silvestrii* (Tabela 57), foi constatada toxicidade crônica no ponto 006 em março de 2006 e no ponto JQT 008 em setembro de 2006. Esses resultados possivelmente estão ligados a descargas de efluentes clandestinos, não sendo possível correlacioná-los ao descarte da ETE. Em setembro, todos os pontos 007 e 008 apresentaram fecundidade abaixo da média (Figura 41) apresentando indícios de efeitos sub-letais das amostras.

Em setembro e dezembro de 2006, foram realizados testes de toxicidade com a alga *Pseudokeirchneriella subcapitata*. Os resultados não apresentaram toxicidade, mas a biomassa relativa em relação ao controle no ponto a jusante do descarte da ETE foi de 255% em setembro. Em dezembro os valores de biomassa ficaram próximos ao do controle. Na Tabela 58 estão apresentados os resultados.

Tabela 56 – Ecotoxicidade aguda da água para *C. silvestrii*, *D. laevis* e *D. similis* nos trechos do rio a montante e jusante da ETE de Juquitiba, SP.

2005			
	março	julho	novembro
ETE	<i>D. l.</i>	<i>C.s.</i>	<i>C.d.</i>
efluente	T	Nr	Nr
JQT 006	NT	T	NT
JQT 007	NT	T	NT
JQT 008	T	T	NT

NT= Não Tóxico; T= Tóxico; nr= não realizado

Tabela 57 – Ecotoxicidade crônica da água para *C. silvestrii* e *P. subcapitata* nos trechos do rio a montante e jusante da ETE de Juquitiba, SP.

2006				
	março	setembro	dezembro	
ETE	<i>C.s.</i>	<i>C.s.</i>	<i>P.s.</i>	<i>P.s.</i>
JQT 006	T	NT	NT	NT
JQT 007	NT	NT	-	-
JQT 008	NT	T	NT	NT

NT= Não Tóxico; T= Tóxico;

Tabela 58 – Toxicidade da água a montante e a jusante da ETE de Juquitiba com a alga *Pseudokeirchneriella subcapitata*.

set/06		dez/06		
Amostra	Biomassa relativa % (em relação ao controle)	Resultado	Biomassa relativa % (em relação ao controle)	Resultado
SLS 006	152	NT	124	NT
SLS 008	255	NT	169	NT

NT= Não Tóxico.

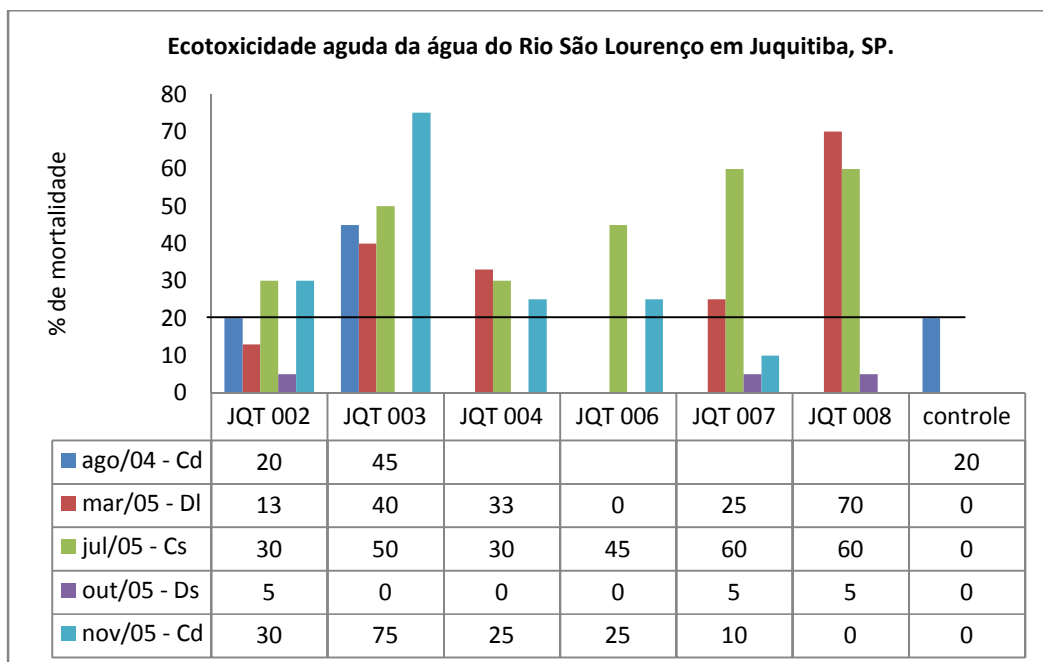


Figura 40 – Ecotoxicidade aguda da água em Juquitiba, SP. A linha no gráfico representa a mortalidade Max. Aceitável no controle para validação do ensaio. Cd: *Ceriodaphnia dubia*; DI: *Daphnia laevis*; Cs: *Ceriodaphnia silvestrii*; Ds: *Daphnia similis*.

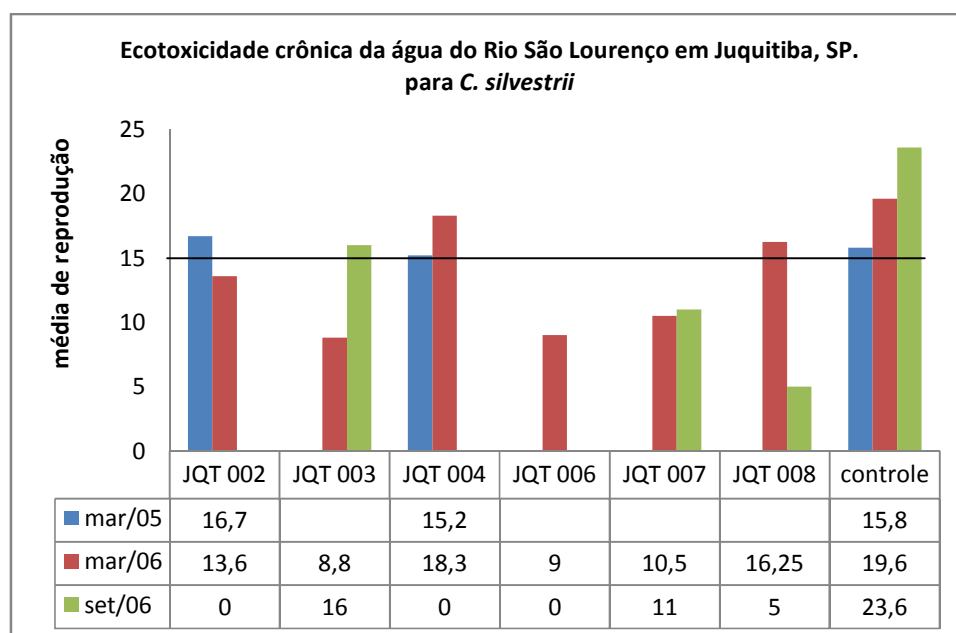


Figura 41 – Ecotoxicidade crônica da água para *C. silvestrii* em 2006. A linha no gráfico representa a média de reprodução esperada por fêmea.

6.7. Análise integrada dos resultados da coleta de setembro de 2006

6.7.1. Análise dos componentes principais (PCA) e análise fatorial

Os 3 primeiros eixos explicaram 100% das variâncias:

Tabela 59 – Eixos e valores de variância de análise fatorial.

	<i>Eigenvalue</i>	<i>Proportion</i>	<i>Cumulative</i>
1	20,62802	64,463	64,463
2	6,59723	20,616	85,079
3	4,77475	14,921	100

Em seguida, foi feita a análise das relações entre cada ponto de amostragem e os fatores (utilizando os *scores* da PCA Fatorial), conforme Tabela 60 e Figura 42 apresentados a seguir.

Tabela 60 – Relação entre os pontos de amostragem e os fatores da análise fatorial.

Variável	Fator 1	Fator 2	Fator 3
JQT002	-2,56409	6,45008	2,39746
JQT004	-4,41664	4,84278	2,78203
JQT006	-3,39676	6,2718	1,26471
JQT008	0,2077	5,63311	1,91701

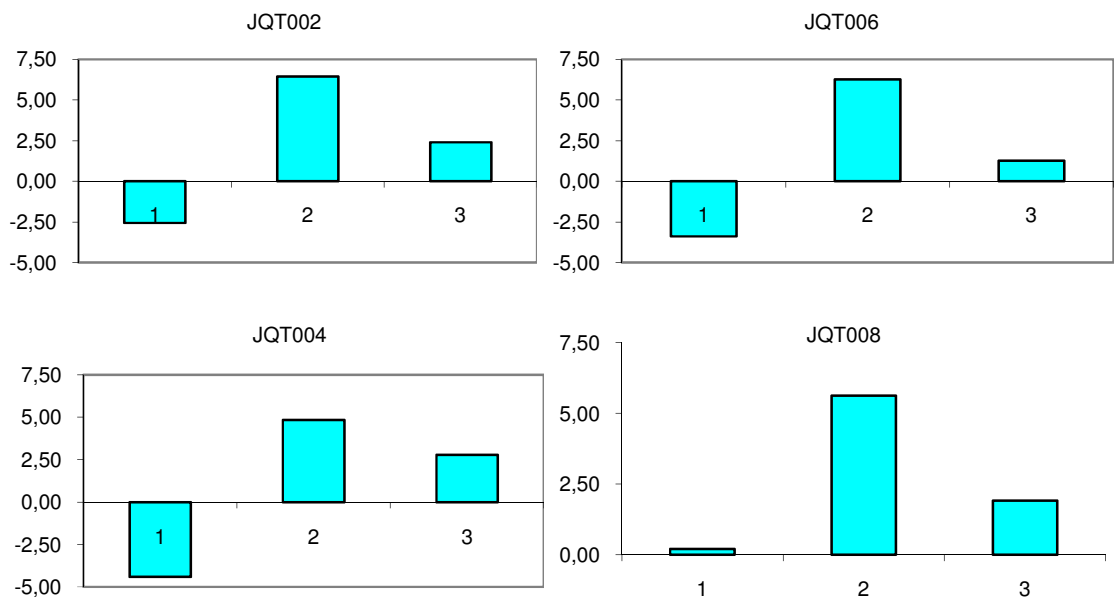


Figura 42 – Resultados estimados para cada ponto de coleta em set/2006. Os resultados dos fatores quantificam a influência de cada componente (contaminante) na toxicidade em cada ponto de coleta e foram usados para confirmar a descrição dos fatores.

Conforme pode ser visto, as estações JQT 002, JQT 004 e JQT 006 associaram positivamente aos fatores 2 e 3, e negativamente ao fator 1, enquanto JQT 008 associou positivamente a todos os fatores.

No entanto, a análise das variáveis mostrou que nenhuma associou significativamente com os eixos da PCA, conforme pode ser observado na tabela abaixo, portanto, não foi possível associar a distribuição dos 4 pontos com nenhuma das variáveis medidas. Correlações muito fracas foram observadas entre Matéria Orgânica no sedimento, teores de MN e OD na água e o Fator 2; e entre o Fator 3 e os níveis de Fe, Ba e, Mg na água. Entretanto, essas correlações fracas não explicam de forma satisfatória os dados.

Tabela 61 – Análise das variáveis.

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
<i>C_xanthus</i>	0,19459	0,10179	0,17756
<i>C_silvestrii_sed</i>	0,14449	0,26615	-0,14617
<i>C_silvestrii</i> H ₂ O	-0,1463	0,28522	0,06757
Cond_ H ₂ O	0,2085	-0,08902	0,10335
od_ H ₂ O	0,02228	0,33532	0,22789
pH_ H ₂ O	0,21783	0,05662	0,00147
K_ H ₂ O	0,20058	0,11908	0,12658
Ca_ H ₂ O	0,2055	-0,01357	-0,16352
Fe_ H ₂ O	-0,09721	0,12086	-0,38526
Ba_ H ₂ O	0,14401	0,03309	0,34398
Al_ H ₂ O	-0,09449	0,29861	-0,2183
Mn_ H ₂ O	0,08383	-0,34041	-0,13772
Na_ H ₂ O	0,21152	0,07555	0,09089
Mg_ H ₂ O	0,10995	-0,15725	-0,35078
cloreto_ H ₂ O	0,18419	0,17617	0,14136
NTK_ H ₂ O	-0,12065	-0,28553	-0,18412
areia	0,18313	0,1789	-0,14258
silte	-0,20948	-0,0215	0,13862
argila	-0,18528	0,1506	-0,17259
MO	-0,08053	-0,33348	0,1666
Cr	-0,21419	0,09016	0,00299
Cu	-0,21799	-0,01275	0,06258
Ni	-0,19798	0,14579	0,10361
Pb	-0,21148	-0,06309	0,10357
Zn	-0,21773	0,04882	0,03667
Al	-0,21253	0,09153	0,05209
COT	0,19871	-0,1483	0,09201
N_ amoniacal	-0,21763	-0,01116	-0,06818
NTK	-0,17031	0,23859	0,074
Nitrato	0,14934	0,15475	-0,28283
Densidade	0,20859	0,03332	0,14119
Riqueza_ S	0,15726	0,14497	-0,27121

6.7.2. Análise de agrupamento

No entanto, a semelhança entre JQT 002, JQT 006 e JQT 004 foi ressaltada pela análise de agrupamento (Bray Curtis, WPGMA), conforme Figura 43.

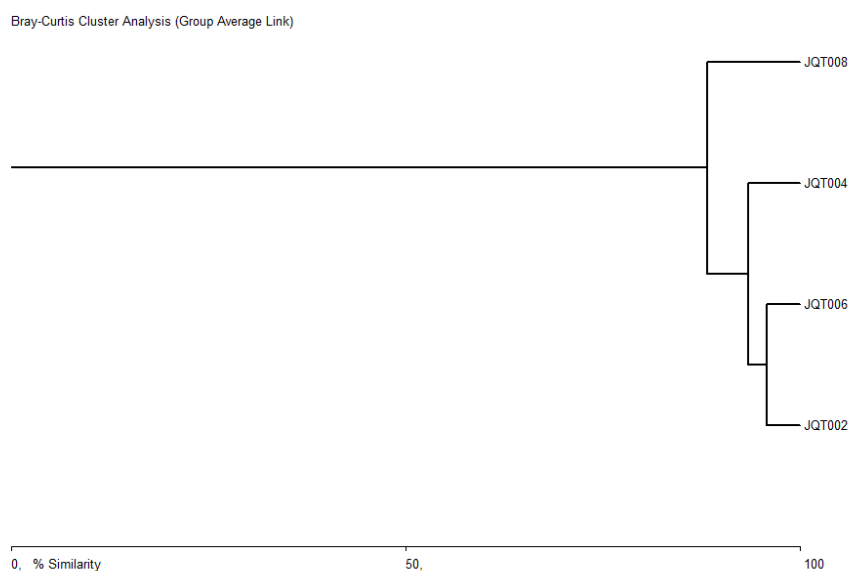


Figura 43 – Dendrograma resultante da análise de agrupamento.

6.7.3. Diagramas da TQS

6.7.3.1. Contaminação química

Nenhum dos pontos coletados apresentou contaminação química pelas concentrações de metais, utilizando as análises da BIOAGRI, considerando o quociente de excedências de PEL.

6.7.3.2. Dados ecotoxicológicos

Na análise dos dados ecotoxicológicos ilustrada na Figura 44.

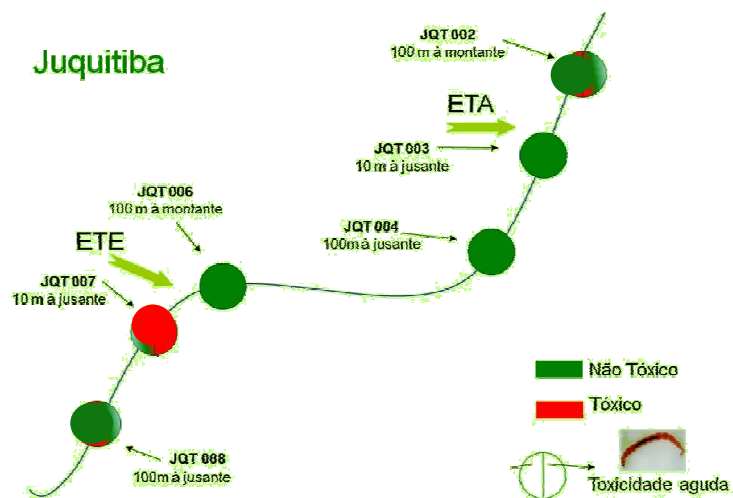


Figura 44 – Expressão gráfica dos resultados obtidos nos ensaios ecotoxicológicos do sedimento do rio em Juquitiba, SP.

6.7.3.3. Dados ecológicos

A Figura 45 ilustra dos resultados obtidos após a análise da comunidade de macroinvertebrados bentônicos.

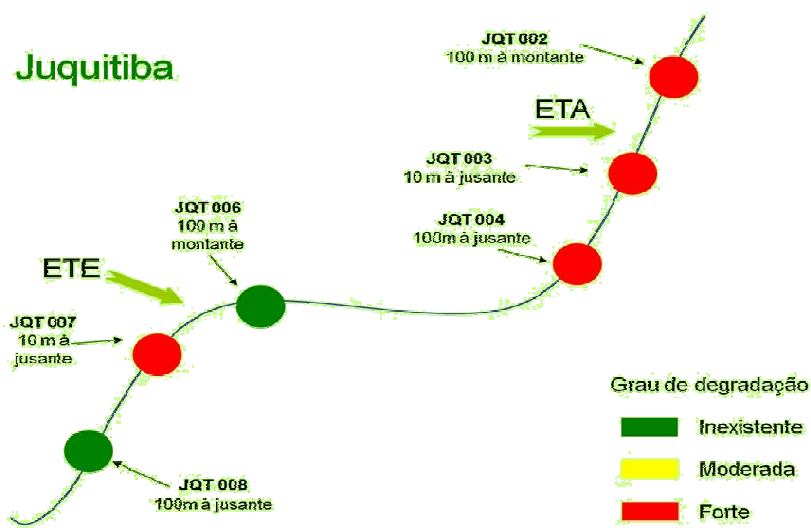


Figura 45 – Qualidade do sedimento baseada nos índices ecológicos

6.7.3.4. Integração dos resultados

A análise integrada de todos os resultados de cada componente da TQS está ilustrada na Figura 46.

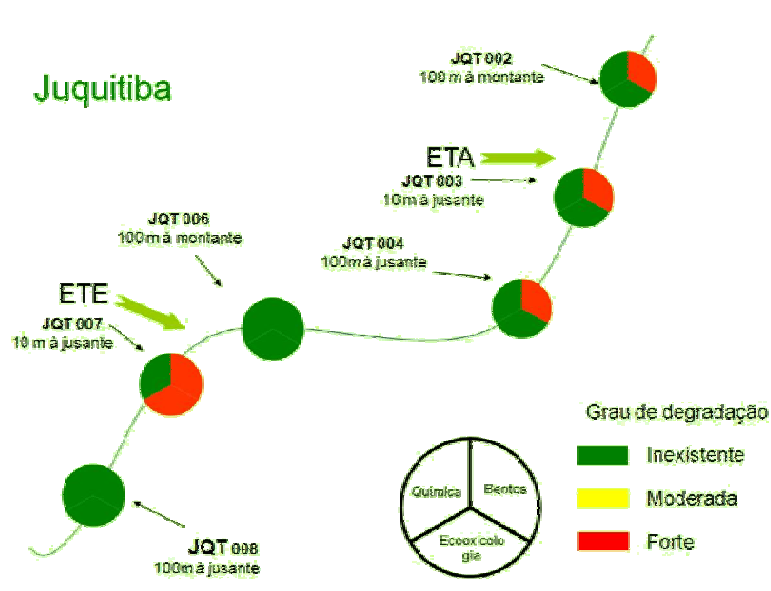


Figura 46 – Qualidade do sedimento do rio em set/06 com base na tríade de qualidade de sedimento.

6.7.4. Tabela de Decisão

Após a análise dos dados separadamente, os resultados foram compilados em uma tabela, baseada na “Tríade de Qualidade de Sedimento” proposta por Chapman, 1990 (Tabela 62).

Tabela 62 – Inferência baseada na TQS em setembro, 2006 (CHAPMAN, 1990).

Ponto de coleta	Contaminação química	Ecotoxicidade	Alteração na comunidade bentônica	Possível conclusão
JQT 002	—	—	+	Alteração não é devida à presença de tóxicos no meio, podendo ser efeito de interações entre espécies e/ou outros fatores
JQT 004	—	—	+	idem
JQT 006	—	—	—	Forte evidência de que não existe degradação provocada por poluição
JQT 008	—	-	—	idem

7 – Discussão

Precipitação pluviométrica

A alta pluviosidade da região propicia lixiviação e erosão do solo, principalmente em Juitiba e São Lourenço da Serra, áreas críticas quanto aos processos erosivos (CETEC, 2000). Em 2006 a precipitação anual foi de 1.317 mm. O período mais chuvoso foi de outubro a março, sendo janeiro o mês de maior pluviosidade. Entre os meses de abril e setembro, período de seca, a precipitação média foi de 43 mm, sendo que o mês de julho foi o mês que choveu menos (*br.weather.com*). Neste trabalho, foram observadas nas duas coletas, situações isoladas durante o período de estudo. Na coleta de março, apesar do período de verão caracterizado por ser chuvoso em regiões tropicais, o dia da coleta estava frio, e na coleta de setembro, apesar de inverno e período de seca, estava quente e o nível do rio alto pelas chuvas anteriores.

São Lourenço da Serra

Temperatura, OD, pH e condutividade

Não foi verificada influência do descarte das estações de tratamento na temperatura do rio para este parâmetro, comparando-se as amostras a montante e jusante do efluente.

Os teores de oxigênio dissolvido da água do rio São Lourenço não apresentaram variações durante os meses de coleta, permanecendo dentro dos valores estabelecidos para proteção da vida aquática pelo CONAMA 357/05. Esta condição é favorecida por uma das características de ambientes lóticos, onde a correnteza e as corredeiras favorecem a oxigenação do rio (SHAEFER, 1985), condições estas encontradas neste trabalho, fator que favorece as condições fisiológicas de sobrevivência dos organismos aquáticos que são sensíveis a falta de oxigênio.

Segundo WETZEL & LIKENS (1991), a condutividade elétrica é a medida da capacidade de condução de corrente elétrica no ambiente aquoso, sendo proporcional à concentração de certos íons, principalmente cálcio, magnésio, sódio, potássio, os carbonatos, sulfatos e os cloretos. A lixiviação do solo pelas chuvas gera a elevação dos teores de condutividade nos ecossistemas aquáticos (SE, 1992), ocasionado pelo aporte de matéria orgânica, a geração de mais resíduos da água bruta tratada, principalmente pelo material alóctone levado para o rio. Pode ser observada a correlação negativa da condutividade com o oxigênio dissolvido em setembro nos pontos a jusante da ETE, indicando uma possível consequência de aporte de matéria orgânica, quando observa-se o aumento de fósforo na coluna d'água.

O aumento da matéria orgânica na água bruta ocasionada pelas chuvas em setembro, após meses de estiagem, conseqüentemente, aumentou a decomposição na ETE devido ao acúmulo de carga retida. Como comentado anteriormente, quando a lagoa da ETE de São Lourenço da Serra apresenta odor desagradável, devido à intensa atividade de decomposição biológica, e conseqüentemente acidificação, é lançada cal na estação de tratamento (OLIVEIRA, 2005), aumentando o nível de carbonatos no efluente. Os valores de pH do rio no mês de setembro de 2006 apresentaram maiores variações comparados com o mês de março e apenas após o lançamento da ETE o pH se elevou alcançando o valor de 6,0.

Elementos analisados por FR-X

No mês de novembro de 2005 e março de 2006, a concentração de alumínio na água ultrapassou os limites do CONAMA 357/05 (0,10 mg.L) em todos os pontos, tanto a montante quanto jusante da ETA. É possível que estes resultados podem estar relacionados a fontes naturais ou a fontes difusas, e parecem não apresentar relação com os descartes

dos efluentes das estações de tratamento, já que ocorreram nos pontos a montante. Segundo CETESB (2005), ferro, alumínio e manganês, ocorrem naturalmente em quantidade significativas em solos paulistas, sendo carregados para os corpos d'água. REIS (2006) constatou na região de Registro, SP, concentrações destes compostos muito acima das estabelecidas pelo CONAMA 357/05 e não evidenciou a influência do descarte de uma ETA nas amostras de água. BARBOSA (2000) também encontrou concentrações elevadas de ferro e alumínio na água do rio Monjolinho, SP. Sendo assim, a presença desses elementos possivelmente não estão associadas a atividades antrópicas, como descarte de lodo da ETA.

Na coleta de março, há evidências da influência do despejo da ETA sobre o sedimento em relação ao CaO, P₂O₅ e Zn, observando aumento dos níveis de concentração dessas substâncias em relação às concentrações obtidas no ponto de coleta à montante do descarte do efluente da ETA. O Cr apresentou valores acima dos estabelecidos pelo PEL (90 mg/Kg), mas sem associação ao efluente da ETA, já que os valores foram detectados no ponto a montante do efluente.

Em setembro, os elementos determinados nas amostras de sedimento não evidenciaram influência pelo descarte do efluente da ETA, mostrando que o índice pluviométrico observado no período desta coleta pode ser um fator importante na dispersão dos resíduos no sedimento já evidenciado pela caracterização granulométrica de todos os pontos, onde os sedimentos se mostraram instáveis, comparados com as características observadas em março. As modificações da vazão durante épocas de pluviosidade e estações do ano provocam permanente reestruturação do leito do rio (SCHAEFER, 1995). Além disso, a transposição do lodo da ETA para a ETE também proporcionou menor impacto nos sedimentos. Já as concentrações de Ni e Cr ultrapassaram os limites de PEL em todos os pontos, tanto a montante quanto jusante da ETA, portanto, não tem origem dos descartes.

Comparando-se os níveis de Cr e Ni encontrados por COTRIN (2006) nos sedimentos da bacia hidrográfica do Vale do Ribeira, os valores foram próximos, indicando que as concentrações obtidas com certeza, não são oriundas da ETA e ETE. CETESB, 1999, constatou na região de estudo concentrações elevadas de metais tóxicos (cobre e

níquel), não relacionados às atividades mineradoras de Registro (CETESB, 1999; CETEC, 2001; HOGAN *et al.*, 2002; COTRIM, 2006).

Já nos pontos relacionados à ETE, observou-se em março de 2006, um potencial de acumulação no sedimento dos elementos Zinco, Cloro e Ferro, já que as concentrações encontradas a jusante do efluente foram maiores que a montante, apesar de ainda estarem abaixo dos limites estabelecidos utilizados neste trabalho. Em setembro do mesmo ano, mesmo com as cheias, os níveis desses elementos, com exceção do Fe, e mais Rb, Ni, Mn, P, Mg, Ti e Al continuaram com aumento nas concentrações medidas em relação ao ponto a montante. Estes compostos podem ter origem dos produtos químicos utilizados no próprio tratamento (BARBOSA, 2000; BARROSO, 2002; SOUSA, 2004) ou pelo próprio esgoto.

Matéria orgânica e nutrientes

Os sedimentos dos rios são constituídos por diversos materiais, orgânicos e inorgânicos, de origem autóctone ou alóctone. Vários fatores influenciam na sua formação, entre eles os hidrológicos, geológicos, relevo, vegetação do entorno, erosão e ocupação do solo (ESTEVES, 1998). A deposição da matéria orgânica depende de muitos fatores, como precipitação pluviométrica, escoamento superficial, substrato e ações antrópicas, sendo que a maior fonte de poluição orgânica são esgotos e despejos domésticos, agricultura (*run-off*) originados de armazenamento inadequado e despejos de animais), várias formas produção de alimentos e indústrias têxteis e de papel (ABEL, 1989) além do aporte natural vindos das matas.

Os sedimentos exibiram similaridade em termos de teor de matéria orgânica, tendo sido todos considerados inorgânicos pelo critério de UNGEMACH (1960) *apud* ESTEVES (1988), em que são considerados inorgânicos os sedimentos com teor de matéria orgânica inferior a 10% de peso seco, ou seja, todos os sedimentos foram considerados inorgânicos, pois tiveram menos de 10% de matéria orgânica. MOCCELLIN (2006) encontrou valores de matéria orgânica abaixo de 10% no rio Jacupiranguinha (SP), assim como BARRETO (1999) e NOVELLI (2005) no rio Monjolinho (SP).

Os rios, caracterizados pela correnteza, não chegam, em condições naturais (apenas excepcionalmente), a possuir concentrações elevadas de nutrientes. Por outro lado, são suscetíveis às influências do meio e, por essa razão, de características muito variáveis

(BRANCO, 1986), pois dependem de vários fatores como precipitação, por exemplo, onde não é possível prever o aporte de matéria alóctone.

O nitrogênio é um dos elementos mais importantes no metabolismo dos ecossistemas aquáticos. As principais fontes de nitrogênio são da chuva, materiais alóctones orgânicos e inorgânicos ou através da fixação molecular dentro do próprio sistema. O nitrogênio pode se apresentar sob diferentes formas sendo nitrato, nitrito e amônia as principais (ESTEVES, 1998).

Em setembro de 2006, foi encontrada a concentração de 439 mg.Kg de amônia no sedimento do ponto SLS 002, à montante da ETA. Neste mesmo ponto, foram encontradas elevadas concentrações de fósforo no sedimento (TAB. 13), além de constatado visualmente que o local sofre influência de esgotos clandestinos, ou seja, é uma área residencial que não há coleta de esgotos. Esgotos domésticos geralmente contêm altas concentrações de fósforo devido à formulação de detergentes conterem altos níveis desse composto (ABEL, 1986).

As concentrações de Nitrogênio Total (NKT) mais elevadas foram encontradas no ponto SLS 008 de 0,42 mg.L na água e 10.887 mg.Kg em setembro de 2006. As altas concentrações desses elementos provavelmente estão associadas com o efluente da ETE devido aos altos níveis encontrados a jusante do descarte, comparados com os dados a montante.

Os compostos de fósforo são um dos mais importantes fatores limitantes à vida dos organismos aquáticos (BRANCO, 1986). Despejos orgânicos, principalmente esgotos domésticos, podem enriquecer o ambiente com esse elemento, pela utilização crescente de detergentes de uso doméstico e industrial, contribuindo para o aumento dos níveis de fósforo. O fósforo presente em águas ricas em ferro e presença de elevados teores de oxigênio pode precipitar pela formação de fosfato ferroso insolúvel, assim pode haver uma considerável redução do teor de fósforo na coluna d'água como consequência da oxigenação. Entretanto ocasiona o acúmulo de fósforo no sedimento.

As concentrações de fósforo na água foram baixas na maioria das coletas, ficando acima do CONAMA 357/05 apenas em novembro de 2005 (0,10 mg.L) no ponto SLS 007, imediatamente a jusante da ETE. Foi observado também o aumento nos níveis deste

elemento na água nos pontos a jusante da ETE em março e setembro de 2006 quando comparados com as concentrações à montante. No sedimento foram observadas altas concentrações deste elemento na forma composta P_2O_5 em março (2006) nos pontos a jusante da ETA e da ETE e em setembro (2006) e no ponto a jusante da ETE, 007, evidenciando, provavelmente a relação da concentração deste composto com o descarte de efluentes e despejos domésticos e esgoto. Ou seja, o efluente das estações de tratamento e as condições oxigenadas e com altas concentrações de ferro na água contribuem para o acúmulo deste composto no sedimento.

Comunidade bentônica

Inserindo o componente temporal ao diagnóstico e, como monitores contínuos, a comunidade bentônica possibilita a avaliação a longo prazo dos efeitos de descargas regulares, intermitentes e difusas, de concentrações variáveis de poluentes, de poluição simples ou múltipla e de efeitos sinérgicos e antagônicos de contaminantes (EPA, 2000). Levando-se em consideração as características físico-químicas do ambiente e alterações naturais como a sazonalidade ou ações antrópicas, torna-se possível fazer uma diagnose da qualidade ambiental utilizando organismos bentônicos (FRIEDRICH *et al.*, 1990).

Vários fatores são importantes na estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos, como substrato, matéria orgânica, profundidade, vazão, variáveis físicas e químicas (WETZEL, 1983; HELLAWELL, 1986; CUMMINS, 1992). Neste trabalho foi observada a relação da presença das espécies principalmente com o substrato, a temperatura e pH. O período que apresentou menor densidade de organismos, setembro de 2006, foi também o período mais frio – não no momento da coleta, mas nos períodos anteriores, além de ter apresentado os menores valores de pH (abaixo de 6), condições limitantes para o desenvolvimento dos organismos, além de evidenciado que em setembro o substrato estava com as características alteradas se comparadas com as verificadas em março.

As comunidades de macroinvertebrados podem responder ao mesmo tempo aos efeitos de qualquer variável ambiental, seja ela ecológica, por distúrbios causados pelos fatores ambientais ou ecotoxicológicos. Entre os fatores ecológicos estão a composição do sedimento e a granulometria, profundidade e grau de trofia, além da predação e competição. Os fatores ecotoxicológicos incluem alterações no desenvolvimento, mortalidade,

reprodução, má formações, etc. Esses fatores são importantes para determinar a riqueza, a abundância e distribuição dos organismos.

A riqueza de organismos bentônicos encontrados no sedimento do Rio São Lourenço foi baixa, com exceção dos pontos SLS 006 em março, onde foram encontrados seis taxa, que pelos critérios para avaliação da degradação em rios pela CETESB (2007) foi considerado degradação moderada. Outro ponto que teve maior valor de riqueza, também em março, foi o ponto 008, com cinco taxa, mas a partir desse critério já foi considerado como degradação forte, assim como todos os outros pontos nos dois meses de coleta.

Foi evidenciada a presença da família Tubificidae nos seis pontos coletados em março de 2006. Em setembro do mesmo ano, nos pontos onde foram encontrados organismos eles estavam presentes, com exceção do ponto 008, onde estiveram presentes apenas organismos da família Naididae.

Sabe-se que os Tubificídeos têm preferência por sedimentos moles, além de serem considerados indicadores de água poluída (PENNAK, 1993; ALVES e STRIXINO, 2000). Foram os mais abundantes neste trabalho, em todos os pontos coletados nos dois períodos. A dominância desta família também foi evidenciada por REIS *et al.* (2006) ao estudar a comunidade bentônica no rio Ribeira de Iguape, SP, e HENRIQUE (1998) que avaliou a macrofauna bentônica do mesmo rio, ambiente com sedimentos finos e com fortes evidências de contaminação antrópica. Esses organismos também foram encontrados por TAKEDA (2001) no rio Paraná e em ambientes lóticos com forte correnteza, arenosos e com pouca matéria orgânica (MARCHESE, 1994), evidenciando a forte capacidade de adaptação do grupo.

Nos resultados obtidos neste trabalho, com relação à distribuição e densidade dos organismos, a montante e jusante da ETA de São Lourenço da Serra, observa-se uma possível influência na comunidade bentônica, pois a jusante, a presença de indivíduos foi à metade encontrada a montante, em março, e, em setembro, nenhum organismo foi encontrado a jusante da ETA. Logo, isso pode ser ocasionado provavelmente às características desinfetantes do efluente da ETA e compostos não detectados pelas análises químicas, pois foi verificada toxicidade do sedimento no ponto 003 (10m jusante). Nos resultados de REIS *et al.* (2006) foi evidenciado a jusante do descarte da ETA de Registro, onde foi a menor densidade e menor riqueza de organismos, corroborando os resultados

obtidos, evidenciando que o efluente da ETA realmente causa impacto na comunidade bentônica, possivelmente pelas suas características desinfetantes.

Já nos pontos à jusante da ETE, em março, observa-se um decréscimo na densidade dos macroinvertebrados no ponto logo após o descarte (ponto 007). No ponto à jusante (100 metros) observa-se um aumento considerável no número de organismos encontrados. O acúmulo de nutrientes no ponto a jusante da ETE pode ser responsável pelo aumento da densidade dos organismos devido às maiores contrações de compostos orgânicos. Cabe lembrar que a ETE também faz a cloração do efluente final, antes de ser lançado ao rio, promovendo a eliminação dos organismos no ponto jusante imediatamente após o lançamento. Esse fato é esperado devido à proximidade dos pontos de amostragem com a fonte de poluição.

O mês de março apresentou as maiores densidades de organismos. Este resultado, evidenciado no verão, provavelmente está relacionado às temperaturas mais altas, pois como já discutido, a temperatura acelera o metabolismo dos organismos e contribui para o desenvolvimento destes.

Ecotoxicidade

Diversas espécies de Cladocera são sensíveis e tem sido mundialmente utilizadas como organismos-teste em estudos de ecotoxicologia. As espécies *Daphnia magna*, *Daphnia similis* e *Ceriodaphnia dubia* são internacionalmente reconhecidas como organismos-teste utilizados em métodos padronizados (ROCHA & GUNTZEL, 1999). No estado de São Paulo, as espécies nativas *Daphnia laevis* e *Ceriodaphnia silvestrii* foram amplamente estudadas e testadas em estudos ecotoxicológicos para substituírem àquelas de regiões temperadas, visto serem igualmente ou até mais sensíveis (FONSECA, 1998), dependendo das substâncias de referência. *C. silvestrii* e *D. laevis* vem sendo utilizadas em estudos de monitoramento de águas, sedimentos e efluentes por diversos autores. FONSECA (1991) estudou a biologia destas espécies e utilizou como organismos-teste para avaliação de efluentes industriais. COSTA & SPÍNDOLA (2003) utilizaram *C. silvestrii* para avaliação da qualidade da água e sedimento em tributários do reservatório de Barra Bonita.

Na avaliação da qualidade de sedimentos *Chironomus xanthus* vem sendo muito utilizado por ser nativa no estado de São Paulo e por isso de grande importância em ensaios

ecotoxicológicos. Esta espécie também foi utilizada em trabalhos de monitoramento de efluentes industriais (FONSECA, 1997), na avaliação da qualidade sedimentos de represa (PAMPLIN, 1999), na avaliação da toxicidade de lodo de ETA (BARBOSA *et al.* 2000), na avaliação de sedimento bacia Piracicaba (FONSECA & ROCHA, 2000), no diagnóstico ambiental de Salto Grande, SP (DORNFELD, 2002) e na derivação de valores guia de qualidade de sedimentos para metais (SILVERIO, 2003) entre outros.

Hyalella azteca é um anfípodo de água doce de hábito epibentônico, com ampla distribuição geográfica. Devido aos seus hábitos herbívoros e detritívoros, constituem um elo importante nas cadeias alimentares dos corpos de água onde ocorrem possibilitando a transferência de energia produzida pelas algas e vegetais superiores para consumidores de nível trófico mais elevado (ABNT, 2006). Procedimentos para ensaios toxicológicos para avaliação de sedimentos com esta espécie estão descritos desde 1988 por ASTM (*American Society of Testing and Materials*). Sua biologia foi amplamente estudada em 1978 por KRUSCHWITZ. É utilizada na avaliação da qualidade de sedimentos (IMBIMBO, 2006; WATANABE, 2007), em estudos de monitoramento de sedimentos pela CETESB (2006) e testes *in situ* (CHAPPIE & BURTON, 1997) são alguns exemplos.

Os efluentes das ETA possuem características instáveis advindas dos fenômenos naturais, como por exemplo, o aporte de material alóctone nos rios. Logo, a toxicidade do corpo d'água pode variar ao longo de um mesmo dia ou ter influência sazonal, principalmente por se tratar de ambiente lótico, como discutido anteriormente. De acordo com CORNWELL *et al.* (1987), os resíduos de estações de tratamento de água (ETA) são potencialmente tóxicos e deletérios aos microcrustáceos (*Daphnia similis*) e quironomídeos (*Chironomus xanthus*), componentes significativos das comunidades bentônicas e planctônicas, importantes na alimentação de peixes.

A toxicidade aguda do sedimento apresentada no ponto SLS 003 (jusante 10m da ETA) aponta uma forte influência do descarte da ETA no sedimento, apesar das concentrações de metais estarem abaixo da legislação vigente, os compostos poluentes possuem comportamentos cumulativos nos organismos, causando efeitos letais mesmo em baixas concentrações.

Neste mesmo ponto, em três campanhas também foi observada a toxicidade crônica deste compartimento aos organismos testados. Os efeitos letais e subletais das

amostras, advindos de substâncias persistentes e bioacumuláveis, são prejudiciais ao ecossistema, causando um desequilíbrio, já que podem ser transferidos na cadeia alimentar e levar a morte dos organismos e ou redução na reprodução.

Os pontos a jusante da ETE (007 e 008, 10 e 100m respectivamente) apresentaram toxicidade aguda, o que indica a influência do descarte da ETE no sedimento do rio. Nestes pontos também foram observados efeitos crônicos aos organismos testados.

A baixa densidade de organismos encontrada corrobora com a má condição ambiental. LONG *et al.* (2005), observaram que a toxicidade do sedimento esteve diretamente relacionada à menor riqueza e à baixa abundância das comunidades bentônicas.

Assim como observado no sedimento, a água também apresentou toxicidade aguda e crônica nos pontos a jusante da ETA e ETE.

Análise integrada dos resultados

A partir dos resultados, a análise multivariada da coleta de setembro de 2006, sugere que o ponto SLS 008 é o mais degradado no ponto de vista ambiental, e que os pontos SLS 002 e 006 (montante da ETA e ETE respectivamente) são os pontos com menor degradação.

Na aplicação da tríade, segundo CHAPMAN (1990), as alterações encontradas no ambiente não são devidas à presença de tóxicos no meio, já que não foi apresentada toxicidade aguda do sedimento em setembro de 2006, mas por outro lado, a caracterização da comunidade bentônica apresentou índices de ambiente degradado, podendo ser efeito de interações entre espécies e ou outros fatores. Neste caso, pode-se atribuir a falta de organismos pela perturbação antrópica do ambiente.

O uso combinado de métodos de integração de dados facilita a interpretação dos resultados, pois se baseia no conceito de “peso de evidência”, que é o pilar fundamental da tríade de qualidade de sedimentos (ALMEIDA E ROCHA, 2006).

Os rios possuem naturalmente uma capacidade de autodepuração, tornando possível uma recuperação do rio neste trecho onde já se observa melhoras devido a transposição do descarte da ETA para a ETE de São Lourenço da Serra.

Juquitiba

Precipitação pluviométrica

Em Juquitiba, o rio São Lourenço, no trecho que passa pelo município de Juquitiba, já sofreu influência dos descartes da ETA e ETE de São Lourenço da Serra e outras fontes desconhecidas. As ETA de ambos os municípios adotam o sistema de tratamento convencional da água para abastecimento e utilizam o sulfato de alumínio no processo para purificação da água. Já as ETE têm funcionamento diferenciado, conforme descrito no capítulo sobre caracterização da área de estudo. Cabe lembrar novamente, que a transposição do lodo da ETA de Juquitiba para a ETE foi realizada apenas em agosto de 2006.

Foi evidente no período de estudo a influência das chuvas no ambiente, sendo que é clara a diferença entre o substrato nas duas coletas. As fortes chuvas ocasionaram o revolvimento e a desestruturação dos sedimentos, alterando a caracterização granulométrica nos pontos, principalmente nos pontos JQT 002, 003, 004 e 008. Além disso, o fato evidente de perturbações físicas causadas por extração de areia (pontos JQT 002 e 004) mostra que se trata de um ambiente instável e perturbado pelo homem.

Variáveis físicas e químicas

Os valores das variáveis de temperatura, oxigênio dissolvido, condutividade e pH foram próximos aos medidos em São Lourenço da Serra.

Na avaliação dos metais encontrados na água, considerando que no mês de setembro o lodo da ETA foi transferido para a ETE, não foram observadas diferenças entre os períodos estudados.

Matéria orgânica e nutrientes

Assim como em São Lourenço da Serra, as concentrações de matéria orgânica não ultrapassaram 1,3%. Estes baixos teores de matéria orgânica são típicos de ambientes lóticos, como já comentado anteriormente, e, novamente, em todos os pontos os sedimentos foram classificados como inorgânicos.

As concentrações de nitrogênio amoniacal no sedimento mais baixas foram encontradas no ponto JQT 008 (222 mg.kg) e a mais alta no ponto JQT 004 (250 mg.kg). As concentrações de NTK mais altas foram no ponto 002 e a mais baixa no ponto 008 (1.952 e 1.262 mg.kg, respectivamente). Comparando esses dados com os encontrados em São Lourenço da Serra, esses valores ficaram abaixo dos níveis detectados à montante de Jucitiba.

As concentrações de fósforo no sedimento não ultrapassaram 0,3% em todos os pontos em março e setembro de 2006. As concentrações deste elemento na água ultrapassaram os limites estabelecidos pelo CONAMA 357/05 em todos os pontos em março e novembro de 2005. Esse resultado indica que Jucitiba pode sofrer maior influência de descartes de efluentes domésticos e ou industriais do que São Lourenço da Serra, já que as concentrações desse elemento foram maiores.

Granulometria

Em Jucitiba, em todos os pontos as características granulométricas foram diferentes entre os meses coletados, mas foram muito mais evidentes nos pontos JQT 002, 004 e 008, as condições encontradas nos meses de março e setembro de 2006. Como já comentado, os sedimentos nos pontos JQT 002 e 004, sofreram impactos físicos pela mineração e as chuvas também podem ter promovido a alteração no substrato.

Comunidade bentônica

Quanto à estrutura da comunidade bentônica, a riqueza foi baixa em todos os pontos, com exceção do ponto 007 em março de 2006 e do ponto 008 em setembro de 2006 (riqueza 7 e 6, respectivamente). Comparando as espécies encontradas em São Lourenço da Serra, em Jucitiba foram encontrados outros organismos pertencentes às famílias Chironomidae, Ortocladinae, Ceratopogonidae, Tanypodinae e Curbiculidae, e a Ordem Tubificida em São Lourenço da Serra apresentou mais famílias que as encontradas em Jucitiba. Pela maior riqueza de espécies encontrada em Jucitiba, comparada com as encontradas na cidade a montante, pode se considerar que o ambiente em Jucitiba apresenta melhores condições para o estabelecimento das comunidades bentônicas.

Organismos da família Tanypodinae foram encontrados no ponto 006, em setembro de 2006. A presença desses organismos no ponto à montante da ETE pode indicar

uma melhor condição, já que Tanypodinae não foram encontrados em pontos mais poluídos e serem característicos de pontos de referência (MARQUES *et al.*, 1999; CETESB, 2007).

Foram encontrados organismos da espécie *Corbicula fluminea* nos pontos JQT 006 e 008 em setembro de 2006. Essa espécie, de origem chinesa, foi registrada pela primeira vez no Rio Grande do Sul e já foi encontrada em Ribeirão Preto, SP. A invasão vem ocasionando uma diminuição drástica no número de espécies de bivalves, entrando em competição direta com espécies nativas (MAC MARTON, 1983; FRANÇA *et al.*, 2004; MANSUR, 2004; CASTILHO *et al.*, 2007), devido a sua grande capacidade de adaptação e grande proliferação em diferentes tipos de ambientes (STRAYER, 1999).

No mês de março verificou-se a similaridade entre os pontos da ETA, 002 e 004. Em setembro a condição muda e os pontos 003 e 004 são mais similares. A mudança da estrutura das espécies entre os meses de coleta pode ser explicada pela transposição do lodo da ETA em agosto. Quimicamente foi possível constatar diferenças nas concentrações de Cloro no sedimento, que em setembro as concentrações foram quase menos da metade.

Já os pontos relacionados a ETE, em março, no ponto a montante do lançamento, os organismos predominantes foram da família Chironomidae. Apesar de ser considerada tolerante à poluição, resistir a baixos teores de oxigênio dissolvido e estar associada a ambientes com altas quantidades de matéria orgânica, a família contém espécies consideradas sensíveis à contaminação (SILVA, 2005; MARQUES *et al.*, 1999).

Nos pontos a montante e jusante da ETA (JQT 002 e 004), a família Tubificidae foi a mais abundante nos dois meses de coleta (março e setembro de 2006). A alta capacidade de adaptação deste grupo deve justificar sua presença em pontos tão desestruturados, como o ponto 002 e 004, que sofrem influência da mineração, e no ponto 003, que sofreu a influência do descarte do lodo da ETA até agosto de 2006 e posteriormente do efluente da ETA. Estes organismos são característicos de ambientes impactados e alterados.

Já nos pontos relacionados com a ETE, a família Tubificidae dominou apenas nos pontos a jusante do lançamento nos dois meses coletados. No ponto a montante (JQT 006), em março, foi dominante a família Chironomidae e em setembro a família Curbiculidae foi dominante. Sabe-se que estes organismos são espécies introduzidas de fácil adaptação,

e que por essas características se multiplicam com facilidade e entram em competição com as espécies nativas, dominando o ambiente.

A família Tubificidae esteve presente em todos os pontos coletados nos dois meses, com exceção do ponto 006 em março de 2006. Em geral, não há grandes diferenças entre os pontos, já que Tubificidae apresentou dominância na maioria. Do ponto de vista ambiental, a dominância de Tubificidae caracteriza um ambiente impactado.

Em março, no ponto JQT 003 (jusante 10m da ETA), foi encontrada a menor densidade de organismos bentônicos, comparando-se com os pontos 002 e 004. Como já comentado este ponto estava sob a influência do descarte da ETA, e as altas concentrações de zinco no sedimento, comparadas com as concentrações a montante, pode ter sido a causa da baixa densidade de organismos. No entanto, não foi possível correlacionar esses dados com as análises químicas realizadas.

Em setembro, a densidade de organismos nos pontos a montante e jusante da ETA foram maiores que as encontradas em março. Quimicamente, em setembro as concentrações de Zinco a jusante do efluente estiveram menores que em março.

As concentrações de alumínio na água também estiveram menores no mês de setembro comparadas com as concentrações encontradas em março. Porém, essa condição foi observada também a montante da ETA, não sendo possível associar estes resultados com o descarte do efluente. Para isso, seriam necessários estudos da pluma de dispersão e vazão do rio, pois o ponto a montante (100 metros) da ETA (JQT 002) poderia estar sofrendo influência do descarte no mês de março.

A maior densidade de organismos nos pontos da ETE em março provavelmente se deve ao desenvolvimento maior de organismos no verão proporcionados pelas maiores temperaturas. A densidade de organismos, assim como em São Lourenço da Serra, foi maior nos pontos a jusante da ETE.

Ecotoxicidade

Os ensaios ecotoxicológicos agudos realizados com os efluentes da ETA e ETE de Juquitiba apresentaram resultados tóxicos aos organismos testados. O sedimento dos pontos a jusante das estações, também apresentaram toxicidade aguda e crônica, indicando

que este compartimento sofre influência dos descartes. Assim como a água, que apresentou toxicidade aguda e crônica ns pontos a jusante dos lançamentos.

De acordo com WELTENS *et al.* (2000), muitos contaminantes são retidos em sólidos suspensos presentes na água, o que pode diminuir sua toxicidade. Nenhuma correlação significativa foi encontrada entre os metais em amostras da água e da toxicidade aguda e crônica dos dados dos ensaios de RODGHER *et al.* (2005), assim como neste trabalho que não foi possível associar a contaminação química com os resultados ecotoxicológicos.

Análise integrada

A partir dos resultados, a análise multivariada da coleta de setembro de 2006, sugere que o ponto JQT 008 apresentou a menor similaridade entre os pontos, pela ausência de argila e maior concentração de areia. Nota-se que o agrupamento foi influenciado principalmente pelas características granulométricas do sedimento. Os pontos 004 e 006 foram mais similares devido à ausência de organismos bentônicos e a semelhança nas porções granulométricas do sedimento.

Na aplicação da TQS (CHAPMAN, 1990), o ponto a montante da ETA (JQT 002) e o ponto a jusante (004), a possível conclusão para a alteração apresentada quanto a comunidade bentônica, é devida a interações entre espécies e ou outros fatores, no caso, perturbações antrópicas.

No ponto a montante da ETE, foi o ponto com melhores condições ambientais, ou seja, menos degradado. E no ponto a jusante da ETE, certos contaminantes podem não ter sido dosados ou existem outras condições com potencial para provocar degradação.

9. Considerações Finais

O uso de estratégias multivariadas, a concepção de índices de qualidade de sedimento ou a simplificação da aplicação da tríade em um diagnóstico único gera importante perda de informação que pode ser crucial à tomada de decisões. É essencial que a aplicação destas metodologias seja, pelo menos, precedidas da análise integral dos resultados das diferentes linhas de evidência por uma junta de especialistas capazes de definir futuras linhas de investigação, ações de controle e prioridades ambientais nas bacias

estudadas (CETESB, 2007). O ambiente estudado apresentou níveis altos de contaminação, mas para um diagnóstico íntegro e eficaz, para a tomada de ações mitigadoras, faz-se necessário a avaliação contínua e o monitoramento de pontos mais a jusante e a montante, além da investigação das fontes difusas e clandestinas de efluentes detectados nos momentos de coleta.

Os critérios utilizados no Brasil para a avaliação dos sedimentos, como os índices de PEL e TEL, nem sempre podem ser aplicados. Neste trabalho foram verificados níveis excedentes a esses critérios que não causaram efeitos tóxicos aos organismos testados. Segundo CETESB (2006), os critérios adotados para classificar os sedimentos não são definitivos. A geração de um maior número de dados irá permitir o aperfeiçoamento e implementação das variáveis adotadas, o que potencialmente possibilitará o estabelecimento de um índice da qualidade do sedimento adaptado para o Estado de São Paulo. Sendo assim, o presente trabalho gerou informações importantes para o desenvolvimento desses índices e a respeito de uma área que exerce influência em uma das mais importantes regiões de conservação do Brasil, o Vale do Ribeira.

Outra importante classe de contaminantes aqui não analisados foram os pesticidas. Em análise das amostras de água de 38 reservatórios em 7 bacias hidrográficas do estado de São Paulo (Paranapanema, Paraná, Iguape, Tietê, Paraíba, rios Pardo e Grande), CÁCERES *et al.* (1987) encontraram resíduos BHC e DDT (pesticidas organoclorados) em todas elas. Provavelmente estes contaminantes podem estar presentes nas amostras dessa região pelo uso destes produtos em cultivos de hortaliças, comum na região.

7. Conclusões

São Lourenço da Serra

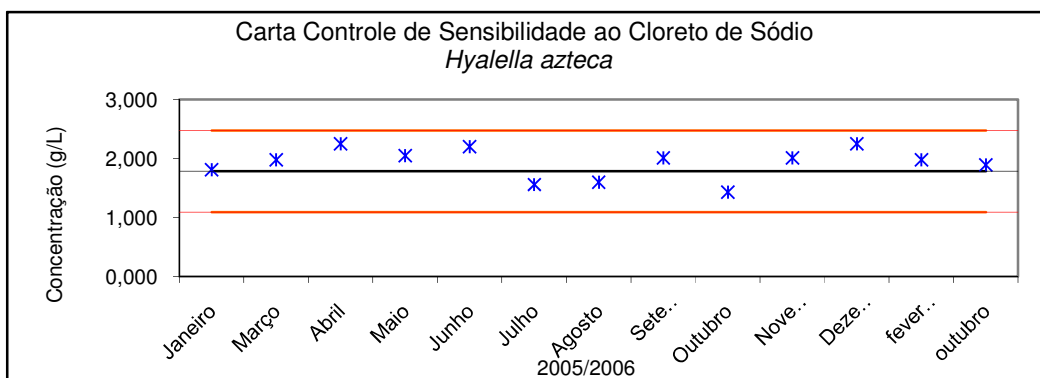
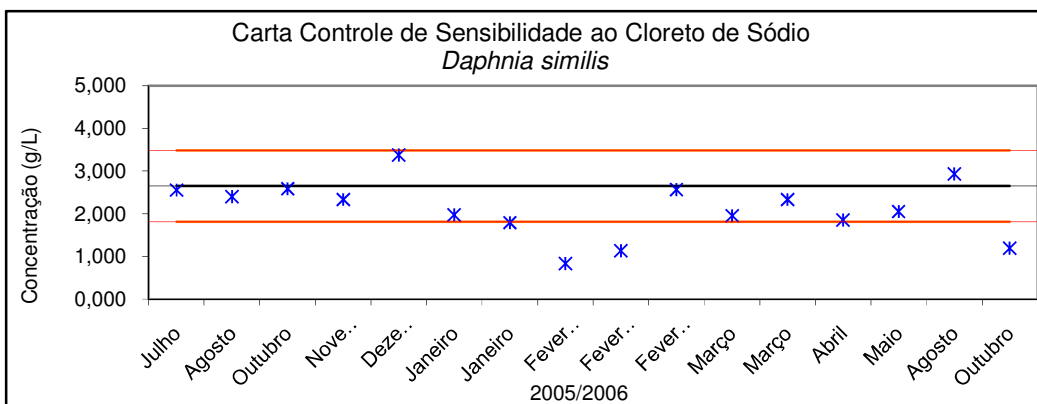
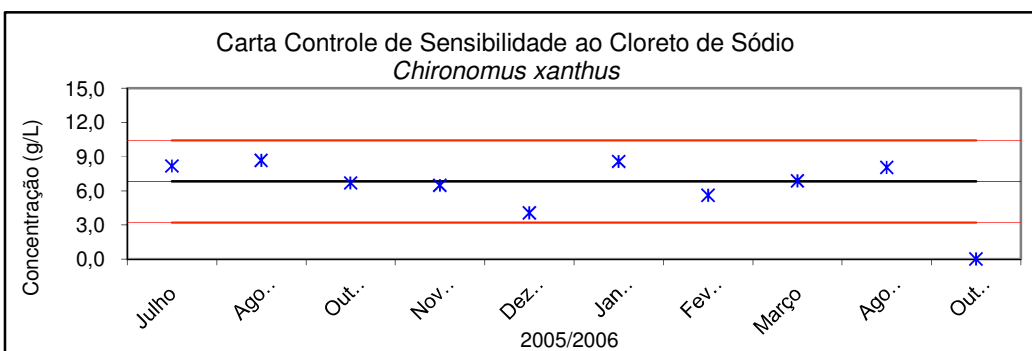
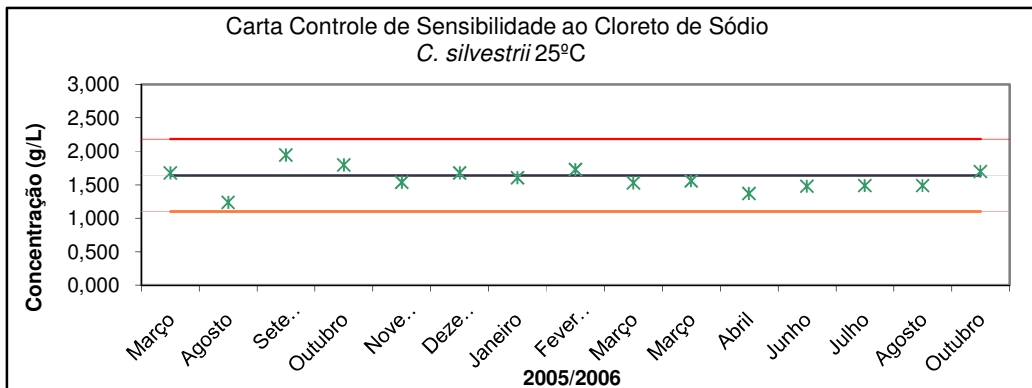
- Os níveis de zinco, cloro e ferro no sedimento a jusante da ETE em março de 2006, foram maiores que a montante, corroborando um potencial de acúmulo após o lançamento.
- A água do rio São Lourenço em São Lourenço da Serra apresentou altos níveis da concentração de Fe e Al, encontrados acima dos limites estabelecidos pelo CONAMA 357/05 nas amostras de água coletadas em todos os pontos, sendo que não tem origem dos efluentes já que esteve presentes em todos os pontos, inclusive a montante do lançamento do efluente;
- As altas concentrações de fósforo na água nos pontos SLS 002 e 007 estão relacionadas ao esgoto e efluentes domésticos;
- A estrutura da comunidade bentônica a jusante da ETA mostrou maior grau de degradação, aspecto esperado pelas características desinfetante do efluente;
- Todos os pontos relacionados à ETE apresentaram baixa diversidade, densidade e organismos oportunistas, principalmente o ponto 007, sendo que o ponto a montante apresenta condições melhores, devido a maior diversidade de organismos encontrados;
- A comunidade bentônica apresentou maior densidade no verão, assim como nos pontos a jusante da ETE;
- A ETA e ETE de São Lourenço da Serra causam efeitos ecotoxicológicos agudos e crônicos no ambiente;
- Nas análises multivariadas, índices ecológicos e similaridade da comunidade bentônica, os pontos que apresentaram maior grau de degradação foram SLS 004 e SLS 007, ambas a jusante dos lançamentos da ETA e ETE respectivamente.
- Na Tríade de Qualidade de Sedimentos, todos os pontos apresentam degradação.

Juquitiba

- Organismos da família Tubificidae foram dominantes em todos os pontos da ETA nos dois períodos coletados; os pontos relacionados a ETA apresentaram menor diversidade que os pontos da ETE.
- O ponto à montante da ETE apresentou condições melhores em março, devido à dominância de organismos sensíveis à contaminação (Chironomídeos) e em setembro, devido à maior diversidade de organismos bentônicos encontrados.
- A condutividade e o pH apresentaram variações sazonais.
- O alumínio foi encontrado acima dos limites estabelecidos pelo Conama 357/05 nas amostras de água coletada em todos os pontos, sendo que não tem origem dos efluentes.
- Os efluentes das ETA e ETE de Juquitiba causam efeitos ecotoxicológicos agudos e crônicos para os organismos aquáticos;
- Nas análises multivariadas, índices ecológicos e similaridade da comunidade bentônica, os pontos que apresentaram maior grau de degradação foram SLS 007 e SLS 008, ambos a jusante dos lançamentos da ETE.
- Na aplicação da TQS, a ETA de Juquitiba não causa degradação no ambiente, ao contrário da ETE.

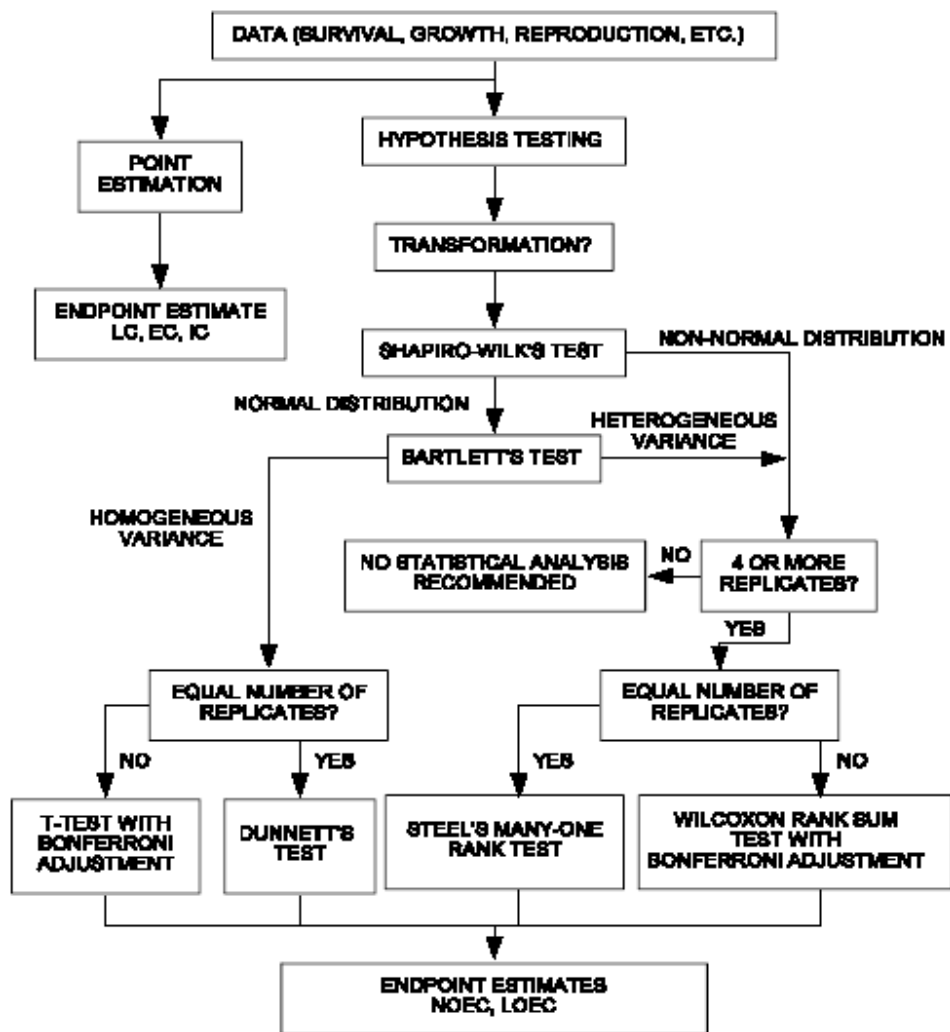
APÊNDICE

A



ANEXO

A



EPA-821-R-02-013, 2000

ANEXO

B

BOLETIM DE ANÁLISE N° 46585/2006-0
Processo Comercial N° 5359/2006-2

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

Empresa solicitante:	Angélica Megda da Silva
Endereço:	Avenida Professor Lineu Prestes, 2240 - - Cidade Universitária - São Paulo - SP - CEP: 05.508-000 .
Nome do Solicitante:	Angélica Megda da Silva

DADOS REFERENTES A AMOSTRA

Identificação do Cliente:	2 - JQT 004		
Amostra Rotulada como:	Água AVALIAÇÃO AMBIENTAL JQT/SLS		
Coletor:	Interessado	Data da coleta:	12/9/2006 11:00:00
Data da entrada no laboratório:	13/09/2006 14:46	Data de Elaboração do BA:	10/10/2006

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

<i>Parâmetros</i>	<i>Unidade</i>	<i>LQ</i>	<i>Resultados analíticos</i>
Amônia	mg/L	0,1	< 0,1
Fenol	µg/L	0,1	< 0,1
Nitrogênio Total Kjeldahl	mg/L	0,01	0,43

CONTROLE DE QUALIDADE DO LABORATÓRIO

Controle de Qualidade - SVOC - Água

47547/2006-0 - Branco de Análise - SVOC - Água

<i>Parâmetros</i>	<i>Unidade</i>	<i>LQ</i>	<i>Resultados analíticos</i>
Fenol	µg/L	0,1	< 0,1

47548/2006-0 - LCS - SVOC - Água

<i>Parâmetros</i>	<i>Quantidade Adicionada</i>	<i>Unidade</i>	<i>Resultado da Recuperação (%)</i>	<i>Faixa Aceitável de Recuperação (%)</i>
4-Cloro-3-Metilfenol	5	µg/L	44	25 - 110
2-Clorofenol	5	µg/L	32	25 - 110
4-Nitrofenol	5	µg/L	38	25 - 110
Pentaclorofenol	5	µg/L	83	25 - 110
Fenol	5	µg/L	28	25 - 110
Acenafteno	2,5	µg/L	67	25 - 110
1,4-Diclorobenzeno	2,5	µg/L	90	25 - 110
2,4-Dinitrotolueno	2,5	µg/L	62	25 - 110
Pireno	2,5	µg/L	59	25 - 110
1,2,4-Triclorobenzeno	2,5	µg/L	68	25 - 110

Recuperação dos Surrogates

47547/2006-0 - Branco de Análise - SVOC - Água

<i>Parâmetros</i>	<i>Quantidade Adicionada</i>	<i>Unidade</i>	<i>Resultado da Recuperação (%)</i>	<i>Faixa Aceitável de Recuperação (%)</i>
2-Fluorbifenil	5	%	40	25 - 110
Terfenil d14	5	%	58	25 - 110

BOLETIM DE ANÁLISE N° 46581/2006-0
Processo Comercial N° 5359/2006-2

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

Empresa solicitante:	Angélica Megda da Silva
Endereço:	Avenida Professor Lineu Prestes, 2240 - - Cidade Universitária - São Paulo - SP - CEP: 05.508-000 .
Nome do Solicitante:	Angélica Megda da Silva

DADOS REFERENTES A AMOSTRA

Identificação do Cliente:	1 - JQT 002		
Amostra Rotulada como:	Água AVALIAÇÃO AMBIENTAL JQT/SLS		
Coletor:	Interessado	Data da coleta:	12/9/2006 09:40:00
Data da entrada no laboratório:	13/09/2006 14:33	Data de Elaboração do BA:	10/10/2006

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

<i>Parâmetros</i>	<i>Unidade</i>	<i>LQ</i>	<i>Resultados analíticos</i>
Amônia	mg/L	0,1	< 0,1
Fenol	µg/L	0,1	< 0,1
Nitrogênio Total Kjeldahl	mg/L	0,01	0,27

CONTROLE DE QUALIDADE DO LABORATÓRIO

Controle de Qualidade - SVOC - Água

47547/2006-0 - Branco de Análise - SVOC - Água

<i>Parâmetros</i>	<i>Unidade</i>	<i>LQ</i>	<i>Resultados analíticos</i>
Fenol	µg/L	0,1	< 0,1

47548/2006-0 - LCS - SVOC - Água

<i>Parâmetros</i>	<i>Quantidade Adicionada</i>	<i>Unidade</i>	<i>Resultado da Recuperação (%)</i>	<i>Faixa Aceitável de Recuperação (%)</i>
4-Cloro-3-Metilfenol	5	µg/L	44	25 - 110
2-Clorofenol	5	µg/L	32	25 - 110
4-Nitrofenol	5	µg/L	38	25 - 110
Pentaclorofenol	5	µg/L	83	25 - 110
Fenol	5	µg/L	28	25 - 110
Acenafteno	2,5	µg/L	67	25 - 110
1,4-Diclorobenzeno	2,5	µg/L	90	25 - 110
2,4-Dinitrotolueno	2,5	µg/L	62	25 - 110
Pireno	2,5	µg/L	59	25 - 110
1,2,4-Triclorobenzeno	2,5	µg/L	68	25 - 110

Recuperação dos Surrogates

47547/2006-0 - Branco de Análise - SVOC - Água

<i>Parâmetros</i>	<i>Quantidade Adicionada</i>	<i>Unidade</i>	<i>Resultado da Recuperação (%)</i>	<i>Faixa Aceitável de Recuperação (%)</i>
2-Fluorbifenil	5	%	40	25 - 110
Terfenil d14	5	%	58	25 - 110

BOLETIM DE ANÁLISE N° 46589/2006-0
Processo Comercial N° 5359/2006-2

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

Empresa solicitante:	Angélica Megda da Silva
Endereço:	Avenida Professor Lineu Prestes, 2240 - - Cidade Universitária - São Paulo - SP - CEP: 05.508-000 .
Nome do Solicitante:	Angélica Megda da Silva

DADOS REFERENTES A AMOSTRA

Identificação do Cliente:	4 - JQT 006		
Amostra Rotulada como:	Água AVALIAÇÃO AMBIENTAL JQT/SLS		
Coletor:	Interessado	Data da coleta:	12/9/2006 12:30:00
Data da entrada no laboratório:	13/09/2006 14:51	Data de Elaboração do BA:	10/10/2006

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

<i>Parâmetros</i>	<i>Unidade</i>	<i>LQ</i>	<i>Resultados analíticos</i>
Amônia	mg/L	0,1	< 0,1
Fenol	µg/L	0,1	< 0,1
Nitrogênio Total Kjeldahl	mg/L	0,01	0,39

CONTROLE DE QUALIDADE DO LABORATÓRIO

Controle de Qualidade - SVOC - Água

47547/2006-0 - Branco de Análise - SVOC - Água

<i>Parâmetros</i>	<i>Unidade</i>	<i>LQ</i>	<i>Resultados analíticos</i>
Fenol	µg/L	0,1	< 0,1

47548/2006-0 - LCS - SVOC - Água

<i>Parâmetros</i>	<i>Quantidade Adicionada</i>	<i>Unidade</i>	<i>Resultado da Recuperação (%)</i>	<i>Faixa Aceitável de Recuperação (%)</i>
4-Cloro-3-Metilfenol	5	µg/L	44	25 - 110
2-Clorofenol	5	µg/L	32	25 - 110
4-Nitrofenol	5	µg/L	38	25 - 110
Pentaclorofenol	5	µg/L	83	25 - 110
Fenol	5	µg/L	28	25 - 110
Acenafteno	2,5	µg/L	67	25 - 110
1,4-Diclorobenzeno	2,5	µg/L	90	25 - 110
2,4-Dinitrotolueno	2,5	µg/L	62	25 - 110
Pireno	2,5	µg/L	59	25 - 110
1,2,4-Triclorobenzeno	2,5	µg/L	68	25 - 110

Recuperação dos Surrogates

47547/2006-0 - Branco de Análise - SVOC - Água

<i>Parâmetros</i>	<i>Quantidade Adicionada</i>	<i>Unidade</i>	<i>Resultado da Recuperação (%)</i>	<i>Faixa Aceitável de Recuperação (%)</i>
2-Fluorbifenil	5	%	40	25 - 110
Terfenil d14	5	%	58	25 - 110

BOLETIM DE ANÁLISE N° 46587/2006-0
Processo Comercial N° 5359/2006-2

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

Empresa solicitante:	Angélica Megda da Silva
Endereço:	Avenida Professor Lineu Prestes, 2240 - - Cidade Universitária - São Paulo - SP - CEP: 05.508-000 .
Nome do Solicitante:	Angélica Megda da Silva

DADOS REFERENTES A AMOSTRA

Identificação do Cliente:	3 - JQT 008		
Amostra Rotulada como:	Água AVALIAÇÃO AMBIENTAL JQT/SLS		
Coletor:	Interessado	Data da coleta:	12/9/2006 11:30:00
Data da entrada no laboratório:	13/09/2006 14:48	Data de Elaboração do BA:	10/10/2006

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

<i>Parâmetros</i>	<i>Unidade</i>	<i>LQ</i>	<i>Resultados analíticos</i>
Amônia	mg/L	0,1	< 0,1
Fenol	µg/L	0,1	< 0,1
Nitrogênio Total Kjeldahl	mg/L	0,01	0,33

CONTROLE DE QUALIDADE DO LABORATÓRIO

Controle de Qualidade - SVOC - Água

47547/2006-0 - Branco de Análise - SVOC - Água

<i>Parâmetros</i>	<i>Unidade</i>	<i>LQ</i>	<i>Resultados analíticos</i>
Fenol	µg/L	0,1	< 0,1

47548/2006-0 - LCS - SVOC - Água

<i>Parâmetros</i>	<i>Quantidade Adicionada</i>	<i>Unidade</i>	<i>Resultado da Recuperação (%)</i>	<i>Faixa Aceitável de Recuperação (%)</i>
4-Cloro-3-Metilfenol	5	µg/L	44	25 - 110
2-Clorofenol	5	µg/L	32	25 - 110
4-Nitrofenol	5	µg/L	38	25 - 110
Pentaclorofenol	5	µg/L	83	25 - 110
Fenol	5	µg/L	28	25 - 110
Acenafteno	2,5	µg/L	67	25 - 110
1,4-Diclorobenzeno	2,5	µg/L	90	25 - 110
2,4-Dinitrotolueno	2,5	µg/L	62	25 - 110
Pireno	2,5	µg/L	59	25 - 110
1,2,4-Triclorobenzeno	2,5	µg/L	68	25 - 110

Recuperação dos Surrogates

47547/2006-0 - Branco de Análise - SVOC - Água

<i>Parâmetros</i>	<i>Quantidade Adicionada</i>	<i>Unidade</i>	<i>Resultado da Recuperação (%)</i>	<i>Faixa Aceitável de Recuperação (%)</i>
2-Fluorbifenil	5	%	40	25 - 110
Terfenil d14	5	%	58	25 - 110

BOLETIM DE ANÁLISE N° 46593/2006-0
Processo Comercial N° 5359/2006-2

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

Empresa solicitante:	Angélica Megda da Silva
Endereço:	Avenida Professor Lineu Prestes, 2240 - - Cidade Universitária - São Paulo - SP - CEP: 05.508-000 .
Nome do Solicitante:	Angélica Megda da Silva

DADOS REFERENTES A AMOSTRA

Identificação do Cliente:	8 - SLS 002		
Amostra Rotulada como:	Água AVALIAÇÃO AMBIENTAL JQT/SLS		
Coletor:	Interessado	Data da coleta:	12/9/2006 17:30:00
Data da entrada no laboratório:	13/09/2006 15:02	Data de Elaboração do BA:	10/10/2006

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

<i>Parâmetros</i>	<i>Unidade</i>	<i>LQ</i>	<i>Resultados analíticos</i>
Amônia	mg/L	0,1	< 0,1
Fenol	µg/L	0,1	< 0,1
Nitrogênio Total Kjeldahl	mg/L	0,01	0,28

CONTROLE DE QUALIDADE DO LABORATÓRIO

Controle de Qualidade - SVOC - Água

47547/2006-0 - Branco de Análise - SVOC - Água

<i>Parâmetros</i>	<i>Unidade</i>	<i>LQ</i>	<i>Resultados analíticos</i>
Fenol	µg/L	0,1	< 0,1

47548/2006-0 - LCS - SVOC - Água

<i>Parâmetros</i>	<i>Quantidade Adicionada</i>	<i>Unidade</i>	<i>Resultado da Recuperação (%)</i>	<i>Faixa Aceitável de Recuperação (%)</i>
4-Cloro-3-Metilfenol	5	µg/L	44	25 - 110
2-Clorofenol	5	µg/L	32	25 - 110
4-Nitrofenol	5	µg/L	38	25 - 110
Pentaclorofenol	5	µg/L	83	25 - 110
Fenol	5	µg/L	28	25 - 110
Acenafteno	2,5	µg/L	67	25 - 110
1,4-Diclorobenzeno	2,5	µg/L	90	25 - 110
2,4-Dinitrotolueno	2,5	µg/L	62	25 - 110
Pireno	2,5	µg/L	59	25 - 110
1,2,4-Triclorobenzeno	2,5	µg/L	68	25 - 110

Recuperação dos Surrogates

47547/2006-0 - Branco de Análise - SVOC - Água

<i>Parâmetros</i>	<i>Quantidade Adicionada</i>	<i>Unidade</i>	<i>Resultado da Recuperação (%)</i>	<i>Faixa Aceitável de Recuperação (%)</i>
2-Fluorbifenil	5	%	40	25 - 110
Terfenil d14	5	%	58	25 - 110

BOLETIM DE ANÁLISE N° 46590/2006-0
Processo Comercial N° 5359/2006-2

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

Empresa solicitante:	Angélica Megda da Silva
Endereço:	Avenida Professor Lineu Prestes, 2240 - - Cidade Universitária - São Paulo - SP - CEP: 05.508-000 .
Nome do Solicitante:	Angélica Megda da Silva

DADOS REFERENTES A AMOSTRA

Identificação do Cliente:	5 - SLS 004		
Amostra Rotulada como:	Água AVALIAÇÃO AMBIENTAL JQT/SLS		
Coletor:	Interessado	Data da coleta:	12/9/2006 14:40:00
Data da entrada no laboratório:	13/09/2006 14:56	Data de Elaboração do BA:	10/10/2006

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

<i>Parâmetros</i>	<i>Unidade</i>	<i>LQ</i>	<i>Resultados analíticos</i>
Amônia	mg/L	0,1	< 0,1
Fenol	µg/L	0,1	< 0,1
Nitrogênio Total Kjeldahl	mg/L	0,01	0,35

CONTROLE DE QUALIDADE DO LABORATÓRIO

Controle de Qualidade - SVOC - Água

47547/2006-0 - Branco de Análise - SVOC - Água

<i>Parâmetros</i>	<i>Unidade</i>	<i>LQ</i>	<i>Resultados analíticos</i>
Fenol	µg/L	0,1	< 0,1

47548/2006-0 - LCS - SVOC - Água

<i>Parâmetros</i>	<i>Quantidade Adicionada</i>	<i>Unidade</i>	<i>Resultado da Recuperação (%)</i>	<i>Faixa Aceitável de Recuperação (%)</i>
4-Cloro-3-Metilfenol	5	µg/L	44	25 - 110
2-Clorofenol	5	µg/L	32	25 - 110
4-Nitrofenol	5	µg/L	38	25 - 110
Pentaclorofenol	5	µg/L	83	25 - 110
Fenol	5	µg/L	28	25 - 110
Acenafteno	2,5	µg/L	67	25 - 110
1,4-Diclorobenzeno	2,5	µg/L	90	25 - 110
2,4-Dinitrotolueno	2,5	µg/L	62	25 - 110
Pireno	2,5	µg/L	59	25 - 110
1,2,4-Triclorobenzeno	2,5	µg/L	68	25 - 110

Recuperação dos Surrogates

47547/2006-0 - Branco de Análise - SVOC - Água

<i>Parâmetros</i>	<i>Quantidade Adicionada</i>	<i>Unidade</i>	<i>Resultado da Recuperação (%)</i>	<i>Faixa Aceitável de Recuperação (%)</i>
2-Fluorbifenil	5	%	40	25 - 110
Terfenil d14	5	%	58	25 - 110

BOLETIM DE ANÁLISE N° 46592/2006-0
Processo Comercial N° 5359/2006-2

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

Empresa solicitante:	Angélica Megda da Silva
Endereço:	Avenida Professor Lineu Prestes, 2240 - - Cidade Universitária - São Paulo - SP - CEP: 05.508-000 .
Nome do Solicitante:	Angélica Megda da Silva

DADOS REFERENTES A AMOSTRA

Identificação do Cliente:	7 - SLS 006		
Amostra Rotulada como:	Água AVALIAÇÃO AMBIENTAL JQT/SLS		
Coletor:	Interessado	Data da coleta:	12/9/2006 17:00:00
Data da entrada no laboratório:	13/09/2006 15:00	Data de Elaboração do BA:	10/10/2006

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

<i>Parâmetros</i>	<i>Unidade</i>	<i>LQ</i>	<i>Resultados analíticos</i>
Amônia	mg/L	0,1	< 0,1
Fenol	µg/L	0,1	< 0,1
Nitrogênio Total Kjeldahl	mg/L	0,01	0,30

CONTROLE DE QUALIDADE DO LABORATÓRIO

Controle de Qualidade - SVOC - Água

47547/2006-0 - Branco de Análise - SVOC - Água

<i>Parâmetros</i>	<i>Unidade</i>	<i>LQ</i>	<i>Resultados analíticos</i>
Fenol	µg/L	0,1	< 0,1

47548/2006-0 - LCS - SVOC - Água

<i>Parâmetros</i>	<i>Quantidade Adicionada</i>	<i>Unidade</i>	<i>Resultado da Recuperação (%)</i>	<i>Faixa Aceitável de Recuperação (%)</i>
4-Cloro-3-Metilfenol	5	µg/L	44	25 - 110
2-Clorofenol	5	µg/L	32	25 - 110
4-Nitrofenol	5	µg/L	38	25 - 110
Pentaclorofenol	5	µg/L	83	25 - 110
Fenol	5	µg/L	28	25 - 110
Acenafteno	2,5	µg/L	67	25 - 110
1,4-Diclorobenzeno	2,5	µg/L	90	25 - 110
2,4-Dinitrotolueno	2,5	µg/L	62	25 - 110
Pireno	2,5	µg/L	59	25 - 110
1,2,4-Triclorobenzeno	2,5	µg/L	68	25 - 110

Recuperação dos Surrogates

47547/2006-0 - Branco de Análise - SVOC - Água

<i>Parâmetros</i>	<i>Quantidade Adicionada</i>	<i>Unidade</i>	<i>Resultado da Recuperação (%)</i>	<i>Faixa Aceitável de Recuperação (%)</i>
2-Fluorbifenil	5	%	40	25 - 110
Terfenil d14	5	%	58	25 - 110

BOLETIM DE ANÁLISE N° 46591/2006-0
Processo Comercial N° 5359/2006-2

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

Empresa solicitante:	Angélica Megda da Silva
Endereço:	Avenida Professor Lineu Prestes, 2240 - - Cidade Universitária - São Paulo - SP - CEP: 05.508-000 .
Nome do Solicitante:	Angélica Megda da Silva

DADOS REFERENTES A AMOSTRA

Identificação do Cliente:	6 - SLS 008		
Amostra Rotulada como:	Água AVALIAÇÃO AMBIENTAL JQT/SLS		
Coletor:	Interessado	Data da coleta:	12/9/2006 15:55:00
Data da entrada no laboratório:	13/09/2006 14:58	Data de Elaboração do BA:	10/10/2006

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

<i>Parâmetros</i>	<i>Unidade</i>	<i>LQ</i>	<i>Resultados analíticos</i>
Amônia	mg/L	0,1	< 0,1
Fenol	µg/L	0,1	< 0,1
Nitrogênio Total Kjeldahl	mg/L	0,01	0,42

CONTROLE DE QUALIDADE DO LABORATÓRIO

Controle de Qualidade - SVOC - Água

47547/2006-0 - Branco de Análise - SVOC - Água

<i>Parâmetros</i>	<i>Unidade</i>	<i>LQ</i>	<i>Resultados analíticos</i>
Fenol	µg/L	0,1	< 0,1

47548/2006-0 - LCS - SVOC - Água

<i>Parâmetros</i>	<i>Quantidade Adicionada</i>	<i>Unidade</i>	<i>Resultado da Recuperação (%)</i>	<i>Faixa Aceitável de Recuperação (%)</i>
4-Cloro-3-Metilfenol	5	µg/L	44	25 - 110
2-Clorofenol	5	µg/L	32	25 - 110
4-Nitrofenol	5	µg/L	38	25 - 110
Pentaclorofenol	5	µg/L	83	25 - 110
Fenol	5	µg/L	28	25 - 110
Acenafteno	2,5	µg/L	67	25 - 110
1,4-Diclorobenzeno	2,5	µg/L	90	25 - 110
2,4-Dinitrotolueno	2,5	µg/L	62	25 - 110
Pireno	2,5	µg/L	59	25 - 110
1,2,4-Triclorobenzeno	2,5	µg/L	68	25 - 110

Recuperação dos Surrogates

47547/2006-0 - Branco de Análise - SVOC - Água

<i>Parâmetros</i>	<i>Quantidade Adicionada</i>	<i>Unidade</i>	<i>Resultado da Recuperação (%)</i>	<i>Faixa Aceitável de Recuperação (%)</i>
2-Fluorbifenil	5	%	40	25 - 110
Terfenil d14	5	%	58	25 - 110

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABEL, P.D. Water Pollution Biology. *Publicado por CRC Press, ISBN 0748406190, 780748406197. 286 páginas*1989.
- ABESSA, D.M.S., **Avaliação da qualidade do sedimento do sistema estuarino de Santos, SP, Brasil.** Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico. 290p. 2002.
- ABESSA, D.M.S.; Carr, R.S.; Rachid, B.R.F.; Sousa, E.C.P.M.; Hortelani, M.A. And Sarkis, J.E. **Influence Of A Brazilian Sewage Outfall On The Toxicity And Contamination Of Adjacent Sediments.** Marine Pollution Bulletin 50: 875-885. 2005.
- ABESSA D.M.S.; CARR, R.S; SOUZA, E.C.P.M; RACHID,B, R.; ZARONI, L.P.; GASPARRO,M.; PINTO,Y.A; BÍCERO; HORTELLANI,M. A; SARKIS,J.E. AND MUNIZ, P. . **Integrative ecotoxicological assessment of contaminated sediments in a complex tropical estuarine system.** In: Marine Pollution: New Research, 2008.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Determinação de matéria orgânica NBR 13 600. Rio de Janeiro. 1996.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Ecotoxicologia aquática – **Ensaio de toxicidade aguda com *Daphnia sp* (Cladocera, Crustacea)** NBR 12 713. Rio de Janeiro. 2004.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Ecotoxicologia aquática – **Ensaio de toxicidade crônica com *Ceriodaphnia sp* (Cladocera, Crustacea).** NBR 13373. Rio de Janeiro, 2005.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Ecotoxicologia aquática – **Toxicidade em sedimento – Método de ensaio com *Hyalella spp* (Amphipoda)** Projeto 00:001.44-006:2006.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Ecotoxicologia aquática – **Preservação e preparo de amostras.** Projeto 00:001.44-004. 2007
- ADAMS, W. J. **Aquatic Toxicology Testing Methods.** In: HOFFMAN, D.J.; RATTNER, B.A; BURTON, G.A; Jr.; CAIRNS, J.;Jr. eds. **Handbook of Ecotoxicology.** Boca Raton, Lewis Publishers. 1995.
- ALMEIDA, A. L. A. de A. **Comparação temporal de uma associação de bivalves límnicos do rio Pardo, município de Ribeirão Preto, Estado de São Paulo, Brasil.** UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO FFCLRP - DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA. Ribeirão Preto SP 2006.
- ALMEIDA, C. A. & ROCHA, O. **Estudo Comparativo da Qualidade dos Sedimentos dos Reservatórios do Rio Tietê (SP).** *J. Braz. Soc. Ecotoxicol.*, v. 1, n. 2, 141-145. 2006.

- ALVES, R. G. & DE LUCCA, J. V. **Oligochaeta (Annelida:Clitellata) como indicador de poluição orgânica em dois córregos pertencentes à Bacia do Ribeirão do Ouro Araraquara (São Paulo-Brasil)**. Brazilian Journal of Ecology 4(1-2):112-117. 2000.
- ALVES, R. G. & STRIXINO, G. **Distribuição espacial de Oligochaeta do sedimento de uma lagoa marginal do rio Mogi-Guaçu-SP**. Iheringia, Série Zoologia, (88):173-180. 2000.
- ALVES, R. G., MARCHESI, M. R. & ESCARPINATI, S. C. **Oligochaeta (Annelida, Clitellata) in lotic environments in the State of São Paulo, Brazil**. Iheringia, Sér. Zool., Porto Alegre, 96(4):431-435. 2006.
- ANAYA, M. **Impacto de um represamento sobre a comunidade de invertebrados bentônicos do Rio Mogi-Guaçu e de seu tributário, Rio do Peixe (SP, Brasil)**. Dissertação (Mestrado) 140 p. São Paulo, 1997.
- APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA); WATER ENVIRONMENTAL FEDERATION (WGF). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 18ªEd. Washington, American Public Health Association. 1268p. 1995.**
- APITZ, Sabine E., Davis, John W., Finkelstein, Ken, Hohreiter, David W., Hoke, Robert, Jensen, Richard H., Jersak, Joe, Kirtay, Victoria, J., Mack, E. Erin, Magar, Victor S., Moore, David, Reible, Danny, Stahl, Ralph G. **Assessing and Managing Contaminated Sediments: Part II, Evaluating Risk and Monitoring Sediment Remedy Effectiveness**. Environmental Assessment and Management. Volume: 1 Issue: 1. Issn: 1551-3793. Pages: e1-e14. 2005.
- ARANHA, J. M. R., **A influência da instabilidade ambiental na composição e estrutura trófica da ictiofauna de dois rios litorâneos**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de São Carlos. 130 pp. 2000.
- ARAUJO, A. L. de A. A. **Comparação temporal de uma associação de bivalves límnicos do rio Pardo, município de Ribeirão Preto, Estado de São Paulo, Brasil**. Dissertação apresentada à Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, 2006.
- ARAUJO, R.P.A. **Avaliação da toxicidade do sedimento ao amphipodo de água doce Hyalella meinerti Stebbing, 1899 (Crustacea, Amphipoda)**. Dissertação de Mestrado. Instituto de Biociências. USP, SP. 1998.
- ARMITAGE, P.D.; MOSS, D.; WRIGTH, J. F. & FURSE, M. T. **The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-water sites**. Water Res. 17:333-347. , 1983.
- ARRIBÉRE, P.A.; RIBEIRO GUEVARA, S.; SANCHÉZ, R.S.; GIL, M.I.; ROMÁN ROSS, G.; DAURADE, L.E.; FAJON, V.; HORVAT, M., ALCALDE, R.; KESTELMAN, A.J. Heavy metals in the vicinity of a chlor-alkali factory in the upper Negro River ecosystem, Northern Patagonia, Argentina. **The Science of the Total Environment**, vol. 301, p. 187-203, 2003.
- ASTM - American Society for Testing and Materials. **Standard test methods for measuring the toxicity of sediment-associated contaminants with freshwater invertebrates**. Philadelphia: ASTM, 1995. E 1706 - 95.

- ASTM - American Society for Testing and Materials. **Standard guide for collection, storage, characterization, and manipulation of sediments for toxicological testing.** Philadelphia: ASTM. 15p. E 1391 - 90. , 1991
- ASTM - American Society for Testing and Materials. **Standard guide for conducting sediment toxicity tests with freshwater invertebrates.** Philadelphia: ASTM. E 1383 - 90. 20p. , 1991
- ASTM E1706-00 **Test Method for Measuring the Toxicity of Sediment-Associated Contaminants with Fresh Water Invertebrates.** 2000.
- AWWA - AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION JOURNAL, Processing water-treatment-plant sludge. Denver, USA, 1974.
- AWWA – AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION. **An Assessment of Cropland Application of Water Treatment Residuals.** USA: AWWARF, 1995.
- BARBOSA, R. M. **Avaliação do impacto de efluentes (lodos) de estações de tratamento de água à biota aquática através de testes de toxicidade.** Tese (doutorado), Escola de engenharia de São Carlos, USP. São Carlos, SP, 2000
- BARBOSA, R. M. *et. al.* **A Toxicidade de Despejos (lodos) de Estações de Tratamento de Água à *Daphnia similis* (ceadocera, crustacea).** In: Congresso interamericano de engenharia sanitária, XXVII., 2000, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: AIDIS, 2000. 1 CD-ROM.
- BARBOSA, D. S. **Limnologia do rio Uberaba (MG) e a utilização de macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores das modificações ambientais.** Dissertação (Mestrado) São Carlos, 2003. 159 p.
- BARNES, R. S. K.; CALOW, P.; CALOW, P. J.; OLIVE, J. W.; GOLDING, D. W. & SPICER, J.I. 2007. **Os invertebrados uma nova síntese.** 2º edição. Editora Atheneu. São Paulo – SP.
- BARRETO, A. dos S.; *Tese de Doutorado*, Universidade de São Paulo, Brasil, 1999.
- BARROS, L. A.; FILHO, J. M. & OLIVEIRA, R. L. 2007. **Larvas de nematóides de importância zoonótica encontradas em traíras (*Hospilias malabarecus bloch, 1794*) no município de Santo Antonio do Leverger, MT.** Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia volume 59 (nº2): pg. 29-45.
- BARROSO, M. M. **Problemática dos metais e sólidos no tratamento de água (estação convencional de ciclo completo) e nos resíduos gerados.** Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2002.
- BARROSO, M. M. & CORDEIRO, J. S. (a). **Metais e Sólidos: Aspectos Legais dos Resíduos de Estação de Tratamento de Água.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21., 2001, João Pessoa. *Anais...* João Pessoa: ABES, 2001. 1 CD-ROM.
- BARROSO, M. M. & CORDEIRO, J. S. (b) **Problemática dos Metais nos Resíduos Gerados em Estações de Tratamento de Água.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA, 21., 2001, João Pessoa. *Anais...* João Pessoa: ABES, 2001. 1 CD-ROM.
- BERTOLETTI, E. **Toxicidade e Concentração de Agentes Tóxicos em Efluentes Industriais.** Revista Ciência e Cultura.. São Paulo. 43 (3/4) : 271-277. 1990.

- BIOTA, 2007. <http://www.biota.org.br/pdf/v4cap10.pdf>_ Acessado em: 23/10/07.
- BICUDO, C. E. de M. & BICUDO, D. de C. , **Amostragem em Limnologia**. São Carlos, SP. 2004
- BORGMANN, U.; NORWOOD, W.P.; REYNOLDSON, T.B.; ROSA, F. **Identifying cause in sediment assessments: bioavailability and the sediment quality triad**. Ottawa, v. 58, n. 5, p. 950-60, 2001.
- BOUDOU, A.; RIBEYRE, F. **AQUATIC ECOTOXICOLOGY: FUNDAMENTAL CONCEPTS AND METHODOLOGIES**. VOL LL. BOCA RATON. 1989. CRC PRESS.
- BRANCO, S. M. **Hidrobiologia Aplicada a engenharia sanitária**. 3. Ed. São Paulo: CETESB/ASCETESB, 1986.
- BRANDIMARTE, A.L.; SHIMIZU, G.Y.; ANAYA, M.; KUHLMANN, M.L. **Amostragem de invertebrados bentônicos**. In: BICUDO, C. E.; BICUDO, D. C. (Org). *Amostragem em limnologia*. São Carlos: Rima Editora, 2004. p.213-230.
- BRINKHURST, R.O.; MARCHESE, M.R. **Guide to the freshwater aquatic Oligochaeta of South and Central America. Santo Tomé, Argentina**. Colecion Climax, no. 6. 1991.
- BURTON, G.A. **Sediment Toxicity Testing Issues and Methods**. In: HOFFMAN, D.J.; RATTNER, B.A; BURTON, G.A; Jr.; CAIRNS, J.;Jr. eds. **Handbook of Ecotoxicology**. Boca Raton, Lewis Publishers. 1995.
- BURTON, Jr., G.A. **Sediment toxicity assessment**. Boca Raton: Lewis Publishers 1992. 457p.
- BURTON, Jr., G.A. & MACPHERSON, C. **Sediment toxicity testing issues and methods**. In: HOFFMAN, D.J.; RATTNER, B.A., BURTON, Jr., G.A. CAIRNS, Jr., J. **Handbook of Ecotoxicology**.1995. Boca Raton, Lewis Publishers., FL. pp. 71.
- BUTAKKA, C. M. M. e MARTTHIAS, K. **Correlações entre variações ambientais e distribuição de larvas de *campurus* SP. (ephemeroptera-polymitarcyidae) na baía de sinhá mariana, pantanal mato-grossense, MT1 WANTZEN3 iii simpósio sobre recursos naturais – Corumbá , MS, 2000**
- CAIRNS, JR., J.; DICKSON, K.L. **A simple method for biological assesment on the effects of the most discharges on aquatic bottom- dwelling organisms**. J Water Pollution Control Fed.HG_, Alexandria, v. 43, n. 5, p. 755-762, 1971.
- CALDERÓN, J., CAPELL, C., CENTRICH, F., ARTRAZCOZ, L., GONZÁLEZ-CABRÉ, M. VILLALBÍ, J.R.. **Subproductos halogenados de la cloración en el agua de consumo público**. Institut Municipal de Salut Pública. Ajuntament de Barcelona. *Actualmente en Pfizer Global Research & Development. Gac Sanit 2002;16(3):241-3
- CALLIL, C. T. & MANSUR, M.C. D. **Corbiculidae in the Pantanal: history of invasion in southeast and central South America and biometrical data**. *Amazoniana*, 27, 2002. (1/2): 153- 167.
- CANFIELD, T.J.; BRUNSON, E.L.; DWYER, F.J.; INGERSOLL, C.G.; KEMBLE, N.E. **Assessing sediments from Upper Mississippi River navigational pools using a benthicinvertebrate community evaluation and the sediment quality triad approach**. Arch. Environ. Contam. Toxicol New York, v. 35, n. 2, 1998.p. 202-212.

- CANIVET, V. & GIBERT, J. **Sensitivity of epigeal and hypogean freshwater macroinvertebrates to complex mixtures Part I: Laboratory experiments**, *Chemosphere* 46 (2002), pp. 999.
- CAPOLETI, C. **Biomonitoramento da qualidade da água na estação de tratamento de água Rio Grande. São Bernardo do Campo, SP**. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, SP. 2005. 160p.
- CÁCERES, C.E. (1997) **Temporal variation, dormancy and coexistence—a field test of the storage effect**. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*, 94, 9171–9175.
- CARDOSO, L. & LUCA, S. J. **Toxidez de efluentes municipais biologicamente tratados e desinfetados com hipoclorito e ferrato de sódio**. *Engenharia sanitária e ambiental* Vol. 9 - Nº 1 - jan/mar 2004, 26-29.
- CARR, R. S.; CHAPMAN, D. C.; HOWARD, C. L.; BIEDENBACH, J. M. **Sediment Quality Triad Assessment Survey Of The Galveston Bay, Texas System**. *Ecotoxicology*, 1996. 5:341-364.
- CARR, R.S., MONTAGNA, P.A.; BIEDENBACH, J.M.; Kalke, R.; Kennicutt, M.C.; Hooten, R. And Cripe, G. **Impact Of Storm Water Outfalls On Sediment Quality In Corpus Christi Bay, Texas**. *Environ. Toxicol. Chem.* 2000.19:561-574.
- CARVALHO, E.H. **Disposição de resíduos gerados nas estações de tratamento de água em estações de tratamento de esgoto com decantação primária**. 2000. Tese (Doutoramento) - Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos.
- CASTILHO, A.R. **DISTRIBUIÇÃO E DENSIDADE POPULACIONAL DE *Corbicula fluminea* (Mueller, 1744) DO ARROIO IMBAÁ, RIO URUGUAI, URUGUAIANA, BRASIL. BIODIVERSIDADE PAMPEANA ISSN 1679-6179. PUCRS, Uruguiana, 5(1): 25-29, 2007**
- CCME - Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life. **Protocol for the Derivation of Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life** 2001. EPC-98E
- CESAR, A.; ABESSA, D.M.S.; PEREIRA, C.D.S.; SANTOS, A.R.; FERNÁNDEZ, N.; CHOUERI, R.B. And Delvalls, T.A. **A Simple Approach To Integrate Ecotoxicological And Chemical Data For The Establishment Of Environmental Risk Levels**. *Brazilian Archives Of Biology And Technology*. 2007.
- CESAR, A.; PEREIRA, C.D.S.; SANTOS, A.R.; ABESSA, D.M.S.; FRNÁNDEZ, N.; CHOUERI, R.B. And Delvalls, T.A. **Ecotoxicology Assessment Of Sediments From Santos And São Vicente Estuarine System – Brazil**. *Brazilian Journal Of Oceanography*, 2006. 54(1): 55-63.
- CETEC, CENTRO TECNOLÓGICO DA FUNDAÇÃO PAULISTA DE TECNOLOGIA E EDUCAÇÃO – **RELATORIO ZERO: RELATORIO DE SITUAÇÃO DOS RECURSOS HIDRICOS DA UGRHI-11, 2002**.
- CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Água - Métodos de avaliação da toxicidade de poluentes a organismos aquáticos**. São Paulo: CETESB, 1992.
- CETESB - Companhia de tecnologia de saneamento ambiental **Sedimentos – Determinação da distribuição granulométrica**, L6 160, São Paulo: CETESB 1995.
- CETESB - Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental; **Relatório de Qualidade de Águas Interiores do Estado de São Paulo 1999, 2000**.

- CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, **QUALIDADE DAS ÁGUAS INTERIORES NO ESTADO DE SÃO PAULO SÉRIE RELATÓRIOS, ANEXO VI. CRITÉRIOS PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE SEDIMENTO**. 2006.
- CETESB - **Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo 2005**. São Paulo, 2006.v. 1, 488 p. (Série Relatórios). Disponível em: <<http://www.Cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/relatorios.asp>>.
- CETESB - **SEDIMENTOS EM REDES DE MONITORAMENTO**. Relatório Técnico. São Paulo. 178p. 2007
- CHAPPIE DJ, BURTON GA. 1997. **Optimization of in situ bioassays with *Hyalella azteca* and *Chironomus riparius***. Environ Toxicol Chem 16:559–564.
- CHAPMAN, P. M. & BRINKHURST, R. O. **Lethal and sublethal tolerances of aquatic oligochaetes with reference to their use as a biotic index of pollution**. *Hydrobiologia*, 1984. p.115, 139-44.
- CHAPMAN, P. M. **The sediment quality triad approach to determining pollution-induced degradation**. *The Science of the Total Environment* 97[98, 815-825. (1990)
- CHAPMAN, P.M. **Pollution status of North Sea sediments** – an international integrativestudy. Amelinghausen, v. 91, n. 1-3, p. 313-322, 1992
- CHAPMAN, P.M.; ANDERSON,B.; CARR, S.; ENGLE,V.; GREEN,R.; HAMEEDI,J.; HARMONI,M.; HAVERLAND,P.; HYLAND,J.; INGERSOLL,C.; LONG,E.; RODGERS JR,J.; SALAZAR,M.; SIBLEY, P.K.; SMITH,P.J.; SWARTZ,R.C.; THOMPSON, B. and WINDOM, H. **General Guidelines for using the Sediment Quality Triad**. *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 34, No. 6, 1997. pp. 368-372.
- CHAPMAN, P. M. **The sediment quality triad: then, now and tomorrow**. Int. J. Environment and Polution, Geneva, v. 13, n. 1, p. 351-355, 2000.
- CHAPMAN, P. M. MITE-RN: **NEW DEVELOPMENTS IN THE ECOLOGICAL RISK ASSESSMENT (ERA) OF METALS AND METALLOIDS**. ERA REPORT 2001.
- COLE, G. A., **Textbook of Limnology**. 3a ed., C. V. Mosby Company, St. Louis, 401p. , 1983
- COLE, G. M. **Assessment and remediation of petroleum contaminated sites**. Boca Raton : Lewis Publishers, 1994
- CONAMA - MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO URBANO E MEIO AMBIENTE. CONSELHO NACIONAL DOMEIO AMBIENTE. **“Resolução n. 357”**, de 18/06/86, D.O.U., de 30/07/86, Brasília, Brasil.
- CORDEIRO, J.S. **O problema dos lodos gerados nos decantadores em estações de tratamento de águas**. 342p. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 1993.
- CORDEIRO, J.S. **Importância do tratamento e disposição adequada dos lodos de ETAs In: REALI, M.A.P (Coord.). Noções gerais de tratamento e disposição final de lodos de estações de tratamento de água**. Projeto PROSAB, Rio de Janeiro: ABES, (1999). 250p.

- CORDEIRO, J. S. **Gerenciamento de Lodo de ETAs – Remoção de água, através de leitos de secagem e codisposição da fase sólida em matrizes de cimento e resíduos da construção civil.** São Carlos: UFSCar / FINEP: 2000. Relatório Técnico PROSAB 2. 145 p.
- CORDEIRO, J. S. **Processamento de Lodos de Estação de Tratamento de Água (ETA).** In: ANDREOLI, C.V. (coord.) *Resíduos Sólidos do Saneamento: Processamento, Reciclagem e Disposição Final.* Rio de Janeiro: RiMa / ABES / PROSAB, 2001. p. 121 – 142.
- CORNWELL D. A.; BISHOP M. M.; GOULD G.R.; VANDERMEYDEN C. **Handbook of Practice – Water Treatment Plant Waste Management.** American Water Works Association. Denver, USA. (1987).
- CORNWELL, D.A.; KOPPERS, H.M.N. (). Slib, Schlamm, Sludge. **American Water Works Association Research Foundation & Keuringsinstituut Voor Waterleidingartikelen.** Denver. 1990.
- CORSON, W.H. **Manual Global de Ecologia: O que você pode fazer a respeito da crise do meio ambiente.** 2 ed. 1996. 413p.
- COSTA, J.B. ; ESPINDOLA, E. L. G. . **Eficiência de uma estação de tratamento de esgoto doméstico de nível secundário em termos de redução de DBO, DQO e toxicidade.** In: Ecotox 2004 - VIII Congresso Brasileiro de Ecotoxicologia, 2004, Florianópolis - SC. Ecotox 2004 - VIII Congresso Brasileiro de Ecotoxicologia - Sociedade Brasileira de Ecotoxicologia - SETAC Brasil, 2004. v. I. p. 169
- COTRIM, M. E. B.; **Avaliação da qualidade da água na bacia hidrográfica do Ribeira de Iguape com vistas ao abastecimento público.** Tese de Doutorado, IPEN, Brasil, 2006.
- CUMMINS, K.W., 1992. **Invertebrates.** In: CALOW, P & G. E. PETTS. *The Rivers Handbook. Hydrological and Ecological Principles.* Blackwell Science, 526 pp.
- DE LUCA, S.J., **Desinfecção de Efluentes Tratados Com o Íon Ferrato (VI).** Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 7, n. 3 - Jul- Set., p. 103-108. 2002.
- DE PAUW, N. & HEYLEN, S. **Biotic index for sediment.** v.35, n. 2, p.121-133. 2001.
- DERMOT, R. & MUNAWAR, M. **Seasonaly Toxicity in a Contaminated Harbour.** 1993.
- DOMINGUEZ, E.; HUBBARD, M.D.; PETERS, W. **Clave para ninfas y adultos de las familias y generos de Ephemeroptera (insecta) sudamericanos.** La Plata, UNLP-CONICET, Biologia Acuatica, no. 16. 1992.
- DORNFELD, C.B. **Utilização de análises limnológicas, bioensaios de toxicidade e macroinvertebrados bentônicos para o diagnóstico ambiental do reservatório de Salto Grande (Americana, SP).** São Carlos. 211p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo. 2002.
- DORNFELD, C. B., ESPÍNDOLA E. L. G., FRACÁCIO, RODRIGUES, R. B. K. & NOVELLI, A.. **Comparação de Bioensaios Laboratoriais e “in situ” Utilizando Chironomus xanthus na Avaliação da Toxicidade de Sedimentos do Rio Monjolinho (São Carlos, SP).** J. Braz. Soc. Ecotoxicol., v. 1, n. 2, 2006, 161-165
- EDMONSON, W. T. **FreshWater Biology,** second edition. University of Washington, Seattle, 1959.

- EPA. – U.S. Environmental Protection Agency. **Sediment Classification Methods Compendium**. 2^a ed. USEPA – Sediment Oversight Technical Committee, Washington, 1992.
- EPA – U.S. Environmental Protection Agency 822-R-93-O, **Guidelines for Deriving Site-Specific Sediment Quality Criteria for the Protection of Benthic Organisms** , 1993.
- EPA - U.S. Environmental Protection Agency. **Methods for measuring the toxicity and bioaccumulation of sediment associated contaminant with freshwater invertebrates**. 2 ed. Washington, D.C., 192p. 2000. EPA/600/R – 99/064
- EPA - U.S. Environmental Protection Agency. Office of Water. **Stressor identification guidance document**. 822-B-00-025, Washington, DC 20460, Office of Research and Development, Washington, DC 20460, December 2000.
- EPA, U.S. Environmental Protection Agency. **Using Biological Criteria to Assess and Classify Urban Streams and Develop Improved Landscape Indicators**. Yoder, C. O., Miltner, R. J., (eds), EPA/625/R-00/001, July 2000.
- EPA. – U.S. Environmental Protection Agency. **Short-term Methods for Estimating the Chronic Toxicity of Effluents and Receiving Waters to Freshwater Organisms** Fourth Edition EPA-821-R-02-013, October, 2002.
- EPA. U.S. Environmental Protection Agency Contaminated sediments program. 2003. www.epa.gov/ginpo/sediments.html. Acesso em 29/07/2003.
- EPA – U.S. Environmental Protection Agency. **Procedures for the Derivation of Equilibrium Partitioning Sediment Benchmarks (ESBs) for the Protection of Benthic Organisms: Metal Mixtures (Cadmium, Copper, Lead, Nickel, Silver, and Zinc)** (a) 2005. EPA-600-R-02-011
- EPA – U.S. Environmental Protection Agency. **Contaminated Sediment Remediation Guidance for Hazardous Waste Sites**. EPA-540-R-05-012. (b) 2005.
- EPA – U.S. Environmental Protection Agency. **Methods for Measuring the Acute Toxicity of Effluents and Receiving Waters to Freshwater and Marine Organisms**. 2006.
- EPLER, J.P. **Identification manual for the larval Chironomidae (Diptera) of Florida**. Florida, Department of Environmental Regulation. 1995.
- ESTEVES, F.A. **Fundamentos de Limnologia** . Interciência & Finep, Rio de Janeiro. , 1998.
- EYSINK, G.G.J.; PÁDUA, H.B.; BERTOLETTI, S.A.E.P.; COIMBRA MARTINS, M.; NAVAS PEREIRA, D. **Metais pesados no Vale do Ribeira de Iguape e Iguape-Cananéia**. AMBIENTE 2, v.1, p. 6-13, 1988.
- FONSECA, A. L. **A Biologia da Espécie *Daphnia laevis*, *Ceriodaphnia dubia silvestre* (Cladocera, Crustacea) e *Poecilia reticulata* (Pisces, Poeciliidae) e o Comportamento destes em Testes de Toxicidade Aquática com Efluentes Industriais**. USP, São Carlos. 1991. 210p.
- FONSECA, A. L. **Avaliação da qualidade da água na Bacia do Rio Piracicaba através de testes de toxicidade com invertebrados**. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento). UFSCar, São Paulo. 1997. 184pp.

- FONSECA, A.L. **The life cycle of Ceriodaphnia silvestrii (Daday, 1902) and Daphnia laevis (Birge, 1878) (Crustacea, Cladocera) reared under different pH conditions.** Verh. Internat. Verein. Limnol., 1998. 26: 1918-1921.
- FONSECA, A. L. ; ROCHA, O. **A qualidade do sedimento na bacia do rio Piracicaba/SP avaliada através de testes de toxicidade crônica com Chironomus xanthus, (diptera, Chironomidae), Daphnia similis e Ceriodaphnia silvestrii (Cladocera, Daphnidae).** Congresso 2000
- FONSECA, A. L. ; ROCHA, O. . **Ciclo de Vida de Ceriodaphnia silvestrii; Cladocera Neotropical Endêmico.** In: VIII Congresso Brasileiro de Limnologia, 2001, João Pessoa, Paraíba. Caderno de Resumos do VIII Congresso Brasileiro de Limnologia- Biodiversidade e Recursos Hídricos. João Pessoa : Gráfica JB, 2001. v. 1. p. 144-144.
- FOSTNER, I. D. L. & CHARLESWORTH, S. M. **Heavy Metals in the Hydrological Cycle: Trends and Explanation.** Hydrological processes, 10:227-261. 1996.
- FRANÇA, R. S.; SURIANI, A. L.; LUCCA, J.V.; ROCHA, O. **Distribuição Vertical e Densidade Populacional da comunidade bentônica com ênfase nas espécies exóticas Melanoides tuberculata e Corbicula fluminea nos reservatórios do baixo rio Tietê - SP.** In: 15 Encontro de Biólogos do Conselho Regional de Biologia, 2004, São Pedro-SP. Regional de Biologia, 2004, São Pedro-SP. 15 Encontro de Biólogos do Conselho Regional de Biologia, 2004.
- FUNDESPA – FUNDAÇÃO DE ESTUDOS E PESQUISAS AQUATICAS – CBH-RB COMITE DA BACIA HIDROGRAFICA DO RIBEIRA DE IGUAPE E LITORAL SUL. **RELATORIO DE SITUAÇÃO DOS RECURSOS HIDRICOS DA UGRHI 11, 2007.**
- FURLEY, T.H. **Uso da tríade como instrumento de avaliação da qualidade de sedimento no entorno do emissário submarino de uma fábrica de celulose.** Tese de doutorado. Instituto Oceanográfico, USP, SP. 2006.
- FURUSAWA, HA; DANTAS, ESK; COTRIM, MEB; PIRES, MAF. **Arsenic and Selenium Evaluation in Human Consumption destination Waters.** In: Seventh Rio Symposium on Atomic Spectrometry. Florianópolis, SC.7 a 12 de abril, 2002,
- GEMS. University of London, 45p, 1989 apud ROSADO, R.M. **Diagnóstico Ambiental da Baía de Ipanema, Lago Guaíba, Porto Alegre, RS, Brasil: O uso integrado de variáveis físicas, químicas, biológicas e ecotoxicológicas.** Porto Alegre, RS. Dissertação – Universidade do Rio Grande do Sul. 1998. 157p.
- GIESY, J.P.;HOKE, R. A. **FRESHWATER SEDIMENT TOXICITY BIOASSESSMENT RATIONALE FOR SPECIES SELECTION AND TEST DESIGN.** J. GREAT. LAKES. RES. VOL. 15, Nº 4, 1989. PP. 539 – 569.
- GOLDWATER, L.J. **Mercury in the environment.** Scientific American, vol.224, n.5, p. 15-21, 1971.
- GONÇALVES, F. B. & ARANHA J. M. R. **Ocupação espaço-temporal pelos macroinvertebrados bentônicos na bacia do rio Ribeirão, Paranaguá, PR (Brasil).** Acta Biol. Par., Curitiba, 33 (1, 2, 3, 4): 181-191. 2004
- GRANDIN, S. R.; ALEM SOBRINHO, P.; GARCIA JR., A. D. **Desidratação de Lodos Produzidos em Estações de Tratamento de Água.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 17. Anais. Natal: ABES, 1993. v.2, p. 324-341.

- GULLEY, D.D.; BOELTER, A.M., BERGMAN, H.L. **TOXSTAT 3.3**. COMPUTER PROGRAM, 1991.
- GUST, K. A.; FLEEGRE, J. W. **EXPOSURE-RELATED EFFECTS ON CD BIOACCUMULATION EXPLAIN TOXICITY OF CD-PHENANTHRENE MIXTURES IN HYALELLA AZTECA**. ISSN: 1552-8618. ENVIRONMENTAL TOXICOLOGY AND CHEMISTRY. VOLUME: 24 ISSUE: 11. 2005. PAGES: 2918-2926.
- HALL, W.S. & HALL, L.W., Jr *Toxicity of alum sludge to **Ceriodaphnia dubia** and **Pimephales promelas***. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, v.42, (1989). p.791-798.
- HARTWELL, S. & CLAFIN, L. W. **Cluster Analysis of Contaminated Sediment Data: Nodal Analysis**. Issn: 1552-8618; Journal: Environmental Toxicology and Chemistry; Volume: 24 Issue: 7 Pages: 1816-1834; 2005.
- HELLAWELL, J.M. **Biological indicators of freshwater pollution and environmental management**. 1986.
- HENRIQUE, R.M. Avaliação da qualidade ambiental do rio Ribeira de Iguape (SP, Brasil) através do estudo de macrofauna bentônica. Dissertação (mestrado). IB-USP, SP. 1998.
- HENRIQUE-MARCELINO, R.M. et al. **Macrofauna bentônica de água doce: avanços metodológicos**. São Paulo: Cetesb. 1992. 16 p. Anexos.
- HOGAN, D.J.; CARMO, R.L.; ALVES, H.P.F., RODRIGUES, I.A. Desenvolvimento sustentável no Vale do Ribeira (SP): conservação ambiental e melhoria das condições de vida da população. 2002.
- HOLLERT, H.; HAISE, S.; PUDENZ, S.; BRÜGGEMANN, R.; AHLF, W.; BRAUNBECK, T. **Application of a sediment quality triad and different statistical approaches (Hasse diagrams and fuzzy logic) for the comparative evaluation of small streams**. (FRWR[LFRORJ], New York, v. 11, n. 5, p. 311-321. 2002.
- HOLLERT, H.; ULRICH, M.; ERDINGER, L.; BRAUNBECK, T. **Triad approach and toxicity identification evaluation – modern concepts to evaluate sediment contamination**. In: WORKSHOP ENVIRONMENTAL MONITORING, 2002, Podgorica. Disponível em: <<http://www.web.zoo.uni-heidelberg.de/Mitarbeiter/hollert/lake.pdf>>. Acesso em: 28 ago. 2003.
- HUGGETT, D.B.; STEEVENS, J.A.; ALLGOOD, J.C.; LUTKEN, C.B.; GRACE, C.A.; BENSON, W.H. **Mercury in sediments and fish from north Mississipi lakes**. **Chemosphere**, vol.42, p. 923-929, 2001.
- HYLAND, J.L.; BALTHIS, W.L.; HACKNEY, C.T.; POSEY, M. Sediment quality of North Carolina Estuaries: an integrative assessment of sediment contamination, toxicity, and condition of benthic fauna., v. 8, n. 2, p. 107-24. 2000. Disponível em: <<http://reo.nii.ac.jp/journal/htmlindicate/contents/sup...>> Acesso em: 29 ago. 2003.
- IMBIMBO, H.R.V. Avaliação da qualidade ambiental utilizando invertebrados bentônicos, nos rios Atibaia, Atibainha e Cachoeira, SP. Tese (doutorado) USP, SP, 2006.
- INGERSOLL, C.G.; BESSER, J.; DWYER, J. **Development and application of methods for assessing the bioavailability of contaminants associated with sediments: I. Toxicity and the sediment quality triad**. In: U.S. GEOLOGICAL SURVEY (USGS) SEDIMENT WORKSHOP, 1997, Disponível em: <<http://water.usgs.gov/osw/techniques/workshop/ingersoll.html>>

- INGERSOLL, C. G.; WANG, NNIG, HAYWARD, JEANNIE M.R., JONES, JOHN R., JONES, SUSAN B., IRELAND, D. SCOTT **A FIELD ASSESSMENT OF LONG-TERM LABORATORY SEDIMENT TOXICITY TESTS WITH THE AMPHIPOD HYALELLA AZTECA.** ISSN: 1552-8618. ENVIRONMENTAL TOXICOLOGY AND CHEMISTRY. VOLUME: 24 ISSUE: 11. 2005. PAGES: 2853-2870.
- INGERSOLL, C.G.; DILLON, T.; BIDDINGR, G.R., EDITORS. **ECOLOGICALRISK ASSESSMENT OF CONTAMIND SEDIMENTS.** SETAC PELLSTON WORKSHOP ON SEDIMENTAL ECOLOGICAL RISK ASSESSMENT; APR 23-28; PACIFIC GROVE CA. PENSACOLA FL: SETAC PR. 390P. 1997.
- JOHNSON, R. K. & WIEDERHOLM, T. **Classification and ordination of profundal macroinvertebrate communities in nutrient poor, oligo-mesohumic lakes in relation to environmental data.** *Freshwater Biol.* 1989.21,375-86.
- JOHNSON, R. K., WIEDERHOLM, T. & ROSENBERG, D. M. **Freshwater biomonitoring using individual organisms, populations, and species assemblages of benthic macroinvertebrates.** In *Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates* (Chapt. 4), ed. D. M. Rosenberg & V. H. Resh. Chapman and Hall, New York, 1993. pp. 40-125.
- JUNQUEIRA, M. V., M. C. AMARANTE, C. F. S. DIAS & E. S. FRANCA. **Biomonitoramento da qualidade das águas da bacia do rio das Velhas (MG-Brasil) através de macroinvertebrados.** *Acta Limnologica Brasiliensia* 2000. 12: 73–87.
- KARR , J.R., & E.W. CHU. 1997. Biological Monitoring and Assessment: Using Multimetric Indexes Effectively. EPA 235-R97-001. University of Washington, Seattle.
- KARR, J. R. & E. W. CHU, 2000. **Sustaining living rivers.** *Hydrobiologia* 422/423: 1–14.
- KAWAMURA, S. **Design of basic treatment process units.** In: Integrated design of water treatment facilities. Canadá: John Wiley e Sons, Inc., p. 48-309. 1991.
- KEILTY, T.J.; White, D.S.; Landrum, P.F. **SUBLETAL RESPONSES TO ENDRIN IN SEDIMENT BY LIMNODRILUS HOFFMEISTERI (TURBIFICIDAE), AND MIXED CULTURE WITH STYLODRILLUS HERINGIANUS (LUMBRICULIDAE).** *AQUAT. TOXICOL*1988. 13: 227-250.
- KENNETH BARBALACE. **Periodic Table of Elements - Cadmium – Cd.** EnvironmentalChemistry.com. 1995 - 2008.
- KIKUCHI R. M. & UIEDA V. S. **Composição e distribuição dos macroinvertebrados em diferentes substratos de fundo de um riacho no município de Itatinga, São Paulo, Brasil** *Entomol. Vect.* – ISSN 0328-0381 *Entomol. Vect.* 12 (2): 193-231, 2005. Disponível em www.uqf.br/editora
- KRUSCHWITZ, L. G. **Environmental factors controlling reproduction of the amphipod hyalella azteca.** Department of Biology, Oklahoma City University, Oklahoma City, Oklahoma. *Proc. Okla. Acad. Sci.* (1978) 58: 16-21
- KUHLMANN, M. L. **Estudo da comunidade de invertebrados bentônicos da zona profunda da Represa de Paraibuna (sp).** Dissertação (Mestrado) São Paulo, 1993. 158p.
- KUHLMANN, M.L.; IMBIMBO, H.R.V.; WATANABE, H.M. **Macrofauna bentônica de água doce: avanços metodológicos 3.** São Paulo: CETESB, 2003. 74 p.

- KUHLMANN, M.L. WATANABE, H. M.; ARAÚJO, R. P. A.; LAMPARELLI, M.C. **Aplicação da tríade na avaliação da qualidade de sedimento.** 2006
- KUHLMANN, M.L. et al. **Aplicação da tríade na avaliação da qualidade de sedimentos em redes de monitoramento.** São Paulo: CETESB, 2007. 107 p.
- LAXEN, D.P.H.; HARRISON, R.M. **Cleaning methods for polyethene containers prior to the determination of trace metals in freshwater samples.** *Anal. Chem*, vol. 53, p. 345. 1981;
- LEMES, M.J.L. **Avaliação de metais e elementos-traço em águas e sedimentos das bacias hidrográficas dos rios Mogi-Guaçu e Pardo, São Paulo. SP.** Dissertação (Mestrado), – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo. 2001.
- LESTER, J.N. **Heavy metals in wastewater and sludge treatment processes.** CRC Press, Boca Raton, 1987.
- LONG, E. R. & CHAPMAN, P. M. **A Sediment Quality Triad: Measures Of Sediment Contamination, Toxicity And Infaunal Community Composition In Puget Sound.** *Marine Pollution Bulletin*, 1985. 16(10):405-415.
- LONG, E. R.; MACDONALD, D. D.; SEVERN, C. G. & HONG, C. B. **Classifying Probabilities Of Acute Toxicity In Marine Sediments With Empirical Derived Sediment Quality Guidelines.** Environmental Shepard, F.P. 1954. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. *J. Sedim. Petrol.*, 24(3): 151-158. 2000.
- LONG, E. R.; HAMEEDI, M. J.; SLOANE, G. M. And READ, L. B. **Chemical Contamination, Toxicity, And Benthic Community Indices In Sediments Of The Lower Miami River And Adjoining Portions Of Biscayne Bay, Florida.** *Estuaries*, 25 (4a): 622-637. 2002.
- LONG, E.; DUTCH, M.; AASEN, S.; WELCH, K.; HAMEEDI, J.; MAGOON, S.; CARR, R. S.; JOHNSON, T.; BIEDENBACH, J.; SCOTT, K. J.; MUELLER, C.; ANDERSON, J. W. Washington, Washington State Department of ecology/national oceanic and atmospheric administration, 2003. Disponível em: <<http://www.ecy.wa.gov/biblio/0203033.html>>. acesso em: 29 JUL. 2003.
- LONG, E. R., HONG, C.B.; SEVERN, C.G. **RELATIONSHIPS BETWEEN ACUTE SEDIMENT TOXICITY IN LABORATORY TESTS AND ABUNDANCE AND DIVERSITY OF BENTHIC INFAUNA IN MARINE SEDIMENTS: A REVIEW.** ISSN: 1552-8618. ENVIRONMENTAL TOXICOLOGY AND CHEMISTRY. VOLUME: 20 ISSUE: 1 PAGES: 46-60. 2005.
- LUDWIG J.A., REYNOLDS, J.F. **Statistical ecology - a primer on methods and computing.** New York: John Wiley & Sons, 1988. 337p.
- MANSUR, M. C. D; CALLIL, C. T.; CARDOSO, F. R. & IBARRA, J. A. A. 2004. **Uma retrospectiva e mapeamento da invasão de espécies de Corbicula (Mollusca, Bivalvia, Veneroidea, Corbiculidae) oriundas do Sudeste Asiático, na América do Sul.** In: SILVA, J. S. V. & SOUZA R. C. L. (eds.). Água de lastro e bioinvasão, (Ed. Interciência Ltda.) Rio de Janeiro, 224p.
- MARQUES, M. M. G. S. M., BARBOSA, F. A. R. and CALLISTO, M. **Distribution and abundance of chironomidae (diptera, insecta) in animpacted watershed in south-east Brazil.** *Rev. Brasil. Biol.*, 59(4): 553-561, 1999

- MARCHESE, M. 1994. **Population dynamics of *Narapa bonettoi* Righi and Varela, 1983 (*Oligochaeta, Narapidae*) from the main channel of the Middle Paraná River. Argentina.** *Hydrobiologia* 278:103-108.
- MELETTI, P. C. **Avaliação da qualidade da água na bacia do rio Piracicaba através de testes de toxicidade aguda com peixes. São Carlos.** Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. 1997. 148 p.
- MENEZES, M.S ; E. P. CARAMASCHI. **Características reprodutivas de *Hypostomus* grupo *H. punctatus* no rio Ubatiba, Marica (RJ), Sudeste do Brasil.** *Revta bras. Biol.*, Rio de Janeiro, 5 (30): 503-513, 1994.
- MERRIT, R.W.; CUMMINS, K.W. **An introduction to the aquatic insects of North America.** 2ed, Dubuque, Kendall/Hunt. 1988.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. **PORTARIA N. 518** de 25/04/04, Brasil.
- MOLISANI, M. M.; SALOMÃO, M. S. M. B.; OVALLE, A. R. C.; REZENDE, C. E.; LACERDA, L. D. and CARVALHO, C. E. V., **Heavy metals in sediments of the Lower Paraíba do Sul River and Estuary, R.J., Brazil.** *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, **63**, 682-690. 1999.
- MCCELIN, J. A microbacia do rio Jacupiranguinha como unidade de estudo para a sustentabilidade dos recursos hídricos no Baixo Ribeira de Iguape, SP. Dissertação (mestrado) EESC, São Carlos, SP. 2006.
- MORAES, R.P. **Transporte de chumbo e metais associados no rio Ribeira de Iguape.** Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências – Universidade de Campinas – SP. 1997.
- MOREIRA, F.; MOREIRA, J. A Importância da Análise de Especiação do Chumbo para a Avaliação dos Riscos à Saúde. *Química Nova*, v. 27, , n. 2, p. 251-260, 2004.
- MORISITA, M. *I_d*-index, **A measure of dispersion of individuals.** *Res. Popul. Ecol.* 4: 1-7. 1962.
- MOURA, C. L. (1), SÍGOLO, J. B. (2) VI-031 – **Influência no comportamento químico dos metais pesados (cr, cu, ni e zn) em sedimentos de fundo do rio Embu-mirim – SP** 22º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental 14 a 19 de Setembro 2003 - Joinville - Santa Catarina
- MOZETO, A. A.; PISTOLATO, M. L.; NÓBREGA, J. de A.; KRUSHE, A. V. **Determinação espectrofotométrica de sulfetos totais em águas naturais empregando injeção em fluxo.** V Encontro Nacional de Química Analítica (ENQA). Salvador, BA. 1989.
- MOZETO, A. A.; UMBUZEIRO, G. A. & JARDIM, W. F. **Métodos de coleta, análises físico-químicas e ensaios biológicos e ecotoxicológicos de sedimentos de água doce.** Projeto QUALISED. São Carlos: Cubo Multimídia, 2006.
- MUDROCH, A. & MACKNIGHT, S.D. **Handbook of techniques for aquatic sediments sampling.** 2nd ed. Lewis Publishers, ISBN 1-56670-027-2. 1994.
- NASCIMENTO, M.R.L. **Proposição de valores de referência para concentração de metais e metalóides em sedimentos límnicos e fluviais da Bacia do Rio Tietê, SP.** São Carlos, SP: Programa de Pós-Graduação em Química – UFSCar, 2004.

- NIPPER, M. G.; ROPPER, D. S.; WILLIAMS, E. K.; MARTIN, M. L.; VAN DAM, L. F. And MILLS, G. N. **Sediment Toxicity And Benthic Communities In Mildly Contaminated Sediments.** *Environmental Toxicology And Chemistry*, 17(3):2-38. 1998.
- NORRIS, R. H. & C. P. HAWKINS, **Monitoring river health.** *Hydrobiologia*. 435: 5–17. 2000.
- NOVELLI, A. **Estudo Liminológico o ecotoxicológico da água e do sedimento do rio monjolinho – São Carlos, SP, com ênfase nas substâncias de referência Cadmo e cobre.** Dissertação (mestrado), Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. 2005.
- NUNES, D. C. L.; Fonseca, A. L. **Avaliação da eficiência da ETE (Estação de Tratamento de Efluente) da indústria Mahlet/Itajubá utilizando bioensaios de toxicidade aguda com microcrustáceos.** In: VII Congresso Brasileiro de Ecotoxicologia, 2002, Vitória. Livro de Resumos VII Ecotox. Vitória, 2002, p. 163.
- ODUM, E. P. **Fundamentos De Ecologia.** 4ª Ed. Lisboa. Fundação Calouste Gulbenkian, 1971. 927p.
- OECD **Guidelines for the Testing of Chemicals Sixteenth Addendum – 2006**
- OLIVEIRA, A. A., **Avaliação do impacto do lançamento de resíduos gerados na estação de tratamento de água em sistemas de lagoas de estabilização.** Tese (mestrado), Universidade de São Paulo, USP. 2005
- PAMPLIN, P. A. Z. **Avaliação da Qualidade Ambiental da Represa de Americana (SP - Brasil) com ênfase no estudo da comunidade de macroinvertebrados bentônicos e parâmetros ecotoxicológicos. São Carlos.** Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. 1999. 88 p.
- PAMPLIN, P. A. Z.; ROCHA, O. & MARCHESE, M. **Riqueza de espécies de Oligochaeta (Anellida, Clitellata) em duas represas do rio Tietê (São Paulo).** *Biota Neotropica* 5:1-8. 2005.
- PARSEKIAN, M. P. S. **Análise e proposta de formas de gerenciamento de Estação de Tratamento de Águas de Abastecimento Completo em cidades de porte médio do Estado de São Paulo.** Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 1998.
- PENNAK, R. W.; **Freshwater Invertebrates of United States, Ronald Press** Comp: New York, 1989.
- PEREIRA, C. D. S.; ABESSA, D. M.S.; BAINY, A. C. D.; ZARONI, L. P.; GASPAR, M. R. **Integrated assessment of multilevel biomarker responses and chemical analysis in mussels from São Sebastião, São Paulo, Brazil.** *Environmental Toxicology and Chemistry*, Vol. 26, No. 3, SETAC. 2007. pp. 462–469.
- PINEL-ALLOUL, B., Ginette M & hot, Louise Lapierre & Alan Willsie. **Macroinvertebrate community as a biological indicator of ecological and toxicological factors in lake saint-francois (quibec).** *Environmental Pollution*, Vol. 91, No. 1, 1996, pp. 65~87.
- PINTO, N. DE O., HERMES, L. C. **Sistema Simplificado para Melhoria da Qualidade da Água Consumida nas Comunidades Rurais do Semi-Árido do Brasil.** ISSN 1516-4691, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Monitoramento e Avaliação de Impacto Ambiental. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Jaguariúna, SP. Junho, 2006

- PORTELLA, K.F.; ANDREOLI, C.V.; HOPPEN, C.; SALES, A. BARON, O. **Caraterização físico-química do lodo centrifugado da estação de tratamento de água Passaúna – Curitiba – PR.** 22º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA AMBIENTAL. Joinville, 2003.
- PORTO, R.L.L.; BRANCO, S.M.; CLEARY, R.W.; COIMBRA, R.M.; EIGER, S.; LUCA, S.J.; NOGUEIRA, V.P.Q.; PORTO, M.F.A. **Hidrologia Ambiental**, 3a ed. Edusp, São Paulo, 414p., 1991.
- PRINTES, L. B. . Biomonitoramento da Microrregião Carbonífera do Baixo Jacuí, RS, através de testes de toxicidade com cladóceras e implantação de cultivos e definição da faixa de sensibilidade de *Hyaella azteca* (Crustacea; Amphipoda) ao cloreto de sódio (NaCl). (Dissertação de Mestrado). Porto Alegre 1996
- PROSAB - **Noções gerais de tratamento e disposição final de estações de tratamento de água**, ABES, Rio de Janeiro: 1999.
- REALI, M. A. P. **Principais Características Quantitativas e Qualitativas do Lodo de ETAs.** In: **REALI, M. A. P. (coord.) Noções Gerais de Tratamento de Disposição Final de Lodos de ETA.** Rio de Janeiro: ABES / PROSAB, 1999. p. 21-39.
- REIS, E. L. T., COTRIM, M. E. B. RODRIGUES, C. PIRES, M. A. F. FILHO, O. B. ROCHA, S. M. e CCUTOLO, S. A. **Identificação da influência do descarte de lodo de estações de tratamento do água.** São Paulo – SP, Brasil. *Quim. Nova* Vol. 30, Nº 4, 865-872, 2007.
- REIS, E.L.T. **Abordagem sistêmica do sistema de tratamento de água de Registro, São Paulo, com ênfase na avaliação do impacto do descarte dos resíduos na Bacia Hidrográfica do Rio Ribeira de Iguape.** 2006. Tese (Doutorado), – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo.
- REYNOLDSON, T. B., THOMPSON, S.P.; BAMCEY, J.L. **A sediment bioassay using the tubificid oligochaete worm *Tubifex tubifex*.** *Envir. Toxicol. Chem.* 10:1061 -1072. 1991.
- RIBA I.; FORJA J. M.; GOMEZ-PARRA, A. ; DELVALLS T. A. ; **Sediment quality in littoral regions of the Gulf of Cádiz: a triad approach to address the influence of mining activities.** Departamento de Química Física, Facultad de Ciencias del Mar, Universidad de Cádiz, Apartado 40, 11510 Puerto Real, Cádiz, ESPAGNE, 2004.
- RIBEIRO, L.O. & UIEDA, V.S. **Estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos de um riacho de serra em Itatinga, São Paulo, Brasil.** *Rev. Bras. Zool.* vol.22 no.3 Curitiba July/Sept. 2005.
- RIETZLER, A.C. **Tempo de desenvolvimento, reprodução e longevidade de *Diaphanosoma birgei* Korinek e *Ceriodaphnia silvestrii* Daday em condições naturais e alimentação.** *An. Sem. Reg. Ecol.*, 1998. 3: 1159-1172.
- RIGHI, G., Oligochaeta. **Manual de identificação de invertebrados límnicos do Brasil**, 17. 30cm. 48 p. CNPq. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Brasília. BR. 1984. 48 p
- ROCHA, O. & GÜNTZEL, A. **CRUSTÁCEOS BRANQUIÓPODOS**, 1999. <http://www.biota.org.br/pdf/v4cap17.pdf>, 2008.

- RODGHER, S.1, ESPÍNDOLA, E. L. G.1, ROCHA, O.2, FRACÁCIO, R.3, PEREIRA, R. H. G.1 and RODRIGUES, M. H. S. **Limnological and ecotoxicological studies in the cascade of reservoirs in the tietê river (são paulo, brazil).** *Braz. J. Biol.*, 65(4): 697-710, 2005
- RODRIGUES, R. de S. O. **Estudos dos possíveis efeitos dos resíduos do herbicida dual 720 ce (metolachlor) sobre a comunidade bentônica da zona litoral, no açude do sitio são Jose, município de Embu-Guaçu, estado de São Paulo.** Dissertação (Mestrado); São Paulo, 1993. 119p.
- RODRIGUES, M. H. S. **Limnologia, análise da comunidade de macroinvertebrados bentônicos e bioensaios de toxicidade para avaliação ambiental dos reservatórios em cascata do médio e baixo rio Tietê (SP)** Tese (Doutorado) São Carlos, 2003
- ROQUE, F. O., CORBI, J.J. E TREVINHO-STRIXINO, S. **Consideração sobre a utilização de larvas de chironomidae (díptera) na avaliação da qualidade da água de córregos do estado de São Paulo.** Universidade Federal de São Carlos, SP. 2000.
- ROSADO, R.M. **Diagnóstico ambiental da Baía de Ipanema, Lago Guaíba, Porto Alegre, RS, Brasil: o uso integrado de variáveis físicas, químicas, biológicas e ecotoxicológicas.** Porto Alegre, RS. Dissertação(Mestrado) – Universidade do Rio Grande do Sul. 1998. 157 p.
- ROSENBERG, D. M. & RESH, V. H. (ed.) **Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates.** Chapman and Hall, New York, (1993). 488 pp.
- ROWLAND, C.D. **Optimizing in Situ Confined Chamber Expourses for Identifying Stressors and Their Sources.** Institute for Enviromental Quality, Wright State Univerity, Dayton, OH, USA.
- RUPPERT, E. & BARNES, R.D. **Zoologia dos invertebrados.** 6.ed., São Paulo : Roca, 1996.
- SABESP - COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO; **Tratamento e Disposição Final do Lodo de Estação de Tratamento de Água, SABESP:** São Paulo, 2003. (Relatório interno).
- SABESP - COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO - **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo:** 2004.
- SABESP - COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Disponível em: <<http://www.sabesp.com.br>>. Acesso em 08/07.
- SAULNIER, I. ; GAGNON, C.; **Background Levels of Metals in St. Lawrence River Sediments: Implications for Sediment Quality Criteria and Environmental Management.** Article: pp. 126–141, 2005.
- SCAPIN, M. **Aplicação da Difração E Fluorecência de Raios X (WDXRF): ensaios em argilominerais.** 2003.
- SÉ, J. A. S. **O rio do Monjolinho e sua bacia hidrográfica como integradores de sistemas ecológicos.** Dissertação (Mestrado), Departamento de Hidráulica e Saneamento, EESC – USP. 1992.
- SHAEFER, A. **Fundamentos de Ecologia e Biogeografia das águas continentais.** UFRGS, Porto Alegre, 1985.

- SHANNON & WEAVER, 1949 apud LUDWIG & REINOLDS, **Statistical ecology - a primer on methods and computing**. New York: John Wiley & Sons, 1988. 337p.
- SHEPARD, F.P., 1954, **Nomenclature based on sand-silt-clay ratios**: Journal Sedimentary Petrology, v. 24, p. 151-158.
- SHIMIZU, R. M. **Comunidade de macroinvertebrados da região entre mares da praia de Barequecaba, São Sebastião, sp**. Dissertação (Mestrado IB) 72p + anexos. São Paulo, 1991.
- SILVA, A.M. Avaliação ecotoxicológica do agrotóxico permetrina através de ensaios de toxicidade com invertebrados aquáticos. 162p. Dissertação (mestrado) Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN/USP, São Paulo, 2005.
- SILVEIRA, M.P., QUEIROZ, J. F. **Uso de Coletores com. Substrato Artificial para. Monitoramento Biológico de. Qualidade de Água**.ISSN 1515-8538, Jaguariúna,SP, 2006.
- SILVERIO, P. Bases-tecnológica científica para derivação de valores-guias de qualidade de sedimento para metais: experimentos em campo e laboratório. Tese (doutorado). EESC, SP, 2003.
- SIMONE, L.R.L. **Land and freshwater mollusks of Brazil** (an illustrated inventory on the Brazilian Malacofauna, including neighbor regions of the South America, respect to the terrestrial and freshwater ecosystem). São Paulo: Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, 2006. 390p.
- SMOLDERS, R., BLUST, R. & DE COEN, W. **An ecologically relevant exposure assessment for a polluted river using an integrated multivariate PLS approach**. *Environmental Pollution*. Volume 132, Issue 2 , November 2004, Pages 245-263.
- SODRÉ, F. F., C. C. MONTAGNER, M. A. F. LOCATELLI & W. F. JARDIM **Ocorrência de Interferentes Endócrinos e Produtos Farmacêuticos em Águas Superficiais da Região de Campinas (SP, Brasil)** J. Braz. Soc. Ecotoxicol., v. 2, n. 2, 2007, 187-196
- SOTOMAYOR, O.A. **A model reference for evaluating control strategies in activated sludge wastewater treatment plants**. In: INTERNATIONAL RESEARCH CONFERENCE ON WATER REUSE AND WATER TREATMENT PLANTS OPERATIONS. 1999, Toulouse, France.
- SOUZA, F. G. C. **Ocorrência de sólidos e metais na água tratada e nos resíduos gerados em ETA convencional de ciclo completo com descargas diárias**. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004.
- SPERLING, M.V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2 ed. Belo Horizonte: SEGRAC, 1986. 243p
- STRAYER, D. L. 1999. **Use of flow refuges by unionoid mussels in rivers**. Journal of the North American Benthological Society 18: 468-476
- SUGUIO, K. **Introdução À Sedimentologia**. Edgar Blücher, Edusp, São Paulo. 1973. 317p.
- SUNDEFELD JR, G. C. **Efeito de acréscimo do lodo da estação de tratamento de água pelo sistema de tratamento de esgoto por lodo ativado em bateladas e aeração prolongado município de Juquitiba – SP**. Dissertação (mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. São Paulo, SP. 2007. 107 p.

- TAKEDA, A. M. **Oligochaeta community of alluvial Upper Paraná River, Brazil: spatial and temporal distribution (1987-1988)**. *Hydrobiologia* 2001. 412:35-42.
- TESSLER, G.M.; SUGUIO, K.; ROBILLOTA, P.R. **Teores de alguns elementos traço metálicos em sedimentos pelíticos da superfície de fundo da região lagunar Cananéia-Iguape**. In: Simpósio sobre Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira, 1987, Cananéia, SP.
- TRAUNSPURGER, W.; DREWS, C. **Toxicity analyses of freshwater and marine sediments in meio- and macrobenthic organism: a review**. *Hydrobiologia*. 1996. 328: 215 - 261.
- TRIVINHO-STRIXINO, S. & STRIXINO, G. **Larvas de Chironomidae (Diptera) do Estado de São Paulo. Guia de identificação e diagnose dos gêneros**. São Carlos, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade de São Carlos. 1995.
- VALENTE, J. P. S.; PADILHA, P. M.; SILVA, A. M. M.; **Oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO) como parâmetros de poluição no ribeirão Lavapés/Botucatu – SP**. 1997
- WASHINGTON HG. **Diversity, biotic and similarity indices. A review with special relevance to aquatic ecosystems**. *Water Res* 1984; 18:653-694.
- WATANABE, H. M.; KUHLMANN, M. L.; BRANDIMARTE, A. L.; BONANI, F.; ANAYA, M.; GUERESCHI, R. M. 2003. **Desenvolvimento de Protocolo para a Aplicação da Comunidade Bentônica no Biomonitoramento de Reservatórios de Estado de São Paulo. II. Índices**. Universidade de São Paulo – SP.
- WATANABE, H. M. **Bases para aplicação de índices biológicos em ambientes lóticos – comunidade bentônica**. Tese (doutorado) USP, SP. 2007.
- WELTENS, R., R. GOOSSENS, S. VAN PUymbroeck. 2000. **Ecotoxicity of contaminated suspended solids for filter feeders (Daphnia magna)**. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 39:315-323.
- WETZEL, R.A., LIKENS, G.E. ; **Limnological Analises**. New York, 1991. 391p.
- WETZEL, R. G., **Limnologia**. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 1983, 919 p.
- WIENBURG, S. **Aspectos da estrutura espacial da macrofauna benthica da Lagoa Emboaba, RS. Porto Alegre**. Porto Alegre, RS. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Rio Grande do Sul. 1984. 476 p.
- ZAGATTO, P. A. & BERTOLETTI, E. **Ecotoxicologia aquática – princípios e aplicações**. São Carlos, SP, 2006
- ZAGATTO, P. A. **Toxicidade de Efluentes Industriais na Bacia do Rio Piracicaba**. *Revista CETESB de Tecnologia – Ambiente*, São Paulo, n. 1, v. 1, p. 39-42.1988.
- ZAGATTO, P.A., **Avaliação de toxicidade em sistema de tratamento biológico de afluentes líquidos**. *Revista SABESP*, n. 166, p. 1-6. 1992.
- ZAMBONI, A. **Caracterização ecotoxicológica do estuário da Lagoa dos Patos no entorno de Rio Grande, RS: Fundamentos e Técnicas**. Rio Grande, RS. Dissertação (Doutorado)– Universidade do Rio Grande. 193 p. 2000.

ZAMBONI, A. J. & ABESSA, D. M. S. **Triade Da Qualidade De Sedimentos**. In: Nascimento, I.; E. C. P. M. Sousa; M. G. Nipper (Eds.). **Ecotoxicologia Marinha: Aplicações No Brasil**. Editora Artes Gráficas, Salvador. Cap.Xx, Pp.233-243. 2002.

Consultas on line:

EMBRAPA Meio Ambiente: Biomonitoramento: organismos bentônicos na avaliação da qualidade da água. Retirado do site: <http://www.cnpma.embrapa.br/nova/mostra.php>, no dia 17/07/04, às 12:12h.

LIMA, J. S. BIOINDICAÇÃO EM ECOSISTEMAS TERRESTRES *Instituto de Educação Tecnológica*. Pesquisa no site:
<http://www.ietec.com.br/ietec/techoje/techoje/meioambiente/2003/01/24/2003>, em 26/07/04, às 18 horas.

<http://EnvironmentalChemistry.com/yogi/periodic/Cd.html> Accessed on-line: 1/25/2008

<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/variaveis.asp> 25/01/08 16:52

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)