Campus de São Carlos

Estudo ecotoxicológico do
sedimento de represas do Rio
Tietê com o organismo - teste
bentônico *Chironomus xanthus*
Rempel (Insecta: Diptera).

Caio Augusto de Almeida

Orientador: Prof.^a Dr^a Odete Rocha

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

ESCOLA DE ENGENHARIA
DE SÃO CARLOS

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Escola de Engenharia de São Carlos

Departamento de Hidráulica e Saneamento

Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada

Programa de Pós-graduação em Ciências da Engenharia Ambiental

“Estudo ecotoxicológico do sedimento de represas do Rio Tietê com o organismo-teste bentônico *Chironomus xanthus* Rempel (Insecta: Diptera)”

Caio Augusto de Almeida

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências da Engenharia Ambiental.

orientador: Prof^a Dr^a. Odete Rocha

Serviço de Pós-Graduação EESC/USP

EXEMPLAR REVISADO

Data de entrada no Serviço: 14.10.1.03.

Ass:.....

São Carlos, SP
Outubro / 2002

EDALUS - Acervo - EESC

31100037163

EESC-USP

✓

Class.	TESE
Cutt.	0243
	e.1
Tombo	T015103
Syno	1296225

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento
da Informação do Serviço de Biblioteca – EESC/USP

A447e

Almeida, Caio Augusto de
Estudo ecotoxicológico do sedimento de represas do
Rio Tietê com o organismo-teste bentônico *Chironomus
xanthus* Rempel (insecta: diptera)/ Caio Augusto de
Almeida. -- São Carlos, 2002.

Dissertação (Mestrado) -- Escola de Engenharia de
São Carlos-Universidade de São Paulo, 2002.

Área: Ciências da Engenharia Ambiental.
Orientador: Profª Drª Odete Rocha.

1. Ecotoxicologia. 2. Bioensaios. 3. Critérios de
qualidade de sedimentos. I. Título.

EXEMPLAR RECEBIDO

Serviço de Informação EESC/USP

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato: Bacharel **CAIO AUGUSTO DE ALMEIDA**

Dissertação defendida e julgada em 31-10-2002 perante a Comissão Julgadora:

Profa. Tit. **ODETE ROCHA (Orientadora)**
(Universidade Federal de São Carlos/UFSCar)

APROVADO

Prof. Assoc. **EVALDO LUIZ GAETA ESPINDOLA**
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

APROVADO

Profa. Dra. **SUSANA TRIVINHO STRIXINO**
(Universidade Federal de São Carlos/UFSCar)

APROVADO

Prof. Doutor **VALDIR SCHALCH**
Coordenador do Programa de Pós-Graduação
em Ciências da Engenharia Ambiental

Prof. Assoc. **MARIA DO CARMO CALIJURI**
Presidente da Comissão de Pós-Graduação

Para Sophia.

Agradecimentos

À Professora Dra. Odete Rocha pela excelente orientação e apoio durante a realização deste trabalho.

A todos os integrantes do Projeto Qualised, em especial ao professor Antônio A. Mozeto, pelas valiosas contribuições.

Aos técnicos Aírton, Luiz e Valdecir, sem os quais seria impossível a realização deste trabalho.

Aos alunos e funcionários do CRHEA – USP e do DEBE – UFSCar que me auxiliaram durante as atividades deste projeto.

Ao Roberto Gama Filho por fornecer os primeiros exemplares de *B. sowerbyi*.

À FAPESP (Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo) pela bolsa concedida.

A todos os meus amigos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

À minha família que sempre me apoiou.

À minha esposa Juliana pelo amor, pelas contribuições ao trabalho e principalmente pela Sophia.

À minha filha Sophia por me proporcionar os melhores momentos de minha vida, e me motivar a melhorar sempre.

Índice

Agradecimentos

Lista de Figuras.....	i
Lista de Tabelas.....	iv
Lista de Abreviaturas e siglas.....	xii
Lista de Símbolos.....	xiii
Resumo.....	xiv
Abstract.....	xv
1. Introdução.....	1
1.1 Metais.....	9
1.2 Atrazina.....	13
2. Objetivos.....	15
3. Material e Métodos.....	16
3.1 Área de estudo: O rio Tietê.....	16
3.1.1 Caracterização das Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos.....	20
3.1.2 Caracterização dos Reservatórios Estudados.....	25
3.2 Material Biológico.....	30
3.2.1 <i>Chironomus xanthus</i>	30
3.2.1.1 Cultivo e Manutenção de <i>C. xanthus</i>	32
3.3 Testes de Avaliação da toxicidade.....	35
3.3.1 Testes de sensibilidade com <i>C. xanthus</i>	35
3.3.2 Testes de toxicidade aguda de <i>C. xanthus</i> aos sedimentos naturais dos reservatórios.....	36
3.3.3 Testes de toxicidade crônica de <i>C. xanthus</i> aos sedimentos naturais dos reservatórios.....	37
3.4 Análise dos Resultados.....	37
3.4.1 Faixa de sensibilidade de <i>C. xanthus</i> a substâncias de referência, aos metais e a atrazina.....	37

3.4.2 Avaliação da toxicidade do sedimento dos reservatórios ao <i>C. xanthus</i>	37
4. Resultados e Discussão.....	39
4.1 Avaliação da qualidade das culturas de <i>C. xanthus</i>	39
4.1.1 Fecundidade de <i>C. xanthus</i> em cultivos de laboratório.....	39
4.1.2 Testes de sensibilidade de <i>C. xanthus</i> ao cloreto de potássio (KCl)	41
4.2 Testes de toxicidade crônica com sedimentos.....	42
4.3 Testes de sensibilidade de <i>C. xanthus</i> a substâncias de referência.....	55
5. Conclusões.....	64
Anexo I.....	67
Anexo II.....	77
Referências Bibliográficas.....	109

Lista de Figuras

Figura 1: Classificação dos trechos das principais bacias hidrográficas do estado de São Paulo segundo a qualidade das águas (Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, 1999).....	17
Figura 2: Vista de um trecho do rio Tietê, situado a jusante do reservatório de Rasgão, na região de Pirapora do Bom Jesus, ilustrando o avançado estado de degradação do rio nessa região..	18
Figura 3: Localização da bacia do Rio Tietê no estado de São Paulo e a sua divisão em unidades de gerenciamento de recursos hídricos (UGRH) modificado de (Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, 1999).....	19
Figura 4: Localização dos reservatórios Billings e Pedro Beicht, na UGRH do Alto Tietê.....	20
Figura 5: Localização do Reservatório de Barra Bonita e da Barragem de Pirapora (Rasgão), na UGRH Sorocaba/Médio Tietê.....	21
Figura 6: Localização do reservatório de Bariri na UGRH Tietê/Jacaré.....	22
Figura 7: Localização do Reservatório de Promissão na UGRH Tietê/Batalha.....	23
Figura 8: Localização dos Principais Reservatórios da UGRH Baixo/Tietê.....	24
Figura 9: Desenho esquemático da pupa e larva (4º instar) de um quironomídeo genérico (modificado de Peenak, 1953).....	31
Figura 10a: Bandejas de cultivo de <i>C. xanthus</i> em laboratório, evidenciando as bandejas plásticas com sedimento e água e a cobertura de tela para a retenção dos adultos emergentes.....	33
Figura 10b: Bandejas de cultivo de <i>C. xanthus</i> (continuação), sem a tela de retenção dos adultos.....	33
Figura 11: Histograma de frequência do número de ovos nas massas ovígeras.....	39
Figura 12: Desenho esquemático mostrando a disposição dos ovos nas massas ovígeras de <i>C. xanthus</i> (adaptado de Strixino, 1980).....	40
Figura 13: Faixa de sensibilidade de <i>C. xanthus</i> , oriundos dos cultivos em laboratório, ao KCl.....	41
Figura 14: Recipientes-teste com amostras ambientais nos testes de toxicidade crônica.....	53

Figura 15: Análise comparativa entre os reservatórios estudados com dados da coleta de outubro de 2000.....	51
Figura 16: Análise comparativa entre os reservatórios estudados com dados da coleta de outubro de 2001.....	52
Figura 17: Análise comparativa entre os reservatórios estudados com dados das coletas de outubro de 2000 e de 2001.....	53
Figura 18: Concentrações de metais presentes em amostras de sedimento dos reservatórios e os respectivos valores de mortalidade para <i>C. xanthus</i> e <i>H. azteca</i>	54
Figura 19: Concentrações de xenobióticos presentes em amostras de sedimento dos reservatórios e os respectivos valores de mortalidade para <i>C. xanthus</i> e <i>H. azteca</i>	54
Figura 20: Vista dos Recipientes utilizados nos testes de sensibilidade, evidenciando as larvas de <i>C. xanthus</i>	56
Figura 21: Faixa de sensibilidade de <i>C. xanthus</i> , oriundos dos cultivos em laboratório, ao $K_2Cr_2O_7$	57
Figura 22: Faixa de sensibilidade de <i>C. xanthus</i> , oriundos dos cultivos em laboratório, ao $ZnSO_4$	57
Figura 23: Faixa de sensibilidade de <i>C. xanthus</i> , oriundos dos cultivos em laboratório, ao $ZnSO_4$	58
Figura 24: Faixa de sensibilidade de <i>C. xanthus</i> , oriundos dos cultivos em laboratório, à Atrazina.....	58
Figura 25: Faixa de sensibilidade de <i>C. xanthus</i> , oriundos dos cultivos em laboratório, ao $CdCl_2$	59
Figura 26: Faixa de sensibilidade de <i>C. xanthus</i> , oriundos dos cultivos em laboratório, ao $CdCl_2$ com sedimento artificial.....	59

Lista de Tabelas

Tabela 1: Concentrações máximas admissíveis em efluentes.....	10
Tabela 2: Concentrações máximas permitidas para águas.....	10
Tabela 3: Dados morfométricos dos reservatórios estudados.....	25
Tabela 4: Parâmetros limnológicos dos reservatórios estudado....	26
Tabela 5: Número inicial de organismos, número de organismos mortos e taxa de mortalidade das larvas de <i>C. xanthus</i> expostas ao sedimento das represas do Rio Tietê, em testes realizados no período de 17/10/2000 até 27/10/2000.....	43
Tabela 6: Número inicial de organismos, número de organismos mortos e taxa de mortalidade das larvas de <i>C. xanthus</i> expostas ao sedimento das represas do Rio Tietê, em testes realizados no período de 21/10/2001 até 30/10/2001.....	44
Tabela 7: Número inicial de organismos, número de organismos mortos e taxa de mortalidade das larvas de <i>C. xanthus</i> expostas ao sedimento das represas do Rio Tietê, em testes realizados no período de 17/10/2000 até 27/10/2000.....	44
Tabela 8: Número inicial de organismos, número de organismos mortos e taxa de mortalidade das larvas de <i>C. xanthus</i> expostas ao sedimento das represas do Rio Tietê, em testes realizados no período de 14/11/2001 até 24/11/2001.....	45
Tabela 9: Concentrações de metais (mg/Kg) em amostras de sedimentos superficiais de reservatórios na bacia do rio Tietê (Nascimento 2001).....	47
Tabela 10: Concentrações de metais nas amostras de sedimento total dos reservatórios estudados.....	47
Tabela 11: Concentrações de compostos químicos orgânicos não iônicos nos reservatórios estudados.....	49
Tabela 12: CL_{50} calculada e respectivas faixas de sensibilidade de <i>C. xanthus</i> calculadas para as substâncias testadas.....	55
Tabela 13: Valores de CL/CE 50 para $CdCl_2$	60
Tabela 14: Valores de CL/CE 50 para $K_2Cr_2O_7$	61
Tabela 15: Valores de CL/CE 50 para $CuSO_4$	61
Tabela 16: Valores de CL/CE 50 para atrazina.....	62

Tabela 17: Concentração de KCl utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas e percentual calculado de sobrevivência para os testes de sensibilidade ao KCl realizados em novembro de 2000.....	68
Tabela 18: Concentração de KCl utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas e percentual calculado de sobrevivência para os testes de sensibilidade ao KCl realizados em fevereiro de 2001.....	68
Tabela 19: Concentração de KCl utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas e percentual calculado de sobrevivência para os testes de sensibilidade ao KCl realizados em março de 2001.....	69
Tabela 20: Concentração de KCl utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas e percentual calculado de sobrevivência para os testes de sensibilidade ao KCl realizados em abril de 2001.	69
Tabela 21: Concentração de KCl utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas e percentual calculado de sobrevivência para os testes de sensibilidade ao KCl realizados em maio de 2001	70
Tabela 22: Concentração de KCl utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas e percentual calculado de sobrevivência para os testes de sensibilidade ao KCl realizados em junho de 2001	70
Tabela 23: Concentração de KCl utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas e percentual calculado de sobrevivência para os testes de sensibilidade ao KCl realizados em julho de 2001	71
Tabela 24: Concentração de KCl utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas e percentual calculado de sobrevivência para os testes de sensibilidade ao KCl realizados em agosto de 2001	71
Tabela 25: Concentração de KCl utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas e percentual calculado de sobrevivência para os testes de sensibilidade ao KCl realizados em setembro de 2001.	72
Tabela 26: Concentração de KCl utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas e percentual calculado de sobrevivência para os testes de sensibilidade ao KCl realizados em outubro de 2001	72

Tabela 27: Concentração de KCl utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas e percentual calculado de sobrevivência para os testes de sensibilidade ao KCl realizados em janeiro de 2002	73
Tabela 28: Concentração de KCl utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas e percentual calculado de sobrevivência para os testes de sensibilidade ao KCl realizados em fevereiro de 2002	73
Tabela 29: Concentração de KCl utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas e percentual calculado de sobrevivência para os testes de sensibilidade ao KCl realizados em março de 2002	74
Tabela 30: Concentração de KCl utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas e percentual calculado de sobrevivência para os testes de sensibilidade ao KCl realizados em abril de 2002	74
Tabela 31: Concentração de KCl utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas e percentual calculado de sobrevivência para os testes de sensibilidade ao KCl realizados em maio de 2002.....	75
Tabela 32: : Concentração de $K_2Cr_2O_7$ utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas e percentual calculado de sobrevivência para os testes de sensibilidade.....	78
Tabela 33: Concentração de $K_2Cr_2O_7$ utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas e percentual calculado de sobrevivência para os testes de sensibilidade.....	78
Tabela 34: Concentração de $K_2Cr_2O_7$ utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas e percentual calculado de sobrevivência para os testes de sensibilidade.....	79
Tabela 35: Concentração de $K_2Cr_2O_7$ utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas e percentual calculado de sobrevivência para os testes de sensibilidade.....	79
Tabela 36: Concentração de $K_2Cr_2O_7$ utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas e percentual calculado de sobrevivência para os testes de sensibilidade.....	80
Tabela 37: Concentração de $K_2Cr_2O_7$ utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas e percentual calculado de sobrevivência para os testes de sensibilidade.....	80

Tabela 38: Concentração de $K_2Cr_2O_7$ utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas e percentual calculado de sobrevivência para os testes de sensibilidade.....	81
Tabela 39: Concentração de $K_2Cr_2O_7$ utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas e percentual calculado de sobrevivência para os testes de sensibilidade.....	81
Tabela 40: Concentração de $K_2Cr_2O_7$ utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas e percentual calculado de sobrevivência para os testes de sensibilidade.....	82
Tabela 41: Concentração de $K_2Cr_2O_7$ utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas e percentual calculado de sobrevivência para os testes de sensibilidade.....	82
Tabela 42: Concentração de $ZnSO_4$ utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas e percentual calculado de sobrevivência para os testes de sensibilidade.....	83
Tabela 43: Concentração de $ZnSO_4$ utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas e percentual calculado de sobrevivência para os testes de sensibilidade.....	83
Tabela 44: Concentração de $ZnSO_4$ utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas e percentual calculado de sobrevivência para os testes de sensibilidade.....	84
Tabela 45: Concentração de $ZnSO_4$ utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas e percentual calculado de sobrevivência para os testes de sensibilidade.....	84
Tabela 46: Concentração de $ZnSO_4$ utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas e percentual calculado de sobrevivência para os testes de sensibilidade.....	85
Tabela 47: Concentração de $ZnSO_4$ utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas e percentual calculado de sobrevivência para os testes de sensibilidade.....	85
Tabela 48: Concentração de $ZnSO_4$ utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas e percentual calculado de sobrevivência para os testes de sensibilidade.....	86
Tabela 49: Concentração de $ZnSO_4$ utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas e percentual calculado de sobrevivência para os testes de sensibilidade.....	86
Tabela 50: Concentração de $ZnSO_4$ utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas e percentual calculado de sobrevivência para os testes de sensibilidade.....	87

Tabela 51: Concentração de ZnSO_4 utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas e percentual calculado de sobrevivência para os testes de sensibilidade.....	87
Tabela 52: Concentração de CdCl_2 utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas e percentual calculado de sobrevivência para os testes de sensibilidade.....	88
Tabela 53: Concentração de CdCl_2 utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas e percentual calculado de sobrevivência para os testes de sensibilidade.....	88
Tabela 54: Concentração de CdCl_2 utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas e percentual calculado de sobrevivência para os testes de sensibilidade.....	89
Tabela 55: Concentração de CdCl_2 utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas e percentual calculado de sobrevivência para os testes de sensibilidade.....	89
Tabela 56: Concentração de CdCl_2 utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas e percentual calculado de sobrevivência para os testes de sensibilidade.....	90
Tabela 57: Concentração de CdCl_2 utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas e percentual calculado de sobrevivência para os testes de sensibilidade.....	90
Tabela 58: Concentração de CdCl_2 utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas e percentual calculado de sobrevivência para os testes de sensibilidade.....	91
Tabela 59: Concentração de CdCl_2 utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas e percentual calculado de sobrevivência para os testes de sensibilidade.....	91
Tabela 60: Concentração de CdCl_2 utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas e percentual calculado de sobrevivência para os testes de sensibilidade.....	92
Tabela 61: Concentração de CdCl_2 utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas e percentual calculado de sobrevivência para os testes de sensibilidade.....	92
Tabela 62: Concentração de CuSO_4 utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas e percentual calculado de sobrevivência para os testes de sensibilidade.....	93
Tabela 63: Concentração de CuSO_4 utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas e percentual calculado de sobrevivência para os testes de sensibilidade.....	93

Tabela 88: Concentração de CdCl_2 utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas e percentual calculado de sobrevivência para os testes de sensibilidade com presença de sedimento.....106

Tabela 89: Concentração de CdCl_2 utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas e percentual calculado de sobrevivência para os testes de sensibilidade com presença de sedimento.....106

Tabela 90: Concentração de CdCl_2 utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas e percentual calculado de sobrevivência para os testes de sensibilidade com presença de sedimento.....107

Tabela 91: Concentração de CdCl_2 utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas e percentual calculado de sobrevivência para os testes de sensibilidade com presença de sedimento.....107

Lista de Abreviaturas e Siglas

BPC - Bifenilas Policloradas

CE₅₀ - Concentração efetiva para 50% da população amostral

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

CL₅₀ - Concentração Letal para 50% da população amostral

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

COT - Carbono Orgânico Total

CQS - Critério de Qualidade de Sedimento

EMAE - Empresa Metropolitana de Água e Energia S.A.

HPA - Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos

SMA - Secretaria do Meio Ambiente

SVA - Sulfetos Volatilizáveis por acidificação

UFSCar - Universidade Federal de São Carlos

UNEP - United Nations Environment Programme

UNICAMP - Universidade de Campinas

USEPA - United States Environmental Protection Agency

Lista de símbolos

°C – grau celsius

mm – milímetros

cm – centímetros

g – gramas

mL – mililitros

Km² – quilometro quadrado

mg/L – miligramas por litro

g/L – gramas por litro

mL/L – mililitros por litro

mg/Kg – miligramas por quilograma

m³/s – metro cúbico por segundo

ton.DBO/dia – toneladas de demanda bioquímica de oxigênio por dia

Resumo

Almeida, C.A. (2002). Estudo ecotoxicológico do sedimento de represas do Rio Tietê com o organismo-teste bentônico *Chironomus xanthus* Rempel (Insecta: Diptera). São Carlos, 2002. 119pp. Dissertação (Mestrado) – CRHEA – EESC – USP.

O estado de São Paulo, devido a seu alto grau de industrialização, grande densidade demográfica e técnicas de produção agrícola, tem grande parte de seus mananciais impactados. As avaliações da qualidade da água são de vital importância para o manejo adequado e recuperação desses sistemas, todavia os programas atuais de monitoramento são incompletos no sentido de não permitirem uma avaliação global dos efeitos dos contaminantes sobre a biota aquática. Esses programas enfocam preferencialmente a coluna d'água, porém é o sedimento o compartimento preferencial de armazenamento e transformações de contaminantes e nutrientes.

Para que, associados a outros estudos e métodos de análise, possam ser desenvolvidas as bases metodológicas para a definição de critérios de qualidade de sedimentos, foram realizados bioensaios crônicos com amostras de sedimento de seis represas do sistema do Rio Tietê (Pedro Beicht, Rasgão, Billings, Barra Bonita, Promissão e Bariri), nos períodos de outubro e novembro de 2000 e de 2001, bem como testes para a determinação da faixa de sensibilidade de *Chironomus xanthus* às substâncias dicromato de potássio - $K_2Cr_2O_7$ (4,82 ~ 9,41 mg/L), sulfato de zinco - $ZnSO_4$ (1,46 ~ 13,47 mg/L), cloreto de cádmio - $CdCl_2$ (0,34 ~ 1,11 mg/L), sulfato de cobre - $CuSO_4$ (1,13 ~ 1,77 mg/L), cloreto de potássio - KCl (2,91 ~ 3,77 g/L) e atrazina (1,43 ~ 2,72 mg/L). Os resultados dos testes com amostras ambientais indicaram maior toxicidade nos reservatórios de Rasgão e Billings e em menor grau em Barra Bonita e Bariri.

Palavras Chaves: Ecotoxicologia, Bioensaios, *Chironomus xanthus*, Reservatórios do Rio Tietê.

Abstract

Almeida, C.A. (2002). Ecotoxicologic Study of the Tietê River reservoirs' sediment with test-organisms *Chironomus xanthus* Rempel (Insecta: Diptera). São Carlos, 2002. 119p. Dissertação (Mestrado) – CRHEA – EESC – USP.

The São Paulo State, due to its high levels of industrialization, great demographic density and agricultural techniques, has most of its water resources compromised. The water quality assessments are fundamental to the appropriate management and recover of these systems, however the existing monitoring programs are incomplete and do not allow the assessment of all the effects that the contaminants can carry out in the aquatic biota. The main approach of these programs is the water column, but the sediment is the preferential compartment of contaminants and nutrient storing and alteration.

Associated to other studies and analyses, this work intends to help to develop the methodological basis to define the sediment quality criteria by doing chronic bioassays with sediment samples of six reservoir of the Tietê river system (Pedro Beicht, Rasgão, Billings, Barra Bonita, Promissão e Bariri), as well as determining the *Chironomus xanthus* sensibility to the substances $K_2Cr_2O_7$, (4,82 ~ 9,41 mg/L), $ZnSO_4$ (1,46 ~ 13,47 mg/L), $CdCl_2$ (0,34 ~ 1,11 mg/L), $CuSO_4$ (1,13 ~ 1,77 mg/L), KCl (2,91 ~ 3,77 g/L) and atrazine (1,43 ~ 2,72 mg/L). The environmental bioassays showed that the highest toxicity was found in Rasgão and Billings reservoirs while Barra Bonita and Bariri showed minor levels of toxic effects.

Key words: Ecotoxicology, bioassays, *Chironomus xanthus*, Reservoirs of the Tietê river.

1. Introdução

Os problemas ambientais causados pelo desenvolvimento acelerado da civilização humana têm se tornado cada vez mais evidentes. O crescimento da população humana, acompanhado do aumento do consumo de combustível fóssil (e de outros recursos), consequência da expansão industrial, além das enormes quantidades de resíduos e de poluentes que são despejados diariamente na atmosfera, no solo e nos corpos d'água do planeta, vem acelerando a devastação das florestas, diminuindo o estoque de peixes, causando perda de solo fértil, perda de habitats, perda de espécies e perda de biodiversidade.

Essas tendências são ainda pontuadas por dramáticos eventos isolados como os freqüentes derramamentos de petróleo, ou acidentes com materiais contaminantes e/ou radioativos. Todavia, acredita-se que o impacto desses "macro" eventos seja inferior ao da sucessão de contínuos "micro" impactos causados pelas emissões rotineiras de poluentes e descargas de resíduos.

Entre os problemas ambientais que afligem a humanidade, o mais preocupante e de maior importância é a degradação dos recursos hídricos. Elliot (1994) estima que cerca de 4 milhões de crianças morrem anualmente antes da idade de 5 anos devido à falta de água com qualidade e de condições sanitárias adequadas.

Em muitos países o desflorestamento para a obtenção de lenha e de madeira para fins comerciais, bem como para dar lugar a pastagens e a campos de cultivo, e às áreas destinadas para a ocupação urbana, tem reduzido a capacidade do solo dessas regiões em absorver água, ocasionando o aumento da ocorrência de enchentes e reduzindo a disponibilidade de água nas estações secas.

As águas cobrem três quartos da superfície da Terra, porém, apenas 3% de toda a água do planeta é doce e apenas 0,0081% está disponível para consumo humano. O crescimento populacional e as exigências por energia e alimentos estão impondo demandas cada vez maiores de água e como os recursos hídricos não tem uma distribuição igualitária no planeta, sua disponibilidade tem profundas implicações econômicas (Weber, 1998).

O Brasil, embora possua em seu território as maiores bacias hidrográficas do planeta, tem a disponibilidade de água para o consumo da população ameaçada. Não só o nordeste semi-árido, mas muitas cidades de outras regiões são obrigadas a implementar regimes de racionamento, pondo em risco a saúde da população, bem como a geração de energia elétrica, uma vez que, mais de 90% da energia produzida no Brasil provém de Usinas Hidroelétricas (Goldembeerg, 2001).

Os problemas de degradação e de poluição dos recursos hídricos não afetam regiões ou países isolados. Lagos e rios do mundo todo recebem enormes quantidades de esgoto sanitário, efluentes industriais e agrícolas e outras substâncias provenientes de áreas urbanas e rurais. Muitos desses corpos d'água passam pelo território de dois ou mais países, o que muitas vezes torna difícil conciliar interesses políticos com a efetiva proteção ao meio ambiente. Além disso, o número de poluentes que podem causar efeitos preocupantes cresce anualmente, conforme novos compostos vão sendo sintetizados (Corson, 1990) e as águas doces acabam contaminando também as regiões costeiras.

Jørgensen (1990) estima que a humanidade utilize em escala industrial mais de 50.000 produtos químicos, enquanto os dados para avaliar as possíveis conseqüências das mesmas para o ambiente, só são disponíveis para uma pequena porcentagem desses

compostos. Outros autores falam em cerca de 11 milhões de substâncias químicas poluentes, sendo que a cada ano são fabricados de 500 a 1000 novos compostos (UNEP, 1992; Postel, 1987).

Muitos destes poluentes têm sido dispersos indiscriminadamente no meio ambiente, sendo os corpos d'água os recipientes naturais da maioria das substâncias tóxicas geradas pelas atividades humanas, funcionando, devido à sua própria morfologia e fisiologia, como receptores temporários e finais dos poluentes (Lee, 1980). A maioria das substâncias lançadas no solo e no ar têm como último destino os ecossistemas aquáticos, devido à ação das chuvas e do escoamento superficial nos solos, além das substâncias despejadas diretamente nos corpos hídricos. Segundo Jardim (1992) o principal vetor de degradação dos ecossistemas aquáticos é o lançamento de esgoto industrial e doméstico não tratados.

Com o futuro crescimento da população humana e o conseqüente aumento das atividades econômicas a quantidade de dejetos que será produzida, e, conseqüentemente, os lançamentos de efluentes, aumentarão significativamente.

Muitas substâncias e seus subprodutos podem causar danos às biocenoses dos ecossistemas bem como ao homem, e dependendo da origem, propriedades físicas e químicas, quantidades liberadas e características do ecossistema, estes produtos podem ser transportados e transformados no ambiente, através de diferentes processos (CETESB, 1991), podendo afetar todos os níveis de uma cadeia trófica através de processos de bioacumulação e de biomagnificação. Os problemas de contaminação dos ecossistemas são acentuados quando se observa que apenas uma pequena porcentagem dos poluentes tem seus efeitos conhecidos. Além dos danos causados

ao meio ambiente, o problema da poluição possui profundas implicações sócio-econômicas, uma vez que o custo do tratamento das águas torna-se muito elevado, exigindo cada vez mais técnicas especializadas e altos investimentos em tecnologia e infraestrutura para que se mantenha os índices de potabilidade de água para o consumo da população.

Embora os sistemas biológicos apresentem certa capacidade para resistir a mudanças, recuperando um estado de equilíbrio ou estado estacionário, essa estabilidade, presente nos diferentes níveis de organização ecológica e que recebe o nome de homeostase, é dependente das interações entre os organismos que colaboram para a manutenção da estrutura e função das comunidades (Odum, 1985). A homeostase de um sistema depende de sua diversidade biológica e de processos evolutivos de sucessão ecológica, implicando que a capacidade de autoregulação e automanutenção dos ecossistemas e de seus componentes vem de um lento processo de evolução das comunidades ao longo do tempo. Por outro lado, o que caracteriza as mudanças ambientais causadas pelas atividades antropogênicas é o fato de ocorrerem num curto período de tempo (Goldemberg, 2001), acarretando a desestruturação de sistemas que levaram milhares de anos para atingir tal estabilidade. Mesmo com todos os mecanismos físicos, químicos e biológicos, que os sistemas biológicos possuem para assimilar as substâncias poluidoras e prevenir danos ao meio ambiente, quando os poluentes atingem níveis acima da capacidade depurativa do corpo receptor, podem afetar a sobrevivência, o crescimento, a reprodução ou o comportamento dos organismos.

Inúmeros trabalhos mostram que os níveis de degradação dos sistemas aquáticos atingem hoje patamares alarmantes, sendo urgente a necessidade de ampliação dos conhecimentos a respeito dos sistemas aquáticos, permitindo que dessa forma seja possível a

adoção de métodos mais adequados para o manejo e conservação desses sistemas sem afetar a disponibilidade de recursos para as gerações futuras (CETESB, 2001; Fonseca, 1997; Meletti, 1997; Corson, 1990).

Programas voltados para o desenvolvimento do uso sustentado dos recursos hídricos devem ser implementados a fim de garantir a disponibilidade de água com qualidade para o consumo humano. Tais programas exigem a integração de várias áreas e devem priorizar a recuperação de sistemas que já estão degradados e a conservação dos ambientes que ainda mantêm suas características naturais (Zojer, 1998).

A avaliação de qualidade da água de mananciais é de grande importância para o manejo e a recuperação dos sistemas que estão impactados, entretanto, observa-se que os critérios de avaliação da qualidade da água dos programas de monitoramento ambiental vigentes não permitem uma avaliação global do estado da qualidade dos ecossistemas, não assegurando uma avaliação integrada da qualidade de vida daquele ambiente, bem como de sua bacia hidrográfica (Mozeto & Patella, 1997).

Um estudo realizado por Nascimento & Sperling (1998), comparando os critérios científicos de determinação dos padrões de qualidade da água para a proteção das comunidades aquáticas, brasileiros (CONAMA 20), norte-americanos e canadenses, demonstrou uma considerável defasagem dos padrões brasileiros, os quais não englobam testes de toxicidade para o estabelecimento de limites máximos de concentração permissíveis para o lançamento de efluentes nos ambientes aquáticos. Apenas recentemente algumas das agências estaduais de saneamento inseriram análises ecotoxicológicas na avaliação da qualidade da água de mananciais.

A grande maioria dos estudos de avaliação da qualidade de um ecossistema aquático já evidencia a necessidade da realização de análises toxicológicas, físicas e químicas da coluna d'água. Há, contudo grande carência de dados e estudos que considerem o potencial tóxico e o destino dos contaminantes presentes no sedimento (Munawar *et al.*, 1999).

O monitoramento de ecossistemas aquáticos deve incluir rigorosos critérios de qualidade, não só para a água como também para o sedimento, uma vez que a análise química da coluna d'água abrange apenas um dado grupo de espécies químicas dissolvidas e, portanto, não sendo suficiente para a avaliação da qualidade do ambiente aquático como um todo (Costa, 1997).

Deve-se considerar o estudo dos sedimentos para a avaliação de poluição ambiental como de extrema importância uma vez que os mesmos, por serem bastante estáveis física e quimicamente, atuam como depósitos de diversas substâncias, inclusive de contaminantes, podendo liberá-las para a água quando ocorrem distúrbios no ambiente (Baish, 1997).

Apesar da notável importância dos sedimentos para o ecossistema como um todo, a avaliação da qualidade do sedimento está geralmente limitada a caracterizações químicas e, mesmo assim, no Brasil não há normas (como as estabelecidas para as águas pela Resolução do CONAMA 20, 1986) que especifiquem as máximas concentrações de contaminantes permissíveis no sedimento para garantir a sua qualidade (Costa, 1997). Além disso, segundo Seelye & Mac (1984), o relacionamento entre as concentrações de contaminantes no sedimento e sua biodisponibilidade ainda não são muito conhecidas.

Em alguns países os testes com sedimento têm sido amplamente utilizados nos últimos anos, pois os sedimentos podem interferir

na qualidade das águas, uma vez que representam um depósito de substâncias naturais e de origem antropogênica introduzidas no sistema, as quais tendem a ser liberadas para a coluna d'água devido às mudanças (físicas e químicas) das condições ambientais (Ingersoll, 1995).

A avaliação da qualidade dos sedimentos foi contemplada em muitos trabalhos, principalmente a partir de meados da década de 80, quando aparecem na literatura grande número de proposições de novos índices ou critérios de qualidade (Reynolson *et al.*, 1995; Förstner *et al.*, 1993; Chapman *et al.*, 1987).

Apesar do grande número de publicações, não se postulou nenhum critério de qualidade de sedimento que reúna um espectro de respostas que seja adequada a um extenso número de contaminantes presentes nos ecossistemas aquáticos com propriedades biogeoquímicas bastante diversas (Förstner *et al.*, 1993). Dois critérios ou abordagens são propostos por Förstner *et al.* (*op cit.*): (1) químico-quantitativos (composição das águas intersticiais, equilíbrio sedimento-água, remobilização e capacidade de produção de ácidos e tampões) e (2) biológicos (baseados em observação de campo e bioensaios).

A aplicação da Tríade de Qualidade de Sedimentos compreendendo análises químicas, bioensaios e avaliações da fauna residente, é considerado um dos melhores enfoques para o estudo do ambiente sedimentar, pois caracteriza o ambiente como um todo, podendo fornecer evidências mais concretas e seguras de uma eventual poluição ambiental (Chapman *et al.*; 1987).

A Tríade de Qualidade de Sedimentos demanda: (1) a existência pretérita e/ou a obtenção de expressivo volume de informações químicas de diferentes contaminantes e parâmetros que caracterizem biogeoquimicamente o local de estudo; (2) estudos de campo sobre

biodiversidade e sobre a biodisponibilidade de certos contaminantes e seus efeitos deletérios sobre a biota residente e (3) análises ecotoxicológicas (bioensaios) que empreguem diversos organismos que habitam os sedimentos e a água.

A implementação da Tríade de Qualidade de Sedimentos é muito complexa devido à enorme demanda de dados, o que faz com que seu uso seja restritivo. Solucionando esse problema Guchte (1995) propõe a integração dos resultados de diferentes profissionais envolvidos no processo de avaliação de riscos e significado ecológico, uma vez que requerem uma integração de métodos químicos, físicos e biológicos, pois os problemas complexos encontrados nos níveis ecossistêmicos de organização só podem ser compreendidos ligando-se múltiplas disciplinas em cada estudo. Essa abordagem multidisciplinar pode trazer grandes avanços no desenvolvimento das metodologias para as caracterizações de risco ecológico (Burton, 1995).

Os estudos propostos neste projeto tem como objetivo o desenvolvimento e a implementação de metodologias de cultivo e de bioensaios com organismos bentônicos para avaliar a qualidade do sedimento de represas do Rio Tietê. Fazem parte do projeto Qualised, um esforço inter e multidisciplinar, envolvendo vários pesquisadores e técnicos da UFSCar, UNICAMP e CETESB e inserem-se no contexto acima delineado uma vez que, juntamente com os outros trabalhos realizados pelo Qualised são orientados para a definição de bases técnicas e científicas para a criação de critérios de qualidade de sedimentos (CQS), que auxiliem na avaliação da qualidade da água de mananciais.

1.1 Metais

As concentrações relativamente altas de metais nas águas naturais tornaram-se um tópico de significativa importância para vários cientistas e engenheiros ligados de alguma forma aos estudos da qualidade das águas, bem como para o público em geral. A principal causa dessa preocupação reside no potencial tóxico dessas substâncias, seja diretamente ou através dos processos de bioacumulação e biomagnificação ao longo de cadeias tróficas, podendo estes afetar não só a vida aquática, como também o homem.

A presença de metais em sistemas aquáticos naturais depende das interações entre a água o sedimento e a atmosfera. As concentrações variam naturalmente como resultado de fenômenos climatológicos, geomorfológicos, hidrodinâmicos, físicos, químicos e biológicos. Essas interações naturais foram alteradas devido às atividades humanas que priorizavam o uso e a demanda por água em detrimento do dano que poderia estar causando ao meio ambiente.

Os efeitos dessa classe de elementos nos ecossistemas aquáticos e seus impactos na biota dependem da espécie metálica, da concentração e das associações que podem fazer com outros componentes dissolvidos ou em suspensão, presentes no sistema, principalmente as associações entre metais e compostos orgânicos, que podem ser oriundas de processos naturais ou despejos orgânicos domésticos ou industriais (Singer 1973). A escolha das espécies metálicas usadas nesse trabalho deveu-se a dois fatores: substâncias consideradas padrões de referência internacional (KCl e $K_2Cr_2O_7$) e a presença em altas concentrações nos reservatórios estudados ($ZnSO_4$, $CdCl_2$ e $CuSO_4$). A seguir são apresentadas algumas características sobre cada metal estudado, os limites permissíveis de lançamentos nos efluentes (tabela 01) e os limites máximos

permitidos para águas de classe 2 (tabela 02), de acordo com o CONAMA 20.

Tabela 01: Concentrações máximas admissíveis em efluentes dos metais estudados (CONAMA 20).

cádmio (mg/L)	Cromo ⁺⁶ (mg/L)	zinco (mg/L)	Cobre (mg/L)
0,2	0,5	5,0	1,0

Tabela 02: Concentrações máximas permitidas dos metais estudados para águas de classe 2 (CONAMA 20), bem como os critérios mais restritivos dos mesmos parâmetros na Comunidade Européia e Alemanha (fonte: FATMA, Fundação do Meio Ambiente de Santa Catarina).

País	CONAMA 20 (Brasil)	Comunidade Européia	Alemanha
Metais (unidade)	Classe 2	AG1	DVGW
Cd (mg/L)	0,001	0,001	0,005
Cu (mg/L)	0,02	0,02	0,03
Cr (mg/L)	0,05	0,02	0,03
Zn (mg/L)	0,18	0,5	0,5

Cádmio:

O cádmio é um elemento relativamente raro que não é essencial a nenhum processo biológico. Está presente em águas doces em concentrações-traço, geralmente inferiores a 1 µg/L. Pode ser liberado para o ambiente através da queima de combustíveis fósseis sendo também utilizado na produção de pigmentos, soldas, equipamentos eletrônicos, lubrificantes, acessórios fotográficos, praguicidas, etc. (Larini, 1993). É um metal de elevado potencial tóxico, que se acumula em organismos aquáticos, possibilitando sua entrada na cadeia alimentar. O cádmio pode ser a causa para vários processos patológicos no homem, incluindo a disfunção renal, hipertensão, arteriosclerose, inibição no crescimento e câncer.

O impacto do cádmio nos organismos aquáticos depende da forma química que está disponível no ambiente (Callahan *et al.*, 1973). Em águas bem oxigenadas e com baixos teores de carbono orgânico total há predominância da forma livre divalente. A precipitação por carbonatos e hidróxidos, bem como a formação de complexos solúveis com cloretos, sulfatos costuma ser muito pequena. Material particulado e matéria orgânica dissolvida podem se ligar a uma porção substancial do cádmio presente.

Cobre:

As concentrações de cobre em águas superficiais são, normalmente, bem inferiores a 20 mg/L. As fontes de cobre para o meio ambiente incluem a corrosão de tubulações de latão por águas ácidas, os efluentes de estações de tratamento de esgotos, os compostos de cobre utilizados como algicidas aquáticos, o escoamento superficial e precipitação atmosférica de fontes industriais. A contaminação da água subterrânea a partir de usos

agrícolas do cobre como fungicida e como pesticida no tratamento de solos e efluentes é também de ocorrência comum. As principais fontes industriais incluem as indústrias de mineração, de fundição e de refinação. No homem, a ingestão de doses excessivamente altas de cobre pode acarretar irritação e corrosão da mucosa, danos capilares generalizados, problemas hepáticos e renais e irritação do sistema nervoso central, seguidos de depressão. Entretanto, a intoxicação por cobre é muito rara. A presença de cobre no sistema de abastecimento de água, embora não constitua um perigo para a saúde, pode interferir com os usos domésticos.

Cromo:

As concentrações de cromo em água doce são muito baixas, normalmente inferiores a 1 mg/L. O cromo é comumente utilizado em aplicações industriais e domésticas, como na produção de alumínio anodizado, aço inoxidável, tintas, pigmentos, explosivos, papel, fotografia. Na forma trivalente o cromo é essencial ao metabolismo humano e sua carência causa doenças. Na forma hexavalente é tóxico e cancerígeno. Os limites máximos são estabelecidos basicamente em função do cromo hexavalente (Moore, 1984).

Zinco:

Em águas superficiais, normalmente as concentrações estão na faixa de $>0,001$ a $0,10$ mg/L. É largamente utilizado na indústria e pode entrar no meio ambiente através de processos naturais e antropogênicos, entre os quais destacam-se a produção de zinco primário, combustão de madeira, incineração de resíduos, produção de ferro e aço e os efluentes domésticos. A água com alta concentração de zinco tem uma aparência leitosa e produz um sabor metálico ou adstringente quando aquecida. O zinco, por ser um

elemento essencial para o ser humano, só se torna prejudicial à saúde quando ingerido em concentrações muito altas, o que é extremamente raro. Neste caso, pode se acumular nos tecidos do organismo humano; isso só ocorre quando as taxas de ingestão diária são elevadas (Moore, 1984).

1.2 Atrazina

O desenvolvimento de compostos químicos sintéticos, principalmente os organoclorados, capazes de atuar como pesticidas e herbicidas, e o aumento no uso dessas substâncias no controle de pragas proporcionou, a partir da década de 1930, o que se convencionou chamar de "revolução verde", garantindo uma produção de alimentos e outros produtos agrícolas adequada ao crescente crescimento populacional e econômico do homem.

Apesar dos grandes benefícios que a agricultura e outros setores produtivos obtém com o uso dessas substâncias a maior parte dos resíduos agrícolas tem como destino final as águas superficiais e seu comportamento e efeitos nos ecossistemas aquáticos são preocupações comuns em todo o mundo. Devido a suas similaridades ecofisiológicas com as plantas terrestres, as comunidades fitoplantônicas são os principais alvos do efeito dos resíduos de herbicidas e como desempenham importante função ecológica como produtores-primários; os efeitos adversos nessas comunidades podem levar a um desequilíbrio em todo o ecossistema.

Justamente devido à importância do fitoplâncton, e à sua maior sensibilidade a essa classe de compostos, diversos trabalhos procuram investigar o efeito de herbicidas (Leboulanger, 2001; Kungolos 1999). Esses estudos, todavia, enfocam preferencialmente a comunidade fitoplantônica e poucos trabalhos foram realizados

com o intuito de avaliar o efeito desses agroquímicos em organismos pertencentes a outras comunidades do ambiente aquático.

O uso da atrazina, cuja fórmula empírica é $C_8H_{14}Cl_5N_5$, iniciou-se na década de 1950 e desde então tornou-se um dos herbicidas mais usados nas práticas agrícolas e silvícolas, e por isso foi escolhido como uma das substâncias testadas no presente estudo. É usada no controle de ervas daninhas em plantações de milho, sorgo, cana-de-açúcar, abacaxis, e coníferas em geral (Graymore, 2001). É considerada moderadamente tóxica para humanos e outros animais. Em casos de intoxicação aguda os ratos exibem sintomas de excitação seguidos por depressão, diminuição do ritmo respiratório, espasmos musculares e hipotermia (Stevens, 1991).

A atrazina é altamente persistente no solo. A hidrólise química, seguida pela degradação por microorganismos são os fenômenos que neutralizam a maior parte da atrazina presente. A hidrólise é rápida tanto em ambientes ácidos como alcalinos, mas muito lenta em pH neutro. A adição de matéria orgânica aumenta a taxa de hidrólise. A atrazina pode persistir por mais de um ano em condições secas ou frias (Howard, 1989). A atrazina é considerada como altamente removível em solos com pouca quantidade de argila ou de matéria orgânica, e como não é adsorvida fortemente às partículas do solo, tem um alto potencial para a contaminação de águas subterrâneas (Wauchope, 1992).

2. Objetivos

Os objetivos específicos desse trabalho são:

- Implementar e desenvolver metodologias de cultivo, manutenção e de testes com o organismo-teste bentônico: *Chironomus xanthus* (Insecta: Diptera).
- Avaliar a toxicidade aguda e crônica do sedimento de represas do Rio Tietê, através de testes de toxicidade com *Chironomus xanthus*.
- Avaliar a sensibilidade de *C. xanthus* para metais e compostos orgânicos xenobióticos, através da realização de testes de toxicidade com substâncias de referência.

Considerando-se as represas do sistema Rio Tietê como objeto de estudo, a hipótese fundamental de trabalho formulada é a de que "há uma atenuação da contaminação e/ou uma mudança na natureza dos contaminantes (antrópicos e naturais) na seqüência de represas do sistema estudado, desde as represas a montante (Billings e Rasgão) até a parte a jusante (Três Irmãos)".

Além dos testes de toxicidade com o organismo proposto neste trabalho, outros pesquisadores do projeto Qualised estão realizando estudos com outros organismos-teste (como *Ceriodaphnia dubia*, *Hyalella azteca* e *Daphnia similis*), bem como estudos relativos ao estoque de nutrientes e contaminantes nos sedimentos totais e suas fases e às propriedades biogeoquímicas (incluindo-se a coluna d'água). São também realizados estudos sobre a estrutura das comunidades bentônicas e estudos referentes à geocronologia da deposição de sedimentos, nas represas estudadas. A integração dos resultados desses trabalhos irá proporcionar o desenvolvimento das bases técnico-científicas para a determinação de critérios de qualidade de sedimento (CQS) visando a proteção dos mananciais.

3. Material e Métodos

3.1 Área de estudo

O Rio Tietê

O rio Tietê, nasce nos contrafortes ocidentais da Serra do Mar, no município de Salesópolis, numa altitude de 840 metros, tem 1.050 km de comprimento, cortando o estado de São Paulo no sentido Leste-Oeste até desaguar no rio Paraná (Almeida *et al.*, 1981).

É um rio bastante impactado, com problemas de contaminação e poluição ocorrendo ao longo de seu curso, como mostrado na Figura 1. A região mais crítica está situada no trecho que atravessa a Grande São Paulo, até a represa de Barra Bonita, numa extensão que recebe resíduos industriais e urbanos de cerca de 17 milhões de habitantes (52% da população paulista) que produzem mais de 3000m³ de esgoto por dia, os quais são lançados sem nenhum tratamento (Rocha, 1991). Estudos realizados por Bevilacqua (1996) revelam que o rio Tietê desde o trecho de Pirapora do Bom Jesus, próximo à região metropolitana, até a entrada do reservatório de Barra Bonita, é predominantemente anóxico, indicando um avançado estado de degradação. A Figura 2 ilustra a contaminação por detergentes em um trecho a jusante da represa de Rasgão, revelando o elevado nível de degradação desse trecho do rio Tietê.

Os níveis de poluição e contaminação são bastante críticos e a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) estimou que o rio Tietê recebe mais de 4500 m³ de esgoto por dia (CETESB, 1995). Além da carga poluidora da região metropolitana de São Paulo, vários afluentes, também bastante impactados, como o rio

Sorocaba e o rio Piracicaba,, contribuem para o aumento da carga de poluentes no rio Tietê..

À medida que a distância das regiões metropolitanas da Grande São Paulo vai aumentando,, os problemas de poluição e contaminação devidos aos esgotos industriais e domésticos vão se reduzindo. Contudo,, diferentes contaminantes podem causar impactos,, geralmente temporários,, porém agudos. No trecho do Médio Tietê a monocultura de cana-de-açúcar e o emprego de agrotóxicos,, são importantes vetores de degradação dos recursos hídricos.

Figura 1: Classificação dos trechos das principais bacias hidrográficas do estado de São Paulo segundo a qualidade das águas (Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, 1999).

Figura 2: Vista de um trecho do rio Tietê, situado a jusante do reservatório de Rasgão, na região de Pirapora do Bom Jesus, ilustrando o avançado estado de degradação do rio nessa região.

O rio Tietê tem seu potencial hidroenergético bastante aproveitado. As barragens construídas em toda sua extensão, formando uma verdadeira “cascata” de reservatórios, funcionam como bacias de decantação o que melhora a qualidade dos reservatórios localizados à jusante (Petrere Jr., 1996).

A Secretaria de Recursos Hídricos, Saneamento e Obras do estado de São Paulo (2001), divide o sistema do Rio Tietê em cinco unidades de gerenciamento de recursos hidrográficas (UGRH), conforme a apresentado na Figura 3 :

Figura 3: Localização da bacia do Rio Tietê no estado de São Paulo e a sua divisão em unidades de gerenciamento de recursos hídricos (UGRH). Fonte: modificado de (Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, 1999).

3.1.1 Caracterização das Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos segundo informações contidas em Secretaria de Recursos Hídricos, Saneamento e Obras do Estado de São Paulo (2001)

Alto Tietê:

Com uma área de drenagem de 5650 Km², compreende os municípios da região metropolitana de São Paulo.

Os principais cursos d'água são os Rios Tietê, Tamanduateí e Pinheiros, e os principais reservatórios: Ribeirão de Castro, Ponte Nova, Paraitinga, Biriba, Jundiaí, Taiaçupeba, Billings, Edgard de Souza, Paiva Castro, Pirapora, Rio das Pedras e Guarapiranga.

Possui uma população urbana de aproximadamente 17 milhões de habitantes tem uma demanda total (doméstica, industrial e rural) de água de cerca de 75 m³/s, e gera uma carga poluidora de 1.229,9 toneladas de DBO/dia.

Figura 4: Localização dos reservatórios Billings e Pedro Beicht, na UGRH do Alto Tietê (modificado de Ponçano *et al*, 1981).

Sorocaba e Médio Tietê:

Possuindo uma área de drenagem de 12099 Km² tem como principais cursos d'água os rios Tietê, Sorocaba, do Peixe, Sarapuí, Alambarí, Lava-pés e Araquá e compreende os reservatórios Barra, Barra Bonita, França, Fumaça, Itupararanga, Pirapora, Porto Góes e Rasgão. A população dessa região é de aproximadamente 2 milhões de habitantes, que geram uma carga poluidora de 325,6ton DBO/dia, com uma demanda total de água de aproximadamente 40 m³/s.

Figura 5: Localização do Reservatório de Barra Bonita e da Barragem de Pirapora (Rasgão), na UGRH Sorocaba/Médio Tietê (modificado de Ponçano *et al*, 1981).

Tietê/Jacaré:

A área de drenagem dessa região é de 11537 km² onde residem cerca de 1,7 milhões de habitantes. Os principais cursos d'água são os rios Tietê, Jaú, Jacaré-Pepira, Jacaré-Guaçu, Lençóis e Bauru, e os principais reservatórios são Bariri, Ibitinga, Lobo (Broa), Barra Bonita e Promissão.

A demanda de água da região é de aproximadamente 20m³/s e a carga poluidora total de aproximadamente 1.272,3ton DBO/dia.

Figura 6: Localização do reservatório de Bariri na UGRH Tietê/Jacaré (modificado de Ponçano *et al*, 1981).

Tietê/Batalha:

A área de drenagem da região é de 13394 km², tendo como principais cursos d'água os rios Tietê, São Lourenço, Batalha e Ribeirão dos Porcos. O reservatório de Promissão também faz parte dessa região.

Com uma população de cerca de 400 mil habitantes, tem uma demanda total de água de cerca de 10 m³/s, gerando uma carga poluidora de 293,9 ton DBO/dia.

Figura 7: Localização do Reservatório de Promissão na UGRH Tietê/Batalha (modificado de Ponçano *et al*, 1981).

Baixo Tietê:

A área de drenagem é de 15347 Km² e os principais cursos d'água são os rios Paraná, Tietê, Ribeirões dos Três Irmãos e do Baguaçu.

Os reservatórios que fazem parte dessa região são: Nova Avanhandava, Três Irmãos, Jupia, Promissão e Ilha Solteira.

A região tem uma população de 600 mil habitantes, a demanda total de água é de 20 m³/s e a carga poluidora 1000 ton DBO/dia.

Figura 8: Localização dos Principais Reservatórios da UGRH Baixo/Tietê (modificado de Ponçano *et al*, 1981).

3.1.2 Caracterização dos Reservatórios Estudados

Foram realizados bioensaios com amostras de sedimentos superficiais provenientes das regiões centrais das represas Pedro Beicht, Billings, Rasgão, Barra Bonita, Bariri e de Promissão, tendo sido representados reservatórios de todas as UGRH pertencentes à bacia do Rio Tietê. Na tabela 3 encontram-se alguns dados morfométricos dos reservatórios estudados, na tabela 4 estão os parâmetros limnológicos dos reservatórios durante as coletas de outubro/novembro de 2000 e 2001.

Tabela 3: Dados morfométricos dos reservatórios estudados (fonte: Qualised, 2002).

Reservatório	Área inundada	Volume Total	Volume Útil
Billings	127,5 km ²	1166 x 10 ⁶ m ³	1149 x 10 ⁶ m ³
Rasgão	11,4 km ²	86 x 10 ⁶ m ³	53 x 10 ⁶ m ³
Barra Bonita	309 km ²	3160 x 10 ⁶ m ³	2600 x 10 ⁶ m ³
Bariri	63 km ³	544 x 10 ⁶ m ³	60 x 10 ⁶ m ³
Promissão	530 km ²	7408 x 10 ⁶ m ³	2128 x 10 ⁶ m ³

Tabela 4: Parâmetros limnológicos dos reservatórios estudados nas coletas de outubro de 2000 e outubro de 2001 (Soares & Mozeto, *em prep.*).

Reservatório/ Profundidade	pH		OD (mg/L)		EH (mV)		Cond. (mS)		Temp.(°C)	
	00	01	00	01	00	01	00	01	00	01
P. Beicht 4,0 m	7.16	5.83	9.5	8.32	330	-	0.021	0.013	-	21
Billings 12,5 m	8.7	6.92	9.8	1.22	376	282	0.161	0.195	20.9	21.6
Rasgão 9,2m	7.16	6.47	0.3	0.2	350	-	0.413	0.543	22.4	26.7
B. Bonita 21 m	9.08	7.53	13.3	7.20	278	247	0.308	0.207	25.5	26.7
Bariri 22 m	7.28	7.87	4.6	7.67	340	214	0.276	0.235	22.7	25.6
Promissão 23 m	8.15	8.65	7.16	8.32	376	206	0.154	0.128	26.6	25.3

Reservatório de Pedro Beicht

Localizado na cidade de Cotia (S.P.), é um manancial que fornece água para a região oeste de São Paulo sob responsabilidade da SABESP. É considerado pela CETESB um reservatório relativamente livre de contaminação e por isso foi escolhido como controle ambiental para os testes de toxicidade com amostras de sedimento.

Reservatório Billings

Abrange áreas dos municípios de São Paulo, Santo André, São Bernardo do Campo, Diadema, Ribeirão Pires e Rio Grande da Serra. Foi construído em 1937, com o objetivo de receber as águas dos rios Tietê e Pinheiros através do bombeamento pelas estações elevatórias de Traição e de Pedreira, além de sua própria bacia, para geração de energia elétrica na Usina Henry Borden, em Cubatão (EMAEE, 2001).

Em 1981, o reservatório foi seccionado por meio da construção da Barragem Anchieta, no Riacho Grande, junto à Via Anchieta, resultando em 2 compartimentos: o de Pedreira e o do Rio Grande. O objetivo desse seccionamento foi preservar a qualidade das águas do Compartimento do Rio Grande, no qual se faz a captação de água para abastecimento público (EMAEE, *op. cit.*).

A partir de 1992 passou a ocorrer um menor aporte das águas poluídas provenientes dos Rios Pinheiros e Tietê para o Compartimento Pedreira do Reservatório Billings, em razão do menor volume de água bombeado na Usina Elevatória de Pedreira, em atendimento à Resolução Conjunta SMA/SES nº 3, de 04/09/92, que autoriza o bombeamento das águas do Canal do Pinheiros em condições específicas, principalmente riscos de enchentes na Região Metropolitana de São Paulo. Este fato propiciou nos anos seguintes uma melhoria na qualidade das águas deste compartimento. (CETESB, 2001).

Atualmente, seus recursos hídricos são utilizados para fins múltiplos, como geração de energia elétrica, saneamento, controle de cheias, lazer, além de abastecimento público (EMAEE, 2001).

Reservatório de Rasgão

A decisão de construir esse reservatório foi tomada pela empresa de energia elétrica Light na primeira metade da década de 20, devido a um grande período de estiagem que ocasionou racionamento do fornecimento de energia elétrica e a necessidade de compra de energia gerada por outras empresas. Para tanto, foi escolhida a curva do Rio Tietê, em Pirapora do Bom Jesus, onde, há quase dois séculos, havia sido feito um rasgão que desviaria as águas do leito original do rio para buscas infrutíferas de ouro. A usina entrou em operação em 6 de setembro de 1925, funcionou até 1961, quando a infiltração de água pelo canal provocou o seu desativamento. Em 1989, as suas estruturas foram recuperadas e a usina voltou ao sistema gerador da EMAE.

Reservatório de Barra Bonita

O reservatório de Barra Bonita foi construído em 1963 com o objetivo de gerar energia elétrica. Atualmente tem sido usado dentro da concepção de usos múltiplos, sendo aproveitado para navegação, irrigação, controle de enchentes, abastecimento, piscicultura e recreação. É formado pelo represamento dos rios Tietê e Piracicaba, que contribuem com grande parte da carga poluidora que chega a esse reservatório. Com uma área inundada de aproximadamente 309 km², localiza-se entre os municípios de Barra Bonita e Igarapu do Tietê. É o primeiro da série de reservatórios construídos em cascata no rio Tietê, e devido à sua grande capacidade assimilativa, característica de ambientes lênticos, ele representa um importante papel na recuperação da qualidade das

águas do Rio Tietê (CETESB, 2001), reduzindo consideravelmente as quantidades de nutrientes e de material em suspensão que são transportadas para as próximas represas.

Reservatório de Bariri - Álvaro de Souza Lima

Localizada no Rio Tietê, junto à ilha de Bariri Grande, nos municípios de Bariri e Boracéia. Teve início de operação em 19/11/1965. Além da geração de energia é destinado aos usos de abastecimento público e industrial, ao afastamento de efluentes domésticos e industriais e à irrigação de plantações. No entorno do reservatório encontram-se áreas destinadas às atividades urbanas, industriais e agropecuária, grandes áreas de pastagens e de culturas, destacando-se café, cana-de-açúcar, milho e frutas cítricas.

Reservatório de Promissão.

Situado no rio Tietê, no município de Promissão teve suas operações iniciadas em 23/07/1975. Assim como os outros reservatórios foi originalmente projetado para a geração de energia, mas atualmente sua utilização é feita dentro da concepção de usos múltiplos.

3.2 Material Biológico

3.2.1 *Chironomus xanthus*

Os insetos da família Chironomidae (Ordem Diptera) são organismos extremamente adaptáveis a todos os tipos de ambiente, sendo representados por uma grande riqueza de espécies, e apresentando ampla distribuição geográfica e grande abundância. Um desenho esquemático de um quironomídeo genérico é mostrado na Figura 9. São organismos característicos de ambientes lênticos ou lóticos, de águas frias ou quentes, ricas ou pobres em oxigênio, apresentando este grupo, portanto, um amplo espectro quanto aos requisitos ambientais (Lindegaard, 1995).

A maioria dos quironomídeos vivem em tubos, formados por seda e lodo, enterrados a poucos centímetros do sedimento, e constituem freqüentemente a proporção mais significativa da biomassa bentônica, possuindo papel significativo na reciclagem de nutrientes do sedimento e sendo importantes na dieta de aves e peixes (Giesy *et al.*, 1988; Baudin & Nucho, 1992).

Algumas espécies possuem hemoglobina, o que os tornam capazes de tolerar baixas concentrações de oxigênio. As trocas gasosas são facilitadas através de ondulações do corpo dentro dos tubos, produzindo um fluxo de água ao redor do corpo (Cranston, 1995).

Já existem protocolos e procedimentos padronizados para a realização de testes de toxicidade com sedimentos para duas espécies de Chironomidae: *Chironomus tentans* e *Chironomus riparius*. As vantagens da utilização destas espécies incluem o curto tempo de geração, a alta fecundidade, vários estádios larvais com sensibilidades diferentes e a fácil manutenção em laboratório (Reynoldson *et al.*, 1995).

A espécie *C. xanthus* foi inicialmente descrita por Rempel (1931) e possui sinonímia com *C. domizzi* (Paggi, 1977 *apud* Fonseca, 1997) e *C. sancticaroli* (Strixino & Strixino, 1982). A biologia e o comportamento desta espécie em testes de toxicidade vem sendo estudados com o objetivo de padronizar os protocolos de testes de toxicidade com essa espécie (Fonseca, 1997).

Desovas de *C. xanthus* podem ser obtidas a partir de coletas em campo, conforme metodologia desenvolvida por Fregadolli (1996), ou através de culturas pré existentes. A metodologia de manutenção desse organismo foi primeiramente desenvolvida por Strixino & Strixino (1980)

No presente estudo os cultivos basearam-se na metodologia e nos resultados obtidos por Fonseca (1997), que modificou a metodologia de cultivo, adequando-a para a realização de testes ecotoxicológicos.

Figura 9: Desenho esquemático da pupa e larva (4º instar) de um quironomídeo genérico (modificado de Pennak, 1953).

3.2.1.1 Cultivo e manutenção de *Chironomus xanthus*

Após a eclosão dos ovos, que ocorre cerca de 44 horas após a oviposição, as larvas foram transferidas para bandejas (ou outro recipiente) com sedimento e água de manutenção, mantendo-se aeração constante, fotoperíodo de 12 horas e temperatura entre 23 e 27°C.

O alimento consistiu em uma solução de 5g/L de ração para peixe em flocos Tetramim®, fornecido a cada 48 horas, respeitando-se a proporção de 10 mL/L de água de manutenção.

A cultura foi mantida nessas condições por mais ou menos 10 dias, quando foi coberta com uma gaiola de tela, para impedir que os mosquitos adultos fugissem, permitindo que seacasalassem e fizessem a postura das desovas no próprio recipiente de cultivo (mostrado na Figura 10a e 10b).

Após a oviposição as desovas foram retiradas da bandeja, pelo menos a cada dois dias, sendo mantidas em béqueres com água de manutenção até sua eclosão, quando foram então usadas para iniciar novas culturas ou para a realização dos bioensaios.

Figura 10a: Cultivo de *Chironomus xanthus* em laboratório, evidenciando as bandejas plásticas com sedimento e água e a cobertura de tela para a retenção dos adultos emergentes.

Figura 10b: Bandejas de Cultivo de *Chironomus xanthus* (continuação), sem a tela de retenção dos adultos, evidenciando o sedimento no fundo da bandeja.

A avaliação da qualidade da cultura dos organismos-teste é necessária para que se possam comparar os resultados obtidos nos diversos bioensaios realizados com lotes diferentes de organismos e em diferentes datas. Para tanto foram realizados periodicamente testes de sensibilidade aguda ao KCl, bem como a contagem do número médio de ovos produzidos por desovas (fecundidade).

Para o cálculo do número médio de ovos por desova utilizou-se o método proposto por Strixino (1980):

$$N = \frac{a \cdot n}{4} + \frac{b \cdot n}{2} + \frac{c \cdot n}{4} + s$$

Onde:

N = número de ovos na massa ovígera

n = número de "voltas" na massa

a = número de ovos em meia "volta" na extremidade livre

b = número de ovos em meia "volta" no centro a massa

c = número de ovos em meia "volta" na extremidade fixa

s = sobras de ovos em "voltas" incompletas nas extremidades

3.3 Testes de avaliação da toxicidade

3.3.1 Testes de sensibilidade com *Chironomus xanthus*

Foram realizados testes de avaliação da sensibilidade dos organismos-teste para KCl (considerado como substância de referência padrão) bem como para metais (Cu, Cd, Zn, Cr) e atrazina, seguindo-se as recomendações da USEPA (1993).

O princípio do método consistiu em expor os organismos (a partir do 2º ou 3º instar) a diferentes concentrações de uma solução-teste por 96 horas, alimentando-os no primeiro dia e mantendo a densidade de 10 organismos para cada 300 ml de solução. A temperatura foi mantida entre 22 e 25 °C, com um fotoperíodo de 12 horas. Após o período de teste registrou-se o número de mortos e se estabeleceram os valores de CL50 (concentração letal para 50% da população).

Além dos testes de sensibilidade foram realizados testes com a substância CdCl_2 na presença de sedimento artificial, que basicamente consistiu de areia recolhida às margens da Represa do Lobo - Itirapina, SP. Segundo a análise granulométrica, o sedimento caracteriza-se por conter 90% da massa na fração entre 0,1 e 0,25mm. O sedimento utilizado era livre de matéria orgânica, pelo processo de incineração em Mufla a 500°C, durante 4 horas. Utilizou-se a proporção de 1:4 sedimento/água. Estes testes foram realizados com o intuito de verificar a influência da presença de sedimento no resultado dos testes de toxicidade.

3.3.2 Teste de toxicidade aguda de *Chironomus xanthus* aos sedimentos naturais dos reservatórios.

Os testes de toxicidade com sedimentos realizados em laboratório tem por finalidade avaliar o efeito de substâncias tóxicas contidas no sedimento, as quais podem estar disponíveis para os organismos. As amostras foram coletadas nos períodos de outubro/novembro de 2000, sempre na região central dos reservatórios estudados. Utilizou-se uma draga do tipo Van Veen que, de acordo com as recomendações de Mudroch & MacKnight (1994), é ideal para a obtenção de amostras para estudos biológicos e ambientais. Estas foram armazenadas e transportadas em caixas térmicas sendo mantidas sob refrigeração até o uso, que ocorreu sempre dentro de intervalo de 7 dias.

A metodologia de testes agudos utilizada para *C. xanthus* seguiu a recomendação da USEPA (1994), em que se utiliza a proporção de 1:4 sedimento/água, respeitando-se o limite de 300 ml de água por béquer para cada 10 organismos para o 2º instar e para 6 organismos do 3º e 4º instares.

Os organismos foram introduzidos no teste somente um dia após o preparo dos recipientes-teste, tempo necessário para que ocorresse sedimentação. Os frascos foram mantidos em sala com temperatura entre 22 e 25 ° C e fotoperíodo de 12 horas.

A duração do teste foi de 96 horas, sem aeração, com alimentação somente no primeiro dia e sem reposição de água.

Depois desse período efetuou-se a contagem dos sobreviventes, separando-os do sedimento com o auxílio de peneiras de 0,053 e 0,5 mm de abertura de malha, e observação sob microscópio estereoscópico.

3.3.3 Testes de toxicidade crônica de *Chironomus xanthus* aos sedimentos naturais dos reservatórios

A metodologia utilizada nos testes de toxicidade crônica baseou-se no procedimento utilizado por Fonseca (1997).

Os testes foram preparados pesando-se 75 g de sedimento e adicionando-se 300 ml de água de cultivo (proporção de 1:4). Após 24 horas adicionaram-se 10 organismos do 2º instar por béquer, fornecendo-se alimento diariamente, aeração constante e efetuando-se a troca de 1/3 do volume de água a cada 48 horas.

3.4 Análise dos Resultados

3.4.1 Faixa de Sensibilidade de *C. xanthus* a substâncias de referência, aos metais e a atrazina

Os resultados dos testes para a verificação da faixa de sensibilidade foram expressos através da CL_{50} , que foi calculada através do programa computacional Trimmed Spearman-Kärber (Hamilton *et al.*, 1977). A faixa de sensibilidade das substâncias foi determinada como a média calculada das $CL_{50} \pm$ duas vezes o valor do desvio padrão da mesma.

3.4.2 Avaliação da toxicidade do sedimento dos reservatórios ao *C. xanthus*

Com a finalidade de se comparar o desempenho dos organismos-teste nos diferentes pontos de amostragem do local de estudo com os organismos do controle laboratorial, os valores obtidos de

sobrevivência no final do experimento foram testados quanto à normalidade e a homogeneidade. Para tanto se utilizaram os testes Q-quadrado e Hartley, respectivamente. Em seguida, os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) - testes de Dunnett e Tukey (testes paramétricos). Quando os dados não apresentaram uma distribuição normal foi aplicado o teste não paramétrico de Kruskal-wallis. Esta metodologia baseou-se nas recomendações da USEPA (1985). Para a realização dos testes estatísticos foi utilizado o programa computacional "TOXSTAT 3.4" (Gulley *et al.*, 1994).

4. Resultados e Discussão

4.1 Avaliação da qualidade das culturas de *C. xanthus*.

4.1.1 Fecundidade de *C. xanthus* em cultivos de laboratório

As massas ovígeras produzidas por diversas gerações obtidas em laboratório foram analisadas e foram considerados aptos os lotes para os quais foram obtidas fecundidades iguais ou entre 513 ± 126 ovos por massa ovígera, valores de fecundidade compatíveis com os obtidos por Strixino (1980), que obteve uma média de 470 ± 250 ovos, por Fonseca (1997) que obteve desovas com 500 a 600 ovos e dentro da média de ovos obtidos ao longo deste trabalho. A Figura 11 mostra a distribuição da frequência do número de ovos nas massas ovígeras, e a figura 12 ilustra a disposição dos ovos nas massas ovígeras.

Figura 11: Histograma de frequência do número de ovos nas massas ovígeras de *Chironomus xanthus*, cultivado em laboratório a 22 a 25°C.

Figura 12: Desenho esquemático mostrando a disposição dos ovos nas massas ovígeras de *C. xanthus* (adaptado de Strixino, 1980).

4.1.2 Testes de sensibilidade de *C. xanthus* ao cloreto de Potássio (KCl)

Os resultados dos testes de sensibilidade ao KCl, são mostrados nas Tabelas 17 a 31, (anexo I). A Figura 13 mostra a faixa de sensibilidade ao KCl (2,83 ~ 4,1 g/L) e os resultados dos bioensaios, expressos em CL_{50} . Nota-se que apenas os lotes de organismos testados em maio e em agosto de 2001 não estavam aptos para a realização de bioensaios.

Figura 13: Faixa de sensibilidade de *Chironomus xanthus*, oriundos dos cultivos em laboratório, ao KCl.

4.2 Testes de toxicidade crônica com sedimentos

Foram realizados testes com amostras provenientes das represas Pedro Beicht, Billings, Rasgão, Barra Bonita, Bariri e Promissão, coletados no corpo central dos reservatórios.

Os resultados dos testes de toxicidade crônica da primeira coleta, realizada em outubro e novembro de 2000, mostrados nas tabelas 5 e 6, indicaram toxicidade para o sedimento dos reservatórios Billings e Rasgão, e indícios de toxicidade para aquele do reservatório de Barra Bonita. Os resultados obtidos para os sedimentos dos reservatórios de Bariri e Promissão não puderam ser considerados devido ao desempenho insatisfatório do controle onde ocorreu mortalidade superior a 20%. Os resultados dos testes relativos à segunda coleta (outubro/novembro de 2001), mostrados nas tabelas 7 e 8, também indicam que o sedimento de Rasgão, Billings e Barra Bonita tem efeito tóxico. Em Bariri registraram-se indícios de toxicidade, o que não aconteceu para os outros reservatórios. O critério de toxicidade usado baseou-se nas comparações dos resultados dos testes estatísticos de análise de variância, uma amostra foi considerada tóxica sempre que rejeitada a hipótese de que fosse igual ao controle.

Para nenhuma das amostras estudadas verificou-se efeito agudo (96 horas) nos testes realizados.

A Figura 14 mostra os recipientes-teste utilizados nos testes de toxicidade crônica.

Figura 14: Detalhe dos recipientes-teste com amostras ambientais nos testes de toxicidade crônica do sedimento, com *Chironomus xanthus*.

Tabela 5: Número inicial de organismos por réplica, número de sobreviventes por réplica, número total de organismos mortos, e porcentagem de mortalidade das larvas de *C. xanthus* expostas ao sedimento das represas do Rio Tietê, em testes de toxicidade crônica, realizados no período de 17/10/2000 até 27/10/2000.

Amostras de sedimento	Nº inicial/ réplica	nº de vivos				Nº total de mortos	% mortalidade
		Réplicas					
Controle	10	10	10	10	10	0	0
Billings	10	7	4	7	6	16	40
Rasgão	10	2	2	2	3	31	77,5

Tabela 6: Número inicial de organismos por réplica, número de sobreviventes por réplica, número total de organismos mortos, e porcentagem de mortalidade das larvas de *C. xanthus* expostas ao sedimento das represas do Rio Tietê, em testes de toxicidade crônica realizados no período de 30/10/2000 até 10/11/2000.

Amostras de sedimento	Nº inicial/ réplica	Nº de vivos				Nº total de mortos	% mortalidade
		Réplicas					
Controle	10	9	10	10	8	3	7,5
Barra Bonita	10	6	9	6	4	15	37,5
Pedro Beicht	10	8	8	9	9	6	15

Tabela 7: Número inicial de organismos por réplica, número de sobreviventes por réplica, número total de organismos mortos, e porcentagem de mortalidade das larvas de *C. xanthus* expostas ao sedimento das represas do Rio Tietê, em testes de toxicidade crônica realizados no período de 21/10/2001 até 30/10/2001.

Amostra de sedimentos	Nº inicial/ réplica	Nº de vivos				Nº total de mortos	% mortalidade
		Réplicas					
Controle	10	10	9	9	8	4	10
Barra Bonita	10	5	6	4	6	19	47.5
Pedro Beicht	10	7	6	5	10	12	30
Billings	10	3	3	5	4	24	60
Bariri	10	6	8	5	6	15	37.5
Promissão	10	7	7	6	7	13	32.5

Tabela 8: Número inicial de organismos por réplica, número de sobreviventes por réplica, número total de organismos mortos, e porcentagem de mortalidade das larvas de *C. xanthus* expostas ao sedimento das represas do Rio Tietê, em testes de toxicidade crônica realizados no período de 14/11/2001 até 24/11/2001.

Amostra de sedimentos	Nº inicial/ réplica	Nº de vivos				nº total de mortos	% mortalidade
		Réplicas					
Controle	10	10	9	10	9	2	5
Rasgão	10	3	2	2	1	32	80

O sedimento do reservatório de Rasgão pode ser considerado como o de pior qualidade, pois nos testes de toxicidade crônica foram registrados os maiores percentuais de mortalidade, seguido do reservatório Billings, Barra Bonita, Bariri, Promissão e Pedro Beicht, sendo que para os dois últimos os sedimentos não foram considerados tóxicos. Araújo (2002, *em prep.*), em estudos realizados dentro projeto Qualised, realizou bioensaios com amostras de sedimento dos mesmos reservatórios usando o anfípodo *Hyalella azteca* como organismo-teste e também encontrou o mesmo gradiente espacial de toxicidade.

Os estudos referentes à análise da comunidade bentônica dos reservatórios estudados, realizados por integrantes do projeto Qualised, revelaram gradientes de qualidade do sedimento similares aos encontrados nos testes de toxicidade realizados no presente trabalho, em que o sedimento do reservatório de Rasgão é o que possui a pior qualidade, não se observando a ocorrência de nenhum componente da macrofauna bentônica, seguido pelos sedimentos das

represas Billings, Barra Bonita, Bariri e Promissão (Khulmann, 2001).

Os resultados dos testes de toxicidade com amostras ambientais corroboram a hipótese inicial de trabalho de que há uma diminuição e/ou uma mudança da natureza dos contaminantes ao longo da seqüência de reservatórios do rio Tietê, o que reforça a idéia de que um reservatório pode reter parte dos contaminantes lançados no sistema, melhorando a qualidade da água a jusante. Fracácio (2001), estudando reservatórios do médio e baixo Tietê também verificou modificação no grau de toxicidade das amostras ambientais seguindo um gradiente espacial, onde os reservatórios situados a montante apresentaram maior toxicidade. Contudo, o funcionamento e os mecanismos pelos quais esse fenômeno de atenuação do efeito tóxico opera ainda não são completamente compreendidos, além disso há uma carencia de estudos e modelos capazes de esclarecer os processos que fazem com que essas substâncias, retidas no sedimento, venham a ser disponibilizadas mediante mudanças ambientais ou alterações no regime de funcionamento do reservatório.

Esteves & Tolentino, (1986), analisando represas do estado de São Paulo, enquadraram os reservatórios do sistema do rio Tietê no grupo caracterizado por apresentar as maiores concentrações de espécies químicas no sedimento, principalmente metais.

Fracácio (2001), encontrou valores de concentrações de metais acima das estipuladas pela resolução CONAMA 20 para águas de classe 2 em reservatórios do Baixo Tietê. Costa (2001) analisando a água e sedimento provenientes do reservatório de Barra Bonita constatou que os metais cádmio, manganês e cromo encontram-se em concentrações mais altas do que o limite estabelecido pelo CONAMA.

As análises realizadas no projeto Qualised, também indicaram a contaminação por metais acima dos limites permissíveis para a coluna d'água, e concentrações muitas vezes maiores no sedimento, como mostrado nas Tabelas 9 e 10.

Tabela 9: Concentrações de metais (mg/Kg) em amostras de sedimentos superficiais de reservatórios na bacia do rio Tietê (Nascimento 2001).

Reservatório	Metais							
	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Pedro Beicht	14.8	-	14	43	144	26	59	76
Billings	14	2.2	18	134	235	80	102	402
Rasgão	8	2.3	20	179	257	99	129	1215
Bariri	10	0.05	23	76	93	68	37	126
Barra Bonita	7	0.99	16	55	74	73	26	104
Promissão	20	0.48	23	106	60	62	37	76

Tabela 10: Concentrações de metais nas amostras de sedimento total dos reservatórios estudados nas coletas de outubro de 2000 e outubro de 2001 (fonte: Silvério, P.F., A. e Mozeto, A.; Coordenação Qualised, *em prep.*).

Reservatório	Total Cu (mg/Kg)		Total Cd (mg/Kg)		Total Pb (mg/Kg)		Total Ni (mg/Kg)		Total Zn (mg/Kg)	
	00	01	00	01	00	01	00	01	00	01
Billings	243	347	2.4	3.8	77	178	64	83	359	767
Rasgão	261	286	2.4	2.7	89	128	75	86	359	1002
B. Bonita	74	67	0.22	0.33	30	35	56	54	113	100
Bariri	97	95	0.22	0.28	37	51	53	63	100	127
Promissão	60	56	0.16	0.22	32	38	48	53	71	95

Apesar dos altos valores encontrados para as concentrações de metais no sedimento dos reservatórios do sistema Tietê, Silvério (2001), analisando os valores das concentrações de sulfetos volatilizáveis por acidificação (SVA) e de metais simultaneamente extraídos, postula que os metais estão sendo controlados pelos sulfetos nos reservatórios de Rasgão, Billings e Barra Bonita, e não seriam estes a causa da toxicidade do sedimento desses reservatórios.

Almeida & Jardim (2001), também estudando os reservatórios em questão não encontraram concentrações de hidrocarbonetos poliaromáticos (HPA) que pudessem caracterizar qualquer reservatório estudado como fortemente impactado com relação a essa classe de compostos. Entretanto, em relação às bifenilas policloradas (BPC) as concentrações chegam a ser 2000% ou mais vezes superiores nos sedimentos das represas Billings e Rasgão do que naqueles das represas de Promissão, Bariri e Barra Bonita (tabela 11), o que parece indicar que as principais fontes dessas substâncias estejam localizadas na região metropolitana de São Paulo. Apesar de se acreditar que esses compostos não sejam mais fabricados comercialmente desde o final da década de 80 e do fato do seu uso ser atualmente bastante restrito, estes compostos são ainda encontrados nos sedimentos de vários corpos d'água devido à persistência no meio ambiente e à capacidade de bioacumulação dos mesmos.

Tabela 11: Concentrações de compostos orgânicos não iônicos nos reservatórios estudados nas coletas de outubro de 2000 e outubro de 2001 (fonte: Almeida, F.V. e Jardim, W.F.; Coordenação Qualised, *em prep.*).

ng/g	Billings	Rasgão	B.Bonita	Bariri	Promissão
Out 00	3729.74	162.14	0.38	17.59	<LD
Out 01	2846.0	ANR	23.9	29.2	4.4

*ANR = análise não realizada.

*<LD = menor que o limite de detecção.

É possível presumir que a causa da toxicidade das amostras de sedimento dos reservatórios a montante de Barra Bonita seja devida à presença desses compostos xenobióticos. Não se deve, porém, descartar a possibilidade da influência dos próprios sulfetos, responsáveis pelo controle dos metais e nem dos compostos nitrogenados (como a amônia), resultantes da decomposição da matéria orgânica, tendo em vista o avançado estado de eutrofização dos reservatórios. Em um estudo de Avaliação e Identificação da toxicidade (AIT), realizado por Paschoal (2002), com amostras de sedimento dos reservatórios de Rasgão e Barra Bonita, confirmou-se que a amônia é uma das principais causas da toxicidade para Rasgão, juntamente com compostos ácidos voláteis e compostos orgânicos iônicos, enquanto que para o sedimento de Barra Bonita, os metais são a principal classe de compostos responsáveis pela toxicidade.

Com relação aos reservatórios de Promissão e Bariri, apesar do Critério de Qualidade de Sedimentos dos sulfetos volatilizáveis por Acidificação não indicar que haja um controle dos metais pelos sulfetos, segundo silvério (2001) esse controle pode estar sendo

exercido pelo carbono orgânico total (COT), o que explicaria o menor grau e/ou a ausência de toxicidade nestes reservatórios.

Nas figuras 15, 16 e 17 é apresentada a caracterização dos reservatórios estudados levando-se em conta as concentrações relativas de metais e de xenobióticos entre os reservatórios e as análises de comunidade bentônica e bioensaios realizados pelo Qualised nos dois períodos de coleta, outubro/novembro de 2000 e 2001 respectivamente.

As figuras 18 e 19 mostram respectivamente as concentrações de metais e de xenobióticos presentes em cada reservatório e os valores de mortalidade para *C. xanthus* e *H. azteca*.

A partir da análise conjunta dos resultados dos diversos trabalhos realizados pelo projeto Qualised é possível presumir que a principal causa da toxicidade do sedimento dos reservatórios estudados são os compostos resultantes da decomposição da matéria orgânica, principalmente amônia, exceto para o reservatório Billings, onde se acredita que a contaminação por BPC seja o principal fator de estresse.

O gradiente de distribuição espacial da toxicidade ao longo dos reservatórios estudados também permite supor que é o reservatório de Barra Bonita que exerce um efeito atenuador da degradação ambiental causada pelos poluentes que chegam da região metropolitana e da Bacia do rio Piracicaba, auxiliando nos processos de depuração da água do rio Tietê, que faz com que suas águas voltem a ser consideradas de boa qualidade a jusante do reservatório de Bariri.

Figura 15: Análise comparativa da diversidade biológica, concentração de metais e de xenobióticos em sedimento dos reservatórios do rio Tietê e a mortalidade de *Hyalella azteca* e *C. xanthus* quando expostos aos sedimentos coletados nos reservatórios em outubro de 2000.

Figura 16: Análise comparativa da diversidade biológica, concentração de metais e de xenobióticos em sedimento dos reservatórios do rio Tietê e a mortalidade de *Hyaella azteca* e *C. xanthus* quando expostos aos sedimentos coletados nos reservatórios em outubro de 2001.

Figura 17: Análise comparativa da degradação dos sedimentos dos reservatórios do rio Tietê com dados das coletas de 2000 e 2001.

Figura 18: Concentrações de metais presentes em amostras de sedimento dos reservatórios do rio Tietê e os respectivos valores de mortalidade para *C. xanthus* e *H. azteca*, em testes de toxicidade crônica, realizados em outubro de 2000 e outubro de 2001.

Figura 19: Concentrações de xenobióticos presentes em amostras de sedimento dos reservatórios do rio Tietê e os respectivos valores de mortalidade para *C. xanthus* e *H. azteca* em testes de toxicidade crônica, realizados em outubro de 2000 e outubro de 2001.

4.3 Testes de sensibilidade de *C. xanthus* a substâncias de referência

Foram realizados diferentes bioensaios para a determinação da faixa de sensibilidade de *Chironomus xanthus* para as substâncias dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$), sulfato de zinco ($ZnSO_4$), cloreto de cádmio ($CdCl_2$), sulfato de cobre ($CuSO_4$) e Atrazina®, essa última o princípio ativo de muitos herbicidas usados na região da Bacia do Rio Tietê. Os recipientes utilizados nos testes de sensibilidade são mostrados na Figura 20, e as Figuras 21 a 26 mostram os valores de CL_{50} além das respectivas faixas de sensibilidade para as substâncias testadas, os valores de CL_{50} e as respectivas faixas de sensibilidade de *C. xanthus* para as substâncias testadas são mostrados na tabela 12. Os resultados dos testes são apresentados nas tabelas 32 a 91 (anexo II). Nas tabelas 13 - 16 são apresentados os valores de CL/CE 50 das substâncias testadas para outros organismos-teste.

Tabela 12: CL_{50} calculada e respectivas faixas de sensibilidade de *C. xanthus* calculadas para as substâncias testadas.

$K_2Cr_2O_7$ mg/L	$ZnSO_4$ mg/L	$CuSO_4$ mg/L	$CdCl_2$ mg/L	$CdCl_2$ sed mg/L	Atrazina mg/L
7,12 (4,82~9,41)	7,47 (1,46~13,47)	1,456 (1,13~1,77)	0,729 (0,34~1,11)	5,209 (3,66~6,74)	2,081 (1,43~2,72)

Figura 20: Vista dos Recipientes plásticos utilizados nos testes de sensibilidade, evidenciando as larvas de *C. xanthus*.

Figura 21: Faixa de sensibilidade das larvas de *C. xanthus*, oriundas dos cultivos em laboratório, ao cromo ($K_2Cr_2O_7$).

Figura 22: Faixa de sensibilidade das larvas de *C. xanthus*, oriundas dos cultivos em laboratório, ao zinco ($ZnSO_4$).

Figura 23: Faixa de sensibilidade das larvas de *Chironomus xanthus*, oriundas dos cultivos em laboratório, ao cobre (CuSO₄).

Figura 24: Faixa de sensibilidade das larvas de *Chironomus xanthus*, oriundos dos cultivos em laboratório, à Atrazina.

Figura 25: Faixa de sensibilidade de *Chironomus xanthus*, expressa em CL_{50} 96h a organismos oriundos dos cultivos em laboratório, ao cádmio (CdCl_2).

Figura 26: Faixa de sensibilidade de *Chironomus xanthus*, expressa em CL_{50} 96h, a organismos oriundos dos cultivos em laboratório, ao cádmio (CdCl_2) com utilização de sedimento artificial no recipiente teste.

Tabela 13: valores de CL/CE 50 para CdCl_2 (fonte:USEPA, 2000b)

Organismo - teste	CL / CE 50 (mg/L CdCl_2)
<i>Dendrocoelum lacteum</i> (planária)	12,67
<i>Tubifex tubifex</i> (tubificídeo)	1,032
<i>Aplexa hypnorum</i> (gastropode)	0,106
<i>Utterbackia imbecilis</i> (bivalve)	0,012
<i>Ceriodaphnia dubia</i> (cladóceró)	0,030
<i>Daphnia magna</i> (cladóceró)	0,263
<i>Gammarus pseudolimnaeus</i> (anfípodo)	0,082
<i>Chironomus riparius</i> (díptero)	46,865
<i>Chironomus sp</i> (díptero)	1,20

Tabela 14: valores de CL/CE 50 para $K_2Cr_2O_7$ (fonte:USEPA, 1984)

Organismo - teste	CL / EC 50 (mg/L $K_2Cr_2O_7$)
<i>Chironomus tentans</i> (díptero)	61,00
<i>Tanytarsus dissimilis</i> (díptero)	57,30
<i>Physa heterostropha</i> (gastropodo)	16,80
<i>Daphnia pulex</i> (cladóceros)	0,760
<i>Daphnia magna</i> (cladóceros)	0,90
<i>Hyalella azteca</i> (anfípodo)	0,630

Tabela 15: valores de CL/CE 50 para $CuSO_4$ (fonte:USEPA, 2001a)

Organismo - teste	CL / EC 50 (mg/L $CuSO_4$)
<i>Ceriodaphnia dubia</i> (cladóceros)	0,124
<i>Daphnia magna</i> (cladóceros)	0,104

Tabela 16: Valores de CL/CE 50 para atrazina (fonte:USEPA, 2001b)

Organismo - teste	CL / EC 50 (mg/L atrazina)
<i>Chironomus tentans</i> (díptero)	0,720
<i>Hydra sp</i> (celenterado)	3,00
<i>Acroneura sp</i> ("stonefly")	6,700
<i>Daphnia magna</i> (cladóceró)	49,00
<i>Hyalella azteca</i> (anfípodo)	14,70

Os testes de sensibilidade são importantes porque revelam a capacidade de um organismo-teste em indicar o efeito causado por determinada classe de compostos. Pode auxiliar na interpretação dos resultados dos estudos de campo, servindo, por exemplo, como referência para a comparação dos resultados obtidos em bioensaios com diferentes organismos-teste. Esse tipo de testes também pode ser usado como uma importante ferramenta para a determinação de limites permissíveis de lançamentos em efluentes e das máximas concentrações permitidas no ambiente (USEPA, 2001a, 2000b).

Levando-se em consideração as faixas de sensibilidade de *C. xanthus* para as substâncias estudadas e os valores de CL / CE 50 para outras espécies é possível afirmar que, para metais (em especial o cromo e cádmio), *C. xanthus* (CL₅₀ 7,12 mg/L K₂Cr₂O₇ e 0,73 mg/L CdCl₂) apresentou sensibilidade cerca de 7 vezes maior do que

C. tentans (61,00 mg/L $K_2Cr_2O_7$), e *C. riparius* (46,86 mg/L $CdCl_2$). Outros organismos, Cladoceras e Amphipodas por exemplo, apresentaram maior sensibilidade a essa classe de compostos (CL_{50} para: *Daphnia magna* 0,90 mg/L $K_2Cr_2O_7$, 0,26 mg/L $CdCl_2$; *Hyalella azteca* 0,630 mg/L $K_2Cr_2O_7$).

Apesar da existência de organismos mais sensíveis, *C. xanthus* teve melhor desempenho em relação aos outros representantes dos Chironomidae, que tem a aplicação como organismos-teste amplamente difundida.

C. xanthus demonstrou menor sensibilidade para atrazina (CL_{50} 2,08 mg/L atrazina) do que *C. tentans* (0,72 mg/L), todavia mostrou sensibilidade maior do que os outros organismos, inclusive Cladoceras e Amphipodas (CL_{50} para: *Daphnia magna* 49 mg/L atrazina; *Hyalella azteca* 14,70 mg/L atrazina).

Tais constatações fazem com que se presuma uma maior sensibilidade para metais do que os outros Chironomidae usados em bioensaios, todavia outros organismo-teste apresentam maior sensibilidade para essa classe de substâncias.

Por outro lado, pode-se dizer que para a atrazina e possivelmente para outros compostos orgânicos semelhantes (hipótese que precisa ser verificada) *C. xanthus* apresentou sensibilidade semelhante a *C. tentans* sendo que ambos apresentaram sensibilidade muitas vezes maior do que os outros organismos.

Ressalta-se que há um amplo espectro de respostas entre os diversos organismos-testes, e que as respostas de *C. xanthus* comprovam que este organismo é um indicador satisfatório para a contaminação de metais e possivelmente um ótimo indicador de contaminação por orgânicos xenobióticos.

5. Conclusões

Apesar de terem sido realizados testes de toxicidade com apenas uma espécie foi possível concluir que, como sugerido na hipótese principal de trabalho, há um gradiente de toxicidade ao longo dos reservatórios do rio Tietê, sendo que os reservatórios localizados mais próximos da região metropolitana de São Paulo são os que apresentam os sedimentos mais tóxicos, indicando um elevado grau de degradação ambiental, o que leva a crer que a principal fonte de poluentes está localizada nessa região.

O reservatório de Rasgão dentre os reservatórios estudados foi o que apresentou a pior qualidade de sedimento, seguido por Billings, Barra Bonita e Bariri. Os resultados obtidos para o reservatório de Promissão indicam que o sedimento deste ambiente está relativamente preservado, sem toxicidade, não tendo sido obtidos resultados positivos nos testes de toxicidade com o sedimento desse reservatório. Considerando-se também que este apresentou os maiores índices de diversidade biológica (KUHLMANN, 2001) além das menores concentrações das substâncias poluidoras estudadas pelo Qualised (Silvério, 2001 e Almeida, 2001) o reservatório de Promissão foi considerado como o de melhor qualidade ambiental.

O organismo-teste *C. xanthus* teve desempenho satisfatório como indicador de toxicidade crônica para as amostras estudadas, todavia não se aconselha seu uso como indicador de toxicidade aguda, uma vez que em nenhuma amostra estudada observou-se efeito agudo para esse organismo.

Com relação à determinação das faixas de sensibilidade, para a classe dos metais *C. xanthus* pode ser considerado como moderadamente resistente às substâncias testadas, uma vez que as

faixas de sensibilidade foram consideravelmente superiores às encontradas para outros invertebrados usados como organismos-teste em análises ecotoxicológicas, como os microcrustáceos *Daphnia magna* e *Ceriodaphnia dubia*. Todavia é mais sensível do que outros quironimídeos, como *C. tentans* e *C. riparius*, organismos-teste de uso amplamente difundido internacionalmente.

Considerando-se a faixa de sensibilidade de *C. xanthus* para a atrazina, apenas *C. tentans* pode ser considerado mais sensível, sendo que ambos são muitas vezes mais sensíveis a esse composto do que outros organismos, inclusive Cladoceras e Amphipodas.

Os resultados dos testes com CdCl_2 nos dois tratamentos usados permitiram concluir que a presença de um substrato nos testes de toxicidade influencia o efeito tóxico da substância testada. Esse fenômeno deve ser considerado quando se pretende extrapolar os dados laboratoriais para a escala ambiental.

A metodologia de cultivo de *Chironomus xanthus* foi adequada ao tipo de trabalho que se realizou, produzindo quantidades suficientes de organismos para a realização de bioensaios bem como para a manutenção e ampliação das culturas caso necessário. Nenhuma das simplificações feitas na metodologia mostrou-se limitadora do crescimento, nem da qualidade, das populações cultivadas.

Em suma, recomenda-se o uso de *C. xanthus* como organismo-teste em estudos ecotoxicológicos, uma vez que, este organismo demonstrou sensibilidade para as várias classes de compostos testados. Além de ser facilmente cultivado em laboratório, sendo possível obter grande quantidade de organismos.

 

ANEXO I

Anexo I

Tabela 17: Concentração de KCl utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas e percentual calculado de sobrevivência para os testes de sensibilidade de *Chironomus xanthus* ao KCl realizados em novembro de 2000.

Nov/2000			
KCl g/L	nº inicial	nº mortos	% Sobrevivência
Controle	10	0	100
1,5	10	0	100
2,25	10	3	70
3	10	4	60
4,5	10	7	30
6	10	10	0
CL 50	3,20 (2,68~3,83)		

Tabela 18: Concentração de KCl utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas e percentual calculado de sobrevivência para os testes de sensibilidade de *Chironomus xanthus* ao KCl realizados em fevereiro de 2001.

Fev/2001			
KCl g/L	nº inicial	nº mortos	% Sobrevivência
Controle	10	0	100
1,5	10	1	90
2,25	10	3	70
3	10	4	60
4,5	10	7	30
6	10	10	0
CL 50	3,19(2,55~3,99)		

Tabela 19: Concentração de KCl utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas e percentual calculado de sobrevivência para os testes de sensibilidade de *Chironomus xanthus* ao KCl realizados em março de 2001.

Mar/2001			
KCl g/L	nº inicial	nº mortos	% Sobrevivência
Controle	10	1	90
1,5	10	2	80
2,25	10	4	60
3	10	6	40
4,5	10	6	40
6	10	10	0
CL 50	3,80 (3,22~4.49)		

Tabela 20: Concentração de KCl utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas e percentual calculado de sobrevivência para os testes de sensibilidade de *Chironomus xanthus* ao KCl realizados em abril de 2001.

Abr/2001			
KCl g/L	nº inicial	nº mortos	% Sobrevivência
Controle	10	0	100
1,5	10	0	100
2,25	10	2	80
3	10	4	60
4,5	10	6	40
6	10	10	0
CL 50	3,43(2,88~4,09)		

Tabela 21: Concentração de KCl utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas e percentual calculado de sobrevivência para os testes de sensibilidade de *Chironomus xanthus* ao KCl realizados em maio de 2001.

Mai/2001			
KCl g/L	nº inicial	Nº mortos	% Sobrevivência
Controle	10	0	100
1,5	10	2	80
2,25	10	6	40
3	10	7	30
4,5	10	10	0
6	10	10	0
CL 50	2,13(1,69~2,70)		

Tabela 22: Concentração de KCl utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas e percentual calculado de sobrevivência para os testes de sensibilidade de *Chironomus xanthus* ao KCl realizados em junho de 2001.

Jun/2001			
KCl g/L	Nº inicial	nº mortos	% Sobrevivência
Controle	10	0	100
1,5	10	1	90
2,25	10	2	80
3	10	4	60
4,5	10	6	40
6	10	10	0
CL 50	3,47(2,78~4,34)		

Tabela 23: Concentração de KCl utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas e percentual calculado de sobrevivência para os testes de sensibilidade de *Chironomus xanthus* ao KCl realizados em julho de 2001.

Jul/2001			
KCl g/L	Nº inicial	nº mortos	% Sobrevivência
Controle	10	0	100
1,5	10	1	100
2,25	10	2	80
3	10	3	70
4,5	10	6	40
6	10	8	20
CL 50	3,67(2,73~4,94)		

Tabela 24: Concentração de KCl utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas e percentual calculado de sobrevivência para os testes de sensibilidade de *Chironomus xanthus* ao KCl realizados em agosto de 2001.

Ago/2001			
KCl g/L	Nº inicial	nº mortos	% Sobrevivência
Controle	10	0	100
1,5	10	1	90
2,25	10	2	80
3	10	3	70
4,5	10	3	70
6	10	7	30
CL 50	5,19(4,28~6,30)		

Tabela 25: Concentração de KCl utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas e percentual calculado de sobrevivência para os testes de sensibilidade de *Chironomus xanthus* ao KCl realizados em setembro de 2001.

Set/2001			
KCl g/L	Nº inicial	nº mortos	% Sobrevivência
Controle	10	0	100
1,5	10	2	80
2,25	10	3	70
3	10	5	50
4,5	10	6	40
6	10	7	30
CL 50	3,43(2,88~4,09)		

Tabela 26: Concentração de KCl utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas e percentual calculado de sobrevivência para os testes de sensibilidade de *Chironomus xanthus* ao KCl realizados em outubro de 2001.

out/2001			
KCl g/L	Nº inicial	Nº mortos	% Sobrevivência
Controle	10	0	100
1,5	10	2	80
2,25	10	3	70
3	10	5	50
4,5	10	6	40
6	10	7	30
CL 50	3,36(2,23~5,08)		

Tabela 27: Concentração de KCl utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas e percentual calculado de sobrevivência para os testes de sensibilidade de *Chironomus xanthus* ao KCl realizados em janeiro de 2002.

Jan/2002			
KCl g/L	Nº inicial	Nº mortos	% Sobrevivência
Controle	10	1	90
1,5	10	3	70
2,25	10	3	70
3	10	4	60
4,5	10	6	40
6	10	8	20
CL 50	3,60(2,48~5,26)		

Tabela 28: Concentração de KCl utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas e percentual calculado de sobrevivência para os testes de sensibilidade de *Chironomus xanthus* ao KCl realizados em fevereiro de 2002.

Fev/2002			
KCl g/L	Nº inicial	Nº mortos	% Sobrevivência
Controle	10	0	100
1,5	10	1	90
2,25	10	3	70
3	10	5	50
4,5	10	7	30
6	10	10	0
CL 50	3,05(2,43~3,83)		

Tabela 29: Concentração de KCl utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas e percentual calculado de sobrevivência para os testes de sensibilidade de *Chironomus xanthus* ao KCl realizados em março de 2002.

Mar/2002			
KCl g/L	Nº inicial	Nº mortos	% Sobrevivência
Controle	10	1	90
1,5	10	1	90
2,25	10	2	80
3	10	3	70
4,5	10	5	50
6	10	8	20
CL 50	4,10(3,17~5,36)		

Tabela 30: Concentração de KCl utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas e percentual calculado de sobrevivência para os testes de sensibilidade de *Chironomus xanthus* ao KCl realizados em abril de 2002.

Abr/2002			
KCl g/L	nº inicial	Nº mortos	% Sobrevivência
Controle	10	0	100
1,5	10	1	90
2,25	10	3	70
3	10	5	50
4,5	10	7	30
6	10	10	0
CL 50	3,05(2,43~3,83)		

Tabela 31: Concentração de KCl utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas e percentual calculado de sobrevivência para os testes de sensibilidade de *Chironomus xanthus* ao KCl realizados em maio de 2002.

Mai/2002			
KCl g/L	Nº inicial	Nº mortos	% Sobrevivência
Controle	10	1	90
1,5	10	2	80
2,25	10	3	70
3	10	6	40
4,5	10	7	30
6	10	10	0
CL 50	2,87 (2,14~3,85)		

ANEXO II

Anexo II

Tabela 32: Concentração de $K_2Cr_2O_7$ utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas, percentual calculado de sobrevivência e valor calculado da CL_{50} para os testes de sensibilidade de *Chironomus xanthus* ao cromo.

Teste 1			
$K_2Cr_2O_7$ Mg/L	Nº inicial	Nº mortos	% Sobrevivência
Controle	10	0	100
2,5	10	2	80
5,0	10	3	70
10,0	10	6	40
CL_{50}	7,06(4,40~14,33)		

Tabela 33: Concentração de $K_2Cr_2O_7$ utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas, percentual calculado de sobrevivência e valor calculado da CL_{50} para os testes de sensibilidade de *Chironomus xanthus* ao cromo.

Teste 2			
$K_2Cr_2O_7$ mg/L	nº inicial	Nº mortos	% Sobrevivência
Controle	10	0	100
2,5	10	2	80
5,0	10	4	60
10,0	10	7	30
20,0	10	10	0
CL_{50}	6,06(3,80~9,66)		

Tabela 34: Concentração de $K_2Cr_2O_7$ utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas, percentual calculado de sobrevivência e valor calculado da CL_{50} para os testes de sensibilidade de *Chironomus xanthus* ao cromo.

Teste 3			
$K_2Cr_2O_7$ mg/L	nº inicial	Nº mortos	% sobrevivência
Controle	10	0	100
2,5	10	1	90
5,0	10	2	80
10,0	10	4	60
15,0	10	10	0
CL 50	8,94(6,53~12,26)		

Tabela 35: Concentração de $K_2Cr_2O_7$ utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas, percentual calculado de sobrevivência e valor calculado da CL_{50} para os testes de sensibilidade de *Chironomus xanthus* ao cromo.

Teste 4			
$K_2Cr_2O_7$ mg/L	nº inicial	Nº mortos	% sobrevivência
Controle	10	0	100
2,5	10	1	90
5,0	10	2	80
10,0	10	4	60
20,0	10	10	0
CL 50	8,94(6,53~12,26)		

Tabela 36: Concentração de $K_2Cr_2O_7$ utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas, percentual calculado de sobrevivência e valor calculado da CL_{50} para os testes de sensibilidade de *Chironomus xanthus* ao cromo.

Teste 5			
$K_2Cr_2O_7$ mg/L	nº inicial	Nº mortos	% Sobrevivência
Controle	10	0	100
2,5	10	2	80
5,0	10	3	70
10,0	10	6	40
20,0	10	9	10
CL 50	6,14(2,72~13,89)		

Tabela 37: Concentração de $K_2Cr_2O_7$ utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas, percentual calculado de sobrevivência e valor calculado da CL_{50} para os testes de sensibilidade de *Chironomus xanthus* ao cromo.

Teste 6			
$K_2Cr_2O_7$ mg/L	nº inicial	Nº mortos	% Sobrevivência
Controle	10	0	100
2,5	10	2	80
5,0	10	4	60
10,0	10	7	30
20,0	10	10	0
CL 50	6,06(3,80~9,66)		

Tabela 38: Concentração de $K_2Cr_2O_7$ utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas, percentual calculado de sobrevivência e valor calculado da CL_{50} para os testes de sensibilidade de *Chironomus xanthus* ao cromo.

Teste 7			
$K_2Cr_2O_7$ mg/L	nº inicial	Nº mortos	% Sobrevivência
Controle	10	1	90
2,5	10	2	80
5,0	10	3	70
7,5	10	5	50
10,0	10	6	40
12,5	10	7	30
CL 50	7,76(5,32~11,32)		

Tabela 39: Concentração de $K_2Cr_2O_7$ utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas, percentual calculado de sobrevivência e valor calculado da CL_{50} para os testes de sensibilidade de *Chironomus xanthus* ao cromo.

Teste 8			
$K_2Cr_2O_7$ mg/L	nº inicial	Nº mortos	% Sobrevivência
Controle	10	1	90
2,5	10	3	70
5,0	10	3	70
7,5	10	5	50
10,0	10	6	40
12,5	10	9	10
CL 50	7,61(5,37~10,81)		

Tabela 40: Concentração de $K_2Cr_2O_7$ utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas, percentual calculado de sobrevivência e valor calculado da CL_{50} para os testes de sensibilidade de *Chironomus xanthus* ao cromo.

Teste 9			
$K_2Cr_2O_7$ mg/L	nº inicial	Nº mortos	% Sobrevivência
Controle	10	0	100
2,5	10	3	70
5,0	10	4	60
7,5	10	6	40
10,0	10	6	40
20,0	10	8	20
CL 50	6,11(3,39~11,03)		

Tabela 41: Concentração de $K_2Cr_2O_7$ utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas, percentual calculado de sobrevivência e valor calculado da CL_{50} para os testes de sensibilidade de *Chironomus xanthus* ao cromo.

Teste 10			
$K_2Cr_2O_7$ mg/L	nº inicial	Nº mortos	% Sobrevivência
Controle	10	0	100
2,5	10	2	80
5,0	10	4	60
7,5	10	5	50
10,0	10	6	40
20,0	10	9	10
CL 50	6,52(4,42~9,62)		

Tabela 42: Concentração de ZnSO_4 utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas, percentual calculado de sobrevivência e valor calculado da CL_{50} para os testes de sensibilidade de *Chironomus xanthus* ao zinco.

Teste 1			
ZnSO_4 mg/L	nº inicial	Nº mortos	% Sobrevivência
Controle	10	0	100
5,0	10	3	70
10,0	10	7	30
25,0	10	8	20
50,0	10	10	0
CL 50	7,07 (4,44~11,26)		

Tabela 43: Concentração de ZnSO_4 utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas, percentual calculado de sobrevivência e valor calculado da CL_{50} para os testes de sensibilidade de *Chironomus xanthus* ao zinco.

Teste 2			
ZnSO_4 mg/L	nº inicial	Nº mortos	% Sobrevivência
Controle	10	2	80
2,5	10	1	90
5,0	10	3	70
10,0	10	5	50
15,0	10	8	20
25,0	10	10	0
CL 50	8,15(5,67~11,74)		

Tabela 44: Concentração de ZnSO_4 utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas, percentual calculado de sobrevivência e valor calculado da CL_{50} para os testes de sensibilidade de *Chironomus xanthus* ao zinco.

Teste 3			
ZnSO_4 mg/L	nº inicial	Nº mortos	% Sobrevivência
Controle	10	1	90
5,0	10	2	80
7,5	10	3	70
10,0	10	4	60
12,5	10	4	60
15,0	10	6	40
CL 50	13,69(10,45~17,95)		

Tabela 45: Concentração de ZnSO_4 utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas, percentual calculado de sobrevivência e valor calculado da CL_{50} para os testes de sensibilidade de *Chironomus xanthus* ao zinco.

Teste 4			
ZnSO_4 mg/L	nº inicial	Nº mortos	% Sobrevivência
Controle	10	0	100
1,0	10	1	90
2,5	10	1	90
5,0	10	4	60
10,0	10	6	40
15,0	10	8	20
CL 50	7,00(4,46~11,01)		

Tabela 46: Concentração de ZnSO_4 utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas, percentual calculado de sobrevivência e valor calculado da CL_{50} para os testes de sensibilidade de *Chironomus xanthus* ao zinco.

Teste 5			
ZnSO_4 mg/L	nº inicial	Nº mortos	% Sobrevivência
Controle	10	1	90
1,0	10	4	60
2,5	10	4	60
5,0	10	6	40
7,5	10	6	40
10,0	10	7	30
CL 50	3,53(1,26~9,88)		

Tabela 47: Concentração de ZnSO_4 utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas, percentual calculado de sobrevivência e valor calculado da CL_{50} para os testes de sensibilidade de *Chironomus xanthus* ao zinco.

Teste 6			
ZnSO_4 mg/L	nº inicial	Nº mortos	% Sobrevivência
Controle	10	0	100
1,0	10	1	90
2,5	10	3	70
5,0	10	5	50
7,5	10	7	30
10,0	10	8	20
CL 50	4,47(2,78~7,22)		

Tabela 48: Concentração de ZnSO_4 utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas, percentual calculado de sobrevivência e valor calculado da CL_{50} para os testes de sensibilidade de *Chironomus xanthus* ao zinco.

Teste 7			
ZnSO_4 mg/L	nº inicial	Nº mortos	% Sobrevivência
Controle	10	0	100
2,5	10	2	80
5,0	10	2	80
7,5	10	3	70
10,0	10	5	50
15,0	10	7	30
CL 50	10,29 (7,42~14,30)		

Tabela 49: Concentração de ZnSO_4 utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas, percentual calculado de sobrevivência e valor calculado da CL_{50} para os testes de sensibilidade de *Chironomus xanthus* ao zinco.

Teste 8			
ZnSO_4 Mg/L	nº inicial	Nº mortos	% Sobrevivência
Controle	10	1	90
2,5	10	2	80
5,0	10	3	70
7,5	10	3	70
10,0	10	5	50
15,0	10	8	20
CL 50	8,87 (5,94~13,24)		

Tabela 50: Concentração de ZnSO_4 utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas, percentual calculado de sobrevivência e valor calculado da CL_{50} para os testes de sensibilidade de *Chironomus xanthus* ao zinco.

Teste 9			
ZnSO_4 mg/L	nº inicial	Nº mortos	% Sobrevivência
Controle	10	0	100
2,5	10	1	90
5,0	10	2	80
7,5	10	6	40
10,0	10	8	20
15,0	10	10	0
CL 50	6,71 (5,22~8,64)		

Tabela 51: Concentração de ZnSO_4 utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas, percentual calculado de sobrevivência e valor calculado da CL_{50} para os testes de sensibilidade de *Chironomus xanthus* ao zinco.

Teste 10			
ZnSO_4 mg/L	nº inicial	Nº mortos	% Sobrevivência
Controle	10	1	90
2,5	10	2	80
5,0	10	5	50
7,5	10	7	30
10,0	10	8	20
15,0	10	9	10
CL 50	4,92 (3,41~7,14)		

Tabela 52: Concentração de CdCl_2 utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas, percentual calculado de sobrevivência e valor calculado da CL_{50} para os testes de sensibilidade de *Chironomus xanthus* ao cádmio.

Teste 1			
CdCl_2 mg/L	nº inicial	Nº mortos	% Sobrevivência
Controle	10	0	100
0,10	10	0	100
0,25	10	0	100
0,50	10	0	100
0,75	10	3	70
1,50	10	8	20
CL 50	0,98(0,70~1,39)		

Tabela 53: Concentração de CdCl_2 utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas, percentual calculado de sobrevivência e valor calculado da CL_{50} para os testes de sensibilidade de *Chironomus xanthus* ao cádmio.

Teste 2			
CdCl_2 mg/L	nº inicial	Nº mortos	% Sobrevivência
Controle	10	0	100
0,30	10	1	90
0,60	10	3	70
1,20	10	3	70
2,40	10	9	10
3,00	10	10	0
CL 50	0,99 (0,61~1,64)		

Tabela 54: Concentração de CdCl_2 utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas, percentual calculado de sobrevivência e valor calculado da CL_{50} para os testes de sensibilidade de *Chironomus xanthus* ao cádmio.

Teste 3			
CdCl_2 mg/L	nº inicial	Nº mortos	% Sobrevivência
Controle	10	0	100
0,5	10	3	70
1,0	10	7	30
1,5	10	10	0
2,0	10	10	0
2,5	10	10	0
CL_{50}	0,70 (0,44~1,13)		

Tabela 55: Concentração de CdCl_2 utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas, percentual calculado de sobrevivência e valor calculado da CL_{50} para os testes de sensibilidade de *Chironomus xanthus* ao cádmio.

Teste 4			
CdCl_2 mg/L	nº inicial	Nº mortos	% Sobrevivência
Controle	10	1	90
0,5	10	3	70
1,0	10	7	30
1,25	10	7	30
1,5	10	9	10
1,75	10	9	10
CL_{50}	0,70 (0,44~1,13)		

Tabela 56: Concentração de CdCl_2 utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas, percentual calculado de sobrevivência e valor calculado da CL_{50} para os testes de sensibilidade de *Chironomus xanthus* ao cádmio.

Teste 5			
CdCl_2 mg/L	nº inicial	Nº mortos	% Sobrevivência
Controle	10	0	100
0,25	10	3	70
0,75	10	6	40
1,0	10	7	70
1,25	10	9	10
1,5	10	10	0
CL 50	0,51 (0,26~1,01)		

Tabela 57: Concentração de CdCl_2 utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas, percentual calculado de sobrevivência e valor calculado da CL_{50} para os testes de sensibilidade de *Chironomus xanthus* ao cádmio.

Teste 6			
CdCl_2 mg/L	nº inicial	Nº mortos	% Sobrevivência
Controle	10	1	90
0,25	10	2	80
0,75	10	5	50
1,0	10	7	30
1,25	10	9	10
1,5	10	9	10
CL 50	0,63 (0,41~0,99)		

Tabela 58: Concentração de CdCl_2 utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas, percentual calculado de sobrevivência e valor calculado da CL_{50} para os testes de sensibilidade de *Chironomus xanthus* ao cádmio.

Teste 7			
CdCl_2 mg/L	nº inicial	Nº mortos	% Sobrevivência
Controle	10	0	100
0,25	10	2	80
0,75	10	5	50
1,0	10	7	30
1,25	10	9	10
1,5	10	10	0
CL 50	0,63 (0,41~0,99)		

Tabela 59: Concentração de CdCl_2 utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas, percentual calculado de sobrevivência e valor calculado da CL_{50} para os testes de sensibilidade de *Chironomus xanthus* ao cádmio.

Teste 8			
CdCl_2 mg/L	nº inicial	Nº mortos	% Sobrevivência
Controle	10	1	90
0,25	10	1	90
0,75	10	3	70
1,0	10	7	30
1,25	10	7	30
1,5	10	9	10
CL 50	0,81 (0,60~1,11)		

Tabela 60: Concentração de CdCl_2 utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas, percentual calculado de sobrevivência e valor calculado da CL_{50} para os testes de sensibilidade de *Chironomus xanthus* ao cádmio.

Teste 9			
CdCl_2 mg/L	nº inicial	Nº mortos	% Sobrevivência
Controle	10	0	100
0,25	10	0	100
0,75	10	3	70
1,0	10	5	50
1,25	10	7	30
1,5	10	9	10
CL_{50}	0,91 (0,70~1,18)		

Tabela 61: Concentração de CdCl_2 utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas, percentual calculado de sobrevivência e valor calculado da CL_{50} para os testes de sensibilidade de *Chironomus xanthus* ao cádmio.

Teste 10			
CdCl_2 mg/L	nº inicial	Nº mortos	% Sobrevivência
Controle	10	1	90
0,25	10	3	70
0,75	10	7	30
1,0	10	8	20
1,25	10	10	0
1,5	10	10	0
CL_{50}	0,43 (0,21~0,90)		

Tabela 62: Concentração de CuSO_4 utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas, percentual calculado de sobrevivência e valor calculado da CL_{50} para os testes de sensibilidade de *Chironomus xanthus* ao cobre.

Teste 1			
CuSO_4 mg/L	nº inicial	Nº mortos	% Sobrevivência
Controle	10	0	100
0,5	10	2	80
1,0	10	4	60
1,5	10	5	50
2,0	10	7	30
2,5	10	9	10
CL 50	1,25 (0,85~1,84)		

Tabela 63: Concentração de CuSO_4 utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas, percentual calculado de sobrevivência e valor calculado da CL_{50} para os testes de sensibilidade de *Chironomus xanthus* ao cobre.

Teste 2			
CuSO_4 mg/L	nº inicial	Nº mortos	% Sobrevivência
Controle	10	1	90
0,5	10	3	70
1,0	10	4	60
1,5	10	6	40
2,0	10	6	40
2,5	10	10	0
CL 50	1,21 (0,68~2,17)		

Tabela 64: Concentração de CuSO_4 utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas, percentual calculado de sobrevivência e valor calculado da CL_{50} para os testes de sensibilidade de *Chironomus xanthus* ao cobre.

Teste 3			
CuSO_4 mg/L	nº inicial	Nº mortos	% Sobrevivência
Controle	10	0	100
1,25	10	4	60
1,5	10	6	40
1,75	10	6	40
2,0	10	9	10
2,25	10	9	10
CL 50	1,36 (1,04~1,79)		

Tabela 65: Concentração de CuSO_4 utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas, percentual calculado de sobrevivência e valor calculado da CL_{50} para os testes de sensibilidade de *Chironomus xanthus* ao cobre.

Teste 4			
CuSO_4 mg/L	nº inicial	Nº mortos	% Sobrevivência
Controle	10	1	90
1,0	10	4	60
1,25	10	4	60
1,5	10	6	40
1,75	10	7	30
2,0	10	8	20
CL 50	1,36 (1,04~1,79)		

Tabela 66: Concentração de CuSO_4 utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas, percentual calculado de sobrevivência e valor calculado da CL_{50} para os testes de sensibilidade de *Chironomus xanthus* ao cobre.

Teste 5			
CuSO_4 mg/L	nº inicial	Nº mortos	% Sobrevivência
Controle	10	1	90
1,25	10	3	70
1,5	10	5	50
1,75	10	6	40
2,0	10	8	20
2,25	10	9	10
CL 50	1,53 (1,28~1,83)		

Tabela 67: Concentração de CuSO_4 utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas, percentual calculado de sobrevivência e valor calculado da CL_{50} para os testes de sensibilidade de *Chironomus xanthus* ao cobre.

Teste 6			
CuSO_4 mg/L	nº inicial	Nº mortos	% Sobrevivência
Controle	10	0	100
1,25	10	2	80
1,5	10	4	60
1,75	10	7	30
2,0	10	7	30
2,25	10	10	0
CL 50	1,59 (1,40~1,81)		

Tabela 68: Concentração de CuSO_4 utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas, percentual calculado de sobrevivência e valor calculado da CL_{50} para os testes de sensibilidade de *Chironomus xanthus* ao cobre.

Teste 7			
CuSO_4 mg/L	nº inicial	Nº mortos	% Sobrevivência
Controle	10	0	100
1,25	10	3	70
1,5	10	5	50
1,75	10	7	30
2,0	10	8	20
2,5	10	10	0
CL 50	1,48 (1,27~1,75)		

Tabela 69: Concentração de CuSO_4 utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas, percentual calculado de sobrevivência e valor calculado da CL_{50} para os testes de sensibilidade de *Chironomus xanthus* ao cobre.

Teste 8			
CuSO_4 mg/L	nº inicial	Nº mortos	% Sobrevivência
Controle	10	1	90
1,25	10	3	70
1,5	10	6	40
1,75	10	6	40
2,0	10	9	10
2,5	10	9	10
CL 50	1,46 (1,23~1,74)		

Tabela 70: Concentração de CuSO_4 utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas, percentual calculado de sobrevivência e valor calculado da CL_{50} para os testes de sensibilidade de *Chironomus xanthus* ao cobre.

Teste 9			
CuSO_4 mg/L	nº inicial	Nº mortos	% Sobrevivência
Controle	10	0	100
1,25	10	2	80
1,5	10	4	60
1,75	10	6	40
2,0	10	7	30
2,5	10	8	20
CL 50	1,65 (1,42~1,93)		

Tabela 71: Concentração de CuSO_4 utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas, percentual calculado de sobrevivência e valor calculado da CL_{50} para os testes de sensibilidade de *Chironomus xanthus* ao cobre.

Teste 10			
CuSO_4 mg/L	nº inicial	Nº mortos	% Sobrevivência
Controle	10	0	100
1,25	10	1	90
1,5	10	5	50
1,75	10	5	50
2,0	10	7	30
2,5	10	9	10
CL 50	1,67 (1,49~1,88)		

Tabela 72: Concentração de Atrazina® utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas, percentual calculado de sobrevivência e valor calculado da CL_{50} para os testes de sensibilidade de *Chironomus xanthus*.

Teste 1			
Atrazina mg/L	nº inicial	Nº mortos	% Sobrevivência
Controle	10	1	90
0,25	10	3	70
0,5	10	4	60
1,0	10	3	70
2,0	10	5	50
5,0	10	6	40
CL 50	2,24 (0,49~10,33)		

Tabela 73: Concentração de Atrazina® utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas, percentual calculado de sobrevivência e valor calculado da CL_{50} para os testes de sensibilidade de *Chironomus xanthus*.

Teste 2			
Atrazina mg/L	nº inicial	Nº mortos	% Sobrevivência
Controle	10	1	90
0,5	10	3	70
1,0	10	4	50
2,0	10	5	60
5,0	10	6	40
10,0	10	9	10
CL 50	2,05 (0,75~5,61)		

Tabela 74: Concentração de Atrazina® utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas, percentual calculado de sobrevivência e valor calculado da CL_{50} para os testes de sensibilidade de *Chironomus xanthus*.

Teste 3			
Atrazina mg/L	nº inicial	Nº mortos	% Sobrevivência
Controle	10	1	90
0,5	10	2	80
1,0	10	3	70
2,0	10	4	60
5,0	10	6	40
10,0	10	10	0
CL 50	2,65 (1,37~5,18)		

Tabela 75: Concentração de Atrazina® utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas, percentual calculado de sobrevivência e valor calculado da CL_{50} para os testes de sensibilidade de *Chironomus xanthus*.

Teste 4			
Atrazina mg/L	nº inicial	Nº mortos	% Sobrevivência
Controle	10	0	100
0,5	10	3	70
1,0	10	4	60
2,0	10	5	50
5,0	10	7	30
10,0	10	10	0
CL 50	1,77 (0,70~4,51)		

Tabela 76: Concentração de Atrazina® utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas, percentual calculado de sobrevivência e valor calculado da CL_{50} para os testes de sensibilidade de *Chironomus xanthus*.

Teste 5			
Atrazina mg/L	nº inicial	Nº mortos	% Sobrevivência
Controle	10	1	90
0,5	10	4	60
1,0	10	4	60
2,0	10	5	50
5,0	10	7	30
10,0	10	8	20
CL 50	1,88 (0,55~6,44)		

Tabela 77: Concentração de Atrazina® utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas, percentual calculado de sobrevivência e valor calculado da CL_{50} para os testes de sensibilidade de *Chironomus xanthus*.

Teste 6			
Atrazina mg/L	nº inicial	Nº mortos	% Sobrevivência
Controle	10	1	90
0,5	10	1	90
1,0	10	4	60
2,0	10	6	40
5,0	10	8	20
10,0	10	9	10
CL 50	1,63 (0,99~2,68)

Tabela 78: Concentração de Atrazina® utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas, percentual calculado de sobrevivência e valor calculado da CL_{50} para os testes de sensibilidade de *Chironomus xanthus*.

Teste 7			
Atrazina mg/L	nº inicial	Nº mortos	% Sobrevivência
Controle	10	0	100
0,5	10	3	70
1,0	10	3	70
2,0	10	5	50
5,0	10	9	10
10,0	10	10	0
CL 50	1,88 (1,03~3,45)		

Tabela 79 Concentração de Atrazina® utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas, percentual calculado de sobrevivência e valor calculado da CL_{50} para os testes de sensibilidade de *Chironomus xanthus*.

Teste 8			
Atrazina mg/L	nº inicial	Nº mortos	% Sobrevivência
Controle	10	0	100
0,5	10	1	90
1,0	10	3	70
2,0	10	5	50
5,0	10	6	40
10,0	10	8	20
CL 50	2,53 (1,29~5,00)		

Tabela 80: Concentração de Atrazina® utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas, percentual calculado de sobrevivência e valor calculado da CL_{50} para os testes de sensibilidade de *Chironomus xanthus*.

Teste 9			
Atrazina mg/L	nº inicial	Nº mortos	% Sobrevivência
Controle	10	1	90
0,5	10	3	70
1,0	10	4	60
2,0	10	4	60
5,0	10	7	30
10,0	10	9	10
CL 50	2,17 (0,86~5,47)		

Tabela 81: Concentração de Atrazina® utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas, percentual calculado de sobrevivência e valor calculado da CL_{50} para os testes de sensibilidade de *Chironomus xanthus*.

Teste 10			
Atrazina mg/L	nº inicial	Nº mortos	% Sobrevivência
Controle	10	0	100
0,5	10	0	100
1,0	10	3	70
2,0	10	6	40
5,0	10	7	30
10,0	10	10	0
CL 50	2,01 (1,36~3,00)		

Tabela 82: Concentração de CdCl_2 utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas, percentual calculado de sobrevivência e valor calculado da CL_{50} para os testes de sensibilidade de *Chironomus xanthus* ao cádmio com presença de sedimento.

Teste 1			
CdCl_2 mg/L	nº inicial	Nº mortos	% Sobrevivência
Controle	10	0	100
1	10	0	100
1,5	10	0	100
3	10	4	60
4,5	10	4	60
6	10	5	50
CL 50	5,99 (limites não calculáveis)		

Tabela 83: Concentração de CdCl_2 utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas, percentual calculado de sobrevivência e valor calculado da CL_{50} para os testes de sensibilidade de *Chironomus xanthus* ao cádmio com presença de sedimento.

Teste 2			
CdCl_2 mg/L	nº inicial	Nº mortos	% Sobrevivência
Controle	10	2	80
2	10	3	70
4	10	4	60
6	10	6	40
8	10	9	10
10	10	9	10
CL 50	4,54 (2,65~7,81)		

Tabela 84: Concentração de CdCl_2 utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas, percentual calculado de sobrevivência e valor calculado da CL_{50} para os testes de sensibilidade de *Chironomus xanthus* ao cádmio com presença de sedimento.

Teste 3			
CdCl_2 mg/L	nº inicial	Nº mortos	% Sobrevivência
Controle	10	0	100
2	10	2	80
4	10	3	70
6	10	6	40
8	10	7	30
10	10	9	10
CL 50	5,18 (3,59~7,50)		

Tabela 85: Concentração de CdCl_2 utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas, percentual calculado de sobrevivência e valor calculado da CL_{50} para os testes de sensibilidade de *Chironomus xanthus* ao cádmio com presença de sedimento.

Teste 4			
CdCl_2 mg/L	nº inicial	Nº mortos	% Sobrevivência
Controle	10	0	100
2	10	1	90
4	10	3	70
6	10	6	40
8	10	10	0
10	10	10	0
CL 50	4,79 (3,73~6,17)		

Tabela 86: Concentração de CdCl_2 utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas, percentual calculado de sobrevivência e valor calculado da CL_{50} para os testes de sensibilidade de *Chironomus xanthus* ao cádmio com presença de sedimento.

Teste 5			
CdCl_2 mg/L	nº inicial	Nº mortos	% Sobrevivência
Controle	10	1	90
2	10	1	90
4	10	2	80
6	10	5	50
8	10	7	30
10	10	9	10
CL 50	5,79 (4,49~7,48)		

Tabela 87: Concentração de CdCl_2 utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas, percentual calculado de sobrevivência e valor calculado da CL_{50} para os testes de sensibilidade de *Chironomus xanthus* ao cádmio com presença de sedimento.

Teste 6			
CdCl_2 mg/L	nº inicial	Nº mortos	% Sobrevivência
Controle	10	2	80
2	10	2	80
4	10	2	80
6	10	6	40
8	10	8	20
10	10	8	20
CL 50	5,49 (4,47~6,77)		

Tabela 88: Concentração de CdCl_2 utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas, percentual calculado de sobrevivência e valor calculado da CL_{50} para os testes de sensibilidade de *Chironomus xanthus* ao cádmio com presença de sedimento.

Teste 7			
CdCl_2 mg/L	nº inicial	Nº mortos	% Sobrevivência
Controle	10	1	90
2	10	0	100
4	10	2	80
6	10	4	60
8	10	8	20
10	10	10	0
CL 50	5,68 (4,72~6,86)		

Tabela 89: Concentração de CdCl_2 utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas, percentual calculado de sobrevivência e valor calculado da CL_{50} para os testes de sensibilidade de *Chironomus xanthus* ao cádmio com presença de sedimento.

Teste 8			
CdCl_2 mg/L	nº inicial	Nº mortos	% Sobrevivência
Controle	10	1	90
2	10	1	90
4	10	2	80
6	10	5	50
8	10	6	40
10	10	8	20
CL 50	6,34 (4,72~8,11)		

Tabela 90: Concentração de CdCl_2 utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas, percentual calculado de sobrevivência e valor calculado da CL_{50} para os testes de sensibilidade de *Chironomus xanthus* ao cádmio com presença de sedimento.

Teste 9			
CdCl_2 mg/L	nº inicial	Nº mortos	% sobrevivência
Controle	10	0	100
2	10	3	70
4	10	4	60
6	10	7	30
8	10	9	10
10	10	10	0
CL 50	4,27 (2,55~7,15)		

Tabela 91: Concentração de CdCl_2 utilizada, número inicial de larvas, número final de larvas mortas, percentual calculado de sobrevivência e valor calculado da CL_{50} para os testes de sensibilidade de *Chironomus xanthus* ao cádmio com presença de sedimento.

Teste 10			
CdCl_2 mg/L	nº inicial	Nº mortos	% sobrevivência
Controle	10	1	90
2	10	1	90
4	10	5	50
6	10	7	30
8	10	9	10
10	10	9	10
CL 50	4,05 (3,11~5,30)		

Referências Bibliográficas

- ALMEIDA, F.F.M.; HASUI, Y.; PONÇANO, W.L.; DANTAS, A.S.L.; CARNEIRO, C.D.R.; MELO, M.S. & BISTRICHI, C.A. (1981) *Mapa Geológico do Estado de São Paulo. Escala 1:500.000*. IPT, Monografias 6: Vol. I Texto 126 pp. Vol. II Mapa.
- ALMEIDA, F.V.; JARDIM, W.F., (em prep.) "Bases técnico-científicas para o desenvolvimento de critérios de qualidade de sedimentos referentes a compostos orgânicos não-iônicos". Coordenação Qualised
- ALMEIDA, F.V.; JARDIM, W.F., (2001) "Bases técnico-científicas para o desenvolvimento de critérios de qualidade de sedimentos referentes a compostos orgânicos não-iônicos" Em: I Workshop de Avaliação do Projeto Qualised. Bases técnico-científicas para o desenvolvimento de critérios de qualidade de sedimento: Experimentos de Campo e Laboratório. Mozeto, A. A.; Jardim, W.F.; Umbuzeiro, G.A. (editores). UFSCar-DQ, 76 pp.
- ARAÚJO, R.P.A.; NASCIMENTO, A.P.P.; ALMEIDA, C.A.; RODRIGUES, P.F. (em prep.) Avaliação da toxicidade do sedimento e água com amostras coletadas em Represas do Rio Tietê. Qualised 2002.
- BAISH, P., (1997). Geoquímica dos sedimentos do Estuário da Lagoa dos Patos. Elementos metálicos e matéria orgânica. In: Estudo de impacto ambiental do porto do Rio Grande-R.S. Relatório final. FURG. Rio Grande.R.S. 800pp.
- BAUDIN, J.P. & NUCHO, R. (1992) ^{60}Co accumulation from sediment and planktonic algae by midge larvae *Chironomus luridus*. Environ. Pollution 76, 133-140

- BEVILACQUA, J.E. (1996) "Estudo sobre a caracterização e a estabilidade de amostras de sedimento do rio Tietê, S.P." São Paulo 171pp. Tese (Doutorado) Instituto de Química - USP.
- BRINKHURST, R.O.; (1971) "Aquatic Oligochaeta of the world", University of Toronto Press, Toronto 862pp.
- BURTON, G.A., JR., (1995). "Laboratory-to-field extrapolations of toxicity data". In: Hoffman, D.J.; Rattner, B.A.; Burton, G.A., Jr.; Cairns, J., Jr., (Ed.) Handbook of Ecotoxicology. Boca Raton, Lewis Publishers.
- CALLAHAN, M.A., *et al.* (1979). "Water-related environmental fate of 129 priority pollutants". vol. I. EPA-440/4-79-029a. National Technical Information Service, Springfield, Virginia.
- CASTELLATO, S. , (1992) Long term experiment on *Branchiura sowerbyi* (Oligochaeta: Tubificidae), Hydrobiologia 232(2): 169-172
- CASTELLATO, S. & NEGRISOLO, P. A., (1989) Acute and cronic effects of an anionic surfactant on some freshwater Tubificidae species. Hydrobiologia 180: 243-252
- CASTELLATO, S., (1984) Life cicle and karyology *Branchiura sowerbyi* Beddard (Oligochaeta: Tubificidae). Hydrobiologia 115:65-69
- CETESB (2001), Relatório da qualidade das águas interiores do estado de São Paulo. Relatório da Diretoria de Controle da Poluição do Interior, CETESB, São Paulo, 213 pp.
- CETESB (1995), Relatório da qualidade das águas interiores do estado de São Paulo. Relatório da Diretoria de Controle da Poluição do Interior, CETESB, São Paulo, 286 pp.

- CETESB (1991). Métodos de avaliação da toxicidade de poluentes a organismos aquáticos (Norma Técnica, Água 12).
- CHAPMAN, P. M., (1986).
- CHAPMAN, P. M.; DEXTER, R. N.; LONG, E. R., (1987). Synoptic measures of sediment contamination, toxicity and infaunal community composition (the sediment quality Triad). San Francisco Bay. Mar. Ecol. Prog. Ser. v.37. pp.75-96.
- CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (1986). Decreto nº 88.351, de 1º de junho de 1983. Art 7, resolução 020, 18 de junho de 1986.
- CORSON, W., 1990. Manual Global de Ecologia. São Paulo, Ed. Augustus.
- COSTA, J.B., (2001) "Avaliação ecotoxicológica da água e sedimento de tributários do reservatório de Barra Bonita (médio Tietê superior - SP)" São Carlos. 244pp. Dissertação (Mestrado) Escola de Engenharia de São Carlos - USP.
- COSTA, J.B., (1997) Avaliação da adequabilidade de *Kalliapseudes schubartii* Mané-Garzon, 1922 (Crustacea: Tanaidacea) como organismo-teste para utilização em ensaios de toxicidade de sedimentos estuarinos. Rio Grande, 60 p. Monografia. Fundação Universidade do Rio Grande
- CRANSTON, P.S., (1995). Introduction. In ARMITAGE, P.; CRANSTON, P.S.; PINDER, L.C.V. eds. *The Chironomidae - The biology and ecology of nonbiting midges*. London, Chapman & Hall, p1-5
- ELLIOT, J.R. (1994) "An Introduction to Sustainable Development", London and New York, ed. Routledge
- EMAE (2001), dados compilados - <http://www.emae.sp.gov.br>
- ESTEVES, F.A. & TOLENTINO, M. (1986) "Identificação e caracterização de alguns grupos de represas do estado de São

Paulo, com base na composição química dos seu sedimentos". *Cí e Cult.I*, 38: 540-545.

- FATMA – Fundação do Meio Ambiente de Santa Catarina “Padrões de Qualidade das Águas”. Projeto Gerenciamento de Recursos Hídricos em Santa Catarina.
- FONSECA, A. L. (1997). “Avaliação da qualidade da água na bacia do rio Piracicaba/SP através de testes de toxicidade com invertebrados”. São Carlos. 184pp. Tese (Doutorado) Escola de Engenharia de São Carlos – USP
- FÖRSTNER, U.; AHLF, W. & CALMANO, W., (1993) Sediment quality and criteria development in Germany. *Wat. Sci. Tech.*, 28(8-9): 307-316
- FRACÁCIO, R. (2001). “Utilização de bioensaios ecotoxicológicos com *Danio rerio* (Cypriniformes, Cyprinidae) e análises limnológicas para a avaliação ambiental dos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (S.P.)” São Carlos. 233pp. Dissertação (Mestrado) Escola de Engenharia de São Carlos – USP
- FREDAGOLLI, C.H. (1996) Efeito da disponibilidade de alimento e da predação por ninfas de Odonata no crescimento e sobrevivência de larvas de tambaqui, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818). São Carlos, 152p Tese (doutoramento) Universidade Federal de São Carlos.
- GIESY, J.P.; *et al.* (1988). Comparisson of three sediment bioassay methods using Detroit river sediments. *Environ. Toxicol. Chem.* 7:483-498.
- GOLDEMBERG, J.; (2001). Energia, Meio Ambiente e Desenvolvimento, Ed.USP. São Paulo. 235p.

- GRAYMORE, M.; STAGNITTI F.; ALLINSON G.; (2001) Impacts of atrazine in aquatic ecosystems. *Environmental International*, 26. 483-495
- GUCHTE, C. VAN DE.,(1995) Ecological risk assessment of polluted sediments. *European water Pollution Control*, 5(5): 9pp.
- GULLEY D.D ; BOELTER, A .M; BERGMAN, H. L (1994) TOXSTAT 3.4, Departament of Zoology and Physiology, University of Wyoming, Laramie, Wy. Programa Computacional.
- HAMILTON, M.A; RUSSO, R.C; THURTON, R.V (1977). "Trimed Sperman-Karber method for estimating median lethal concentration in toxicity bioassays." *Environ.Sci.Technol.*v.11,n.7,p.714-719.
- HOWARD, P.H., (1989) Ed. Handbook of Environmental Fate and Exposure Data for Organic Chemicals. Pesticides. Lewis Publishers, Chelsea, MI, 8-22
- INGERSOLL, C. G. (1995). Sediment tests. In: RAND, G: M: (ed). *Fundamentals of Aquatic Toxicology*, 2^a edition, Effects, Environment Fate and Risk Assessment. Taylor & Francis, Cap. 8, pp. 231-255.
- JARDIM, W.F.,(1992) A contaminação dos recursos hídricos por esgoto doméstico e industrial. *Qui. Nova*, 15:144-146.
- JÖRGENSEN, S.E. (1990); *Modelling in Ecotoxicology*, Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam.
- KUHLMANN, M.L.; WATANABE, H.M.; (2001) "Avaliação da comunidade bentônica nos sedimentos dos reservatórios do Rio Tietê" Em: I Workshop de Avaliação do Projeto Qualised. Bases técnico-científicas para o desenvolvimento de critérios de qualidade de sedimento: Experimentos de Campo e Laboratório. Mozeto, A.

A.; Jardim, W.F.; Umbuzeiro, G.A. (editores). UFSCar-DQ, 76 páginas.

- Kungolos A.; Samaras P.; Kipopoulou A.M.; *et al.* (1999) Interactive toxic effects of agrochemicals on aquatic organisms WATER SCI TECHNOL 40 (1): 357-364.
- LARINI, L. (1993) Toxicologia. 2ª ed. Manole, São Paulo.
- LEBOULANGER C.; RIMET F.; DE LACOTTE M.H.; *et al.*, (2001). Effects of atrazine and nicosulfuron on freshwater microalgae ENVIRON INT 26 (3): 131-135.
- LEE, C. M. (1980). Aquatic toxicity seminar: curso. São Paulo. CETESB.
- LINDEGAARD, C. (1995) Classification of water-bodies and pollution. IN ARMITAGE, P.; CRANSTON, P.S.; PINDER, L.C.V. eds. *The Chironomidae - The biology and ecology of nonbiting midges*. London, Chapman & Hall, p385-404.
- MELETTI, P. C., (1997) "Avaliação da Qualidade da água e do sedimento na bacia do rio Piracicaba, SP, através de parâmetros ecotoxicológicos", São Carlos 149pp Dissertação (Mestrado) Escola de Engenharia de São Carlos - USP.
- MOORE, J.W.; RAMAMOORTHY, S. (1984) Heavy Metals in Natural Waters: Applied Monitoring and Impact Assessment, 1ª ed. Springer-Verlag, NY
- MOZETO, A. A. & PATELLA, E. (1997) Como avaliar a qualidade da água de mananciais . *Ciência Hoje*, 22(127): 16-19
- MUDROCH, A. & MACKNIGHT S.D. (1994) Handbook of Techniques for Aquatic Sediment Sampling 2nd edition. Lewis Publisher. 235pp.
- MUNAWAR, M.; DERMOTT, R.; MCCARTHY, L. H.; MUNAWAR, H. A. VAN STAM.; (1999) A comparative bioassessment of sediment toxicity

in lentic and lotic ecosystems of the North American Great Lakes. *Aquatic Ecosystem Health and management* 2: 367-378.

- NASCIMENTO, M.R.L.; MOZETO, A.A.; (2001) "Valores de referência para metais pesados e contaminação em sedimentos fluviais e lacustres na bacia do rio Tietê" Em: I Workshop de Avaliação do Projeto Qualised. Bases técnico-científicas para o desenvolvimento de critérios de qualidade de sedimento: Experimentos de Campo e Laboratório. Mozeto, A. A.; Jardim, W.F.; Umbuzeiro, G.A. (editores). UFSCar-DQ, 76 pp.
- NASCIMENTO, L. V. & SPERLING, M. V. (1998). Os padrões brasileiros de qualidade das águas e os critérios para proteção da vida aquática, saúde humana e animal. SANARE. v.10. nº 10. pp. 39-46.
- ODUM, E. P., (1985) Ecologia. Interamericana, Rio de Janeiro, 434 pp.
- PASCHOAL, C.M.B, (2002) "Avaliação ecotoxicológica de sedimentos em reservatórios da bacia do rio Tietê, SP, com ênfase na aplicação do estudo de AIT - avaliação e identificação da Toxicidade. Tese (doutorado) Escola de Engenharia de São Carlos - USP.
- PENNAK, R.W.; (1953) "Freshwater Invertebrates of the United States", The Ronald Press Company, New York, 770 pp.
- PETRERE JR., M. (1996) Fisheries in large tropical reservoirs in South America. *Lakes & Reservoirs: Research and Management* v.2, p.111-133.
- PONÇANO, W.L.; CARNEIRO, C.D.R., BISTRICHI, C.A.; ALMEIDA, F.F.M. & PRADINI, F.L. (1981) *Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo. Escala 1:1000.000*. IPT, Monografias 5:Vol. I Texto 94 pp. Vol. II Mapa.

- POSTEL, S. (1987). Defusing the toxics threat: controlling pesticides and industrial waste. Worldwatch paper 79. Worldwatch Institute, Washington, D.C. 69p.
- QUALISED (2002) dados compilados do Projeto Qualised. <http://lavoisier.dq.ufscar.br/Labs/biogeoquimica/qualised/index.html>
- REMPEL, J.G., (1931), Neue Chironomiden aus Nordosbrasilien *Zool. Anz*, 127:209-216
- REYNOLDSON, T.B.; BAILEY, R.C.; DAY, K.E. & NORRIS, R.H., (1995). Biological guidelines for freshwater sediment on Benthic Assesment of Sediment (the BEAST) using a multivariate approach for predicting biological state. *Austr. J. Ecol.*, 20:198-219
- ROCHA, A.A. (1991) Do lendário Anhembi ao poluído Tietê. EDUSP, São Paulo, 75 pp.
- SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO (1999). Perfil Ambiental do estado de São Paulo, CD-ROM.
- SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS, SANEAMENTO E OBRAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (2001). Bacias Hidrográficas. <http://www.recursoshidricos.sp.gov.br/> (23/05/2001).
- SEELYE, J. G. & MAC, M. J. (1984). Bioaccumulation of toxic substances associated with dredging and dredged material disposal. A literature review.
- SILVÉRIO, P.F.; MOZETO, A.A.;(em prep.) "Bases Técnico-Científicas para o desenvolvimento de Critérios de Qualidade de Sedimento (CQS) de Metais Pesados: Experimentos de Campo e Laboratório", coordenação do Qualised.
- SILVÉRIO, P.F.; MOZETO, A.A.;(2001) "Bases Técnico-Científicas para o desenvolvimento de Critérios de Qualidade de Sedimento

(CQS) de Metais Pesados: Experimentos de Campo e Laboratório”
Em: I Workshop de Avaliação do Projeto Qualised. Bases
técnico-científicas para o desenvolvimento de critérios de
qualidade de sedimento: Experimentos de Campo e Laboratório.
Mozeto, A. A.; Jardim, W.F.; Umbuzeiro, G.A. (editores).
UFSCar-DQ, 76 pp.

- SINGER, P.C., (1973) “Trace Metals and Metal-Organic Interactions in Natural Waters”, Ann Arbor science publisher, Michigan 380 pp.
- SOARES, A.; MOZETO, A.A., (*em prep.*) Parâmetros limnológicos dos reservatórios do rio Tietê, coordenação Qualised.
- STEVENS, J. T. AND SUMNER, D. D (1991). Herbicides. In: *Handbook of Pesticide Toxicology*. Hayes, W. J., Jr. and Laws, E. R., Jr., Eds. Academic Press, New York, NY, p. 8-4
- STRIXINO, S., (1980) Estudos sobre a fecundidade de *Chironomus sancarlensis* sp (Diptera: Chironomidae). São Paulo 157p. Tese (doutoramento) – Universidade Federal de São Carlos.
- STRIXINO, T.S. & STRIXINO G., (1982) Ciclo de vida de *Chironomus sancticaroli* Strixino & Strixino, (Diptera: Chironomidae). *Revta. Bras. Ent.* 26(2):183-189
- THORP, J.H. & COVICH, A.P.; (1991) “North American Freshwater Invertebrates”, Academic Press Inc., San Diego 912pp.
- TONISSI, F.B., (1999) Avaliação Ecotoxicológica do Reservatório de Salto Grande, Americana (SP), como subsídio para a análise da Qualidade Ambiental. São Carlos 137p. Dissertação (mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos – USP.
- UNEP – UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (1992). Chemical pollution: a global overview. Geneva, 105p.

- USEPA - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (2001a). Streamlined Water-Effect Ratio Procedure for Discharges of Copper. Washington, D.C., 41 pp.
- USEPA - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (2001b). AMBIENT AQUATIC LIFE WATER QUALITY CRITERIA FOR ATRAZINE. Washington, D.C., 67 pp.
- USEPA - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (2000). USEPA/600/R-94/024. METHODS FOR MEASURING THE TOXICITY AND BIOACCUMULATION OF SEDIMENT ASSOCIATED CONTAMINANTS WITH FRESHWATER INVERTEBRATES. Washington, D.C., 133 pp.
- USEPA - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (2000b). UPDATE OF AMBIENT WATER QUALITY CRITERIA FOR CADMIUM. Washington, D.C., 357 pp.
- USEPA - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (1993). USEPA/600/4-90/027f. METHODS FOR MEASURING THE ACUTE TOXICITY OF EFFLUENTS AND RECEIVING WATERS TO FRESHWATER AND MARINE ORGANISMS. Cincinnati, Ohio, 273 pp.
- USEPA - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (1985). USEPA/600/4 -85/014. Short-term methods for estimating the chronic toxicity of effluents and receiving waters to freshwater organisms. Cincinnati, Ohio, 162 pp
- USEPA - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (1984). AMBIENT AQUATIC LIFE WATER QUALITY CRITERIA FOR CHROMIUM. Cincinnati, Ohio, 107 pp
- WAUCHOPE, R. D., BUTTLER, T. M., HORNSBY A. G., AUGUSTIJN-BECKERS, P. W. M. AND BURT, J. P., (1992) SCS/ARS/CES Pesticide properties database for environmental decisionmaking. Rev. Environ. Contam. Toxicol. 123: 1-157, 8-21

- WEBER, P. S.; (1998) Água, o ouro do século XXI. SANARE. v.10. n° 10. P. 39-46.
- ZOJER, H.; (1998) Uso sustentado de recursos hídricos – manejo e tecnologia. SANARE v.10. n° 10. pp. 39-46.