**Universidade de São Paulo
Faculdade de Saúde Pública**

**A presença de metais e compostos químicos
orgânicos nas águas superficiais e nos
sedimentos do Rio Tietê**

Ana Paula Silva Campos

Tese apresentada ao Programa de Pós-
Graduação em Saúde Pública para
obtenção do título de Doutor em Ciências.

Área de concentração: Saúde Ambiental

Orientador: Prof. Dr. Wanderley da Silva
Paganini

São Paulo
2012

A presença de metais e compostos químicos orgânicos nas águas superficiais e nos sedimentos do Rio Tietê

Ana Paula Silva Campos

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Saúde Pública da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Ciências.

Área de concentração: Saúde Ambiental

Orientador: Prof. Dr. Wanderley da Silva Paganini

São Paulo
2012

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na sua forma impressa, como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da tese.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, à minha família: meu pai (*in memorian*), minha mãe, meus irmãos, enfim, por todos familiares e amigos que me incentivaram nesta jornada.

Ao orientador Professor Doutor e Livre Docente Wanderley da Silva Paganini da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo e a todos os companheiros do grupo de orientação por ele coordenado, em especial a Claudia Gomes Quevedo, Cristiano Kenji Iwai e Miriam Moreira Bocchiglieri, que foram fundamentais para a conclusão da pesquisa.

Aos membros titulares da banca examinadora: Prof. Dr. Pedro Caetano Sanches Mancuso e Prof. Dr. José Luiz Negrão Mucci, Dr. Cristiano Kenji Iwai e Dr. Elton Gloeden, bem como aos membros suplentes: Prof. Dra. Wanda Maria Risso Gunther, Dra. Miriam Moreira Bocchiglieri, Dra. Carmen Lucia Vergueiro Midaglia, Dra. Maria Inês Zanolli Sato e Prof. Dr. Sidney Seckler Ferreira Filho.

Agradecimentos aos colegas e profissionais da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB que contribuíram direta ou indiretamente para a execução desta pesquisa: Carmen Lucia Vergueiro Midaglia, Claudia Conde Lamparelli, Dirceu Matheus Junior, Francisco Jorge Ferreira, Guerino Colla, Lupércio Reis Gonçalves, Manoel da Silva, Meron Petro Zajac, Nelson Menegon Junior, Nelson Tadeu Augusto da Fonseca, Neusa Akemi Niwa, Roseli de Paula, Sonia Teresinha Barbosa, Yoshio Yanagi.

À Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo – USP e Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB pela oportunidade e importantes informações disponibilizadas para o desenvolvimento desta tese.

RESUMO

Campos, A.P.S. **A presença de metais e compostos químicos orgânicos nas águas superficiais e nos sedimentos do Rio Tietê**. São Paulo; 2012. [Tese de Doutorado – Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo].

A água é recurso natural essencial à vida, indispensável à produção e ao desenvolvimento socioeconômico, que vem sofrendo degradações, por influências antrópicas, diferentes formas de uso e ocupação do meio físico, e por fatores como crescimento populacional, industrialização e urbanização. Esta pesquisa foi realizada com o objetivo de avaliar a evolução temporal e espacial da presença dos metais pesados alumínio, cádmio, chumbo, cobre, cromo, mercúrio, níquel e zinco, e dos compostos químicos orgânicos pesticidas organoclorados, hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) e bifenilas policloradas (PCB), na qualidade das águas e dos sedimentos nas bacias hidrográficas do Rio Tietê, principal recurso hídrico do Estado de São Paulo. O período abrangido pela pesquisa considerou os dados disponibilizados nos relatórios de qualidade das águas superficiais do Estado de São Paulo da Rede de Monitoramento operada pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB, do período de 1978 a 2010, de 46 pontos de amostragem do compartimento água, e de 14 pontos do compartimento sedimento. Para a água foram consideradas as médias anuais calculadas a partir dos valores bimestrais, e para o sedimento foram considerados os valores anuais disponíveis nos relatórios. A análise dos resultados obtidos revelou que houve avanços positivos na qualidade das águas ao longo do tempo e da distribuição geográfica, com relação aos metais pesados, uma vez que, dos elementos analisados apenas o alumínio demonstrou tendências crescentes de concentrações no compartimento água e principalmente nos afluentes da Região Metropolitana de São Paulo e da região do Médio Tietê. Os demais metais demonstraram tendências estáveis ou decrescentes. Dos compostos orgânicos não foi possível concluir tendências de comportamento na água, pois o monitoramento é predominante no compartimento sedimento. Para este compartimento, foi possível concluir que os metais pesados demonstram acumulação, principalmente em pontos do trecho metropolitano. Dos compostos orgânicos, há evidências de acumulação dos HPA: Fluoranteno, Benzo(a)antraceno, Benzo(b)fluoranteno e Benzo(a)pireno nos

Reservatórios Pirapora e Barra Bonita. Dos pesticidas organoclorados foi detectada presença de Alfa e Beta HCH, DDT, DDD, DDE e Metoxicloro no trecho metropolitano, e DDE no Reservatório Três Irmãos, trecho do Baixo Tietê. Das PCB estão registrados apenas limites de quantificação do composto, o que provavelmente demonstra controle satisfatório deste tipo de poluente. A condição favorável observada no monitoramento das águas pode ser atribuída às ações do saneamento, aos trabalhos voltados à prevenção e controle de fontes de poluição e padronização de metodologias utilizadas nas análises laboratoriais. A preservação da qualidade das águas deve ser prioridade e alvo de intensas e constantes ações integradas de iniciativas mantidas e aperfeiçoadas permanentemente pelo poder público, privado e sociedade, por meio de programas de prevenção, controle, fiscalização e desenvolvimento de ações na área de educação ambiental, com a implementação de políticas públicas eficientes e medidas responsáveis com o meio ambiente, para proteger os recursos hídricos das ações antrópicas, a fim de garantir crescimento socioeconômico com qualidade de vida e melhores condições ambientais e de saúde pública.

Descritores: Rio Tietê. Qualidade da água. Qualidade do sedimento. Condições Sanitárias e Ambientais.

ABSTRACT

Campos, A.P.S. **Presence of metals and organic chemical compounds in surface waters and sediments of the Tiete River.** São Paulo; 2012. [Doctoral Thesis - School of Public Health – University of São Paulo].

Water is a natural resource vital to life, essential to the production and socioeconomic development, which has suffered degradation by anthropogenic influences, different forms of land use and physical environment, and factors such as population growth, industrialization and urbanization. This research was conducted to evaluate temporal and spatial evolution of the presence of the heavy metals aluminum, cadmium, lead, copper, chromium, mercury, nickel and zinc, and of the organic chemicals: organochlorine pesticides, polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) and polychlorinated biphenyls (PCBs) in water and sediments quality in the Tiete River basins, the main water resource of the Sao Paulo State. The period covered by the survey considered the data provided in reports of surface waters quality of the Monitoring Network in São Paulo State operated by the Environmental Company of São Paulo – CETESB, the period from 1978 to 2010, 46 sampling points in the water compartment and 14 in the sediment compartment. For water were considered the annual averages calculated from the values bimonthly, and for the sediment was considered the annual reports available. The results obtained revealed that there were positive improvements in water quality over time and the geographical distribution with respect to heavy metals, since only the elements analyzed aluminum concentrations rising trends shown in the compartment and especially in water tributaries of the São Paulo Metropolitan Region and the Middle Tiete. The other metals showed stable or decreasing trends. Organic compounds could not complete behavioral tendencies in the water, because the monitoring is predominant in the sediment compartment. To this chamber, it was concluded that the heavy metals demonstrate accumulation, especially at points of the underground passage. Organic compounds, there is evidence of accumulation of PAH: fluoranthene, benzo(a)anthracene, benzo(b)fluoranthene, benzo(a)pyrene in Pirapora and Barra Bonita Reservoir. Organochlorine pesticides were detected presence of Alpha and Beta HCH, DDT, DDD, DDE and Methoxychlor in the passage underground, and DDE in Três Irmãos Reservoir, a stretch of the Lower Tiete. Of the PCB are recorded only traces of the compound, which shows a satisfactory control

of this type of pollutant. The favorable condition observed in the monitoring of water can be attributed to the sanitation actions, the work focused on the prevention and control of pollution sources and methodologies standardization used in laboratory tests. The preservation of water quality should be a priority and the target of intense and constant as integrated initiatives and improved continuously maintained by the public, private and society, through prevention, control, supervision programs and development activities in the area of environmental education with the implementation of efficient public policies and actions responsible for the environment, to protect water resources of the human actions, to ensure social and economic growth with quality of life and better environmental conditions and public health.

Key words: Tiete River. Water quality. Sediment quality. Sanitary and environmental conditions.

ÍNDICE

1.	INTRODUÇÃO	1
2.	OBJETIVOS	4
2.1.	OBJETIVO GERAL	4
2.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
3.	REVISÃO DA LITERATURA	5
3.1.	ÁGUA COMO BEM ESSENCIAL À VIDA	5
3.2.	PROCESSOS DE TRANSFORMAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS	7
3.3.	ASPECTOS LEGAIS	9
3.3.1.	ASPECTOS LEGAIS PARA GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS	9
3.3.2.	ASPECTOS LEGAIS – SEDIMENTOS	12
3.4.	CARACTERIZAÇÃO DO ESTADO DE SÃO PAULO	13
3.5.	MONITORAMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS	16
3.5.1.	REDE DE MONITORAMENTO – ASPECTOS HISTÓRICOS	18
3.5.2.	ÍNDICES DE QUALIDADE	21
3.5.3.	PONTOS DE AMOSTRAGEM NAS UGRHI – UNIDADES DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS	22
3.6.	O RIO TIETÊ NO ESTADO DE SÃO PAULO.....	26
3.6.1.	O PROJETO TIETÊ NO ESTADO DE SÃO PAULO.....	31
3.7.	CARACTERIZAÇÃO DAS UGRHI QUE COMPÕEM O RIO TIETÊ	33
3.7.1.	UGRHI 6 – ALTO TIETÊ	34
3.7.2.	UGRHI 5 – PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ.....	35
3.7.3.	UGRHI 10 – SOROCABA/MÉDIO TIETÊ	37
3.7.4.	UGRHI 13 – TIETÊ/JACARÉ	38
3.7.5.	UGRHI 16 – TIETÊ/BATALHA	40
3.7.6.	UGRHI 19 – BAIXO TIETÊ.....	41
3.8.	VARIÁVEIS DE QUALIDADE DAS ÁGUAS E DOS SEDIMENTOS	42
3.8.1.	DINÂMICA DOS MECANISMOS DE TRANSPORTE DE POLUENTES – FASE LÍQUIDA / FASE SÓLIDA.....	43
3.8.2.	PRESENÇA DE METAIS NA ÁGUA E NO SEDIMENTO	45
3.8.3.	PRESENÇA DE COMPOSTOS ORGÂNICOS NA ÁGUA E NO SEDIMENTO.....	57
4.	MATERIAL E MÉTODOS	66
4.1.	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA OBJETO DE ESTUDO	70
4.2.	LEVANTAMENTO E TRATAMENTO DOS DADOS	71
4.2.1.	PONTOS DE AMOSTRAGEM	76
5.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	97
5.1.	RESULTADOS DOS METAIS PESADOS EM ÁGUA E SEDIMENTO	100
5.1.1.	RESULTADOS E AVALIAÇÃO DO ALUMÍNIO.....	100
5.1.2.	RESULTADOS E AVALIAÇÃO DO CÁDMIO	113
5.1.3.	RESULTADOS E AVALIAÇÃO DO CHUMBO.....	121
5.1.4.	RESULTADOS E AVALIAÇÃO DO COBRE	130
5.1.5.	RESULTADOS E AVALIAÇÃO DO CROMO.....	144
5.1.6.	RESULTADOS E AVALIAÇÃO DO MERCÚRIO.....	152
5.1.7.	RESULTADOS E AVALIAÇÃO DO NÍQUEL.....	161
5.1.8.	RESULTADOS E AVALIAÇÃO DO ZINCO.....	170
5.2.	RESULTADOS DOS HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (HPA)	181
5.2.1.	HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (HPA) NO COMPARTIMENTO ÁGUA	181
5.2.2.	HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (HPA) NO COMPARTIMENTO SEDIMENTO.....	183
5.2.3.	CONSIDERAÇÕES.....	216

5.3.	RESULTADOS DOS PESTICIDAS ORGANOCLORADOS.....	216
5.3.1.	PESTICIDAS ORGANOCLORADOS NO COMPARTIMENTO ÁGUA	218
5.3.2.	PESTICIDAS ORGANOCLORADOS NO COMPARTIMENTO SEDIMENTO	220
5.3.3.	CONSIDERAÇÕES.....	264
5.4.	RESULTADOS DAS BIFENILAS POLICLORADAS (PCB)	264
5.4.1.	BIFENILAS POLICLORADAS (PCB) NO COMPARTIMENTO ÁGUA.....	265
5.4.2.	BIFENILAS POLICLORADAS (PCB) NO COMPARTIMENTO SEDIMENTO.....	265
5.4.3.	CONSIDERAÇÕES.....	281
6.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	282
7.	REFERÊNCIAS.....	288
8.	ANEXOS	299
8.1.	CURRÍCULO LATTES – PORTARIA CPG/03/08	299

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	– DISTRIBUIÇÃO DA ÁGUA NO PLANETA TERRA	6
FIGURA 2	– EVOLUÇÃO DA POPULAÇÃO, INDÚSTRIA E ÁREAS CONTAMINADAS NO ESTADO DE SÃO PAULO	9
FIGURA 3	– DIVISÃO E CLASSIFICAÇÃO DAS UGRHI	14
FIGURA 4	– EVOLUÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM NA REDE DE MONITORAMENTO BÁSICA E DE SEDIMENTO, OPERADA PELA CETESB	18
FIGURA 5	– DISTRIBUIÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM NAS UGRHIS	25
FIGURA 6	– AS DIFERENTES FACES DO RIO TIETÊ	30
FIGURA 7	– SITUAÇÃO ATUAL E ESPERADA ATÉ 2020 COM O PROJETO TIETÊ	32
FIGURA 8	– MAPA ESQUEMÁTICO DA UGRHI 6 – ALTO TIETÊ	35
FIGURA 9	– MAPA ESQUEMÁTICO DA UGRHI 5 – PIRACICABA/CAPIVARI/JUNDIAÍ	37
FIGURA 10	– MAPA ESQUEMÁTICO DA UGRHI 10 – SOROCABA/MÉDIO TIETÊ	38
FIGURA 11	– MAPA ESQUEMÁTICO DA UGRHI 13 – TIETÊ / JACARÉ	39
FIGURA 12	– MAPA ESQUEMÁTICO DA UGRHI 16 – TIETÊ/BATALHA	41
FIGURA 13	– MAPA ESQUEMÁTICO DA UGRHI 19 – BAIXO TIETÊ	42
FIGURA 14	– MAPA ESQUEMÁTICO DA ÁREA OBJETO DE ESTUDO DESTA PESQUISA.	71
FIGURA 15	– DIAGRAMA UNIFILAR DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM UTILIZADOS PARA ANÁLISE DO COMPARTIMENTO ÁGUA	78
FIGURA 16	– DIAGRAMA UNIFILAR DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM UTILIZADOS PARA ANÁLISE DO COMPARTIMENTO SEDIMENTO	91

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1	– SUPERFÍCIE TRIDIMENSIONAL DOS RESULTADOS DE ALUMÍNIO DISSOLVIDO EM ÁGUA NO PERÍODO DE 1978 A 2010.....	101
GRÁFICO 2	– CONTORNO DELINEADO DOS RESULTADOS DE ALUMÍNIO DISSOLVIDO EM ÁGUA NO PERÍODO DE 1978 A 2010.....	102
GRÁFICO 3	– COMPARATIVO DE MÉDIAS DA VARIÁVEL ALUMÍNIO DISSOLVIDO EM ÁGUA.....	103
GRÁFICO 4	– SUPERFÍCIE TRIDIMENSIONAL DOS RESULTADOS DE ALUMÍNIO TOTAL EM ÁGUA NO PERÍODO DE 1978 A 2010.....	105
GRÁFICO 5	– CONTORNO DELINEADO DOS RESULTADOS DE ALUMÍNIO TOTAL EM ÁGUA NO PERÍODO DE 1978 A 2010.....	106
GRÁFICO 6	– COMPARATIVO DE MÉDIAS DA VARIÁVEL ALUMÍNIO TOTAL EM ÁGUA.....	107
GRÁFICO 7	– SUPERFÍCIE TRIDIMENSIONAL DOS RESULTADOS DE ALUMÍNIO EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010.....	109
GRÁFICO 8	– CONTORNO DELINEADO DOS RESULTADOS DE ALUMÍNIO EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010.....	110
GRÁFICO 9	– SUPERFÍCIE TRIDIMENSIONAL DOS RESULTADOS DE CÁDMIO EM ÁGUA NO PERÍODO DE 1978 A 2010.....	114
GRÁFICO 10	– CONTORNO DELINEADO DOS RESULTADOS DE CÁDMIO EM ÁGUA NO PERÍODO DE 1978 A 2010.....	115
GRÁFICO 11	– COMPARATIVO DE MÉDIAS DA VARIÁVEL CÁDMIO EM ÁGUA.....	116
GRÁFICO 12	– SUPERFÍCIE TRIDIMENSIONAL DOS RESULTADOS DE CÁDMIO EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010.....	118
GRÁFICO 13	– CONTORNO DELINEADO DOS RESULTADOS DE CÁDMIO EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010.....	119
GRÁFICO 14	– SUPERFÍCIE TRIDIMENSIONAL DOS RESULTADOS DE CHUMBO EM ÁGUA NO PERÍODO DE 1978 A 2010.....	122
GRÁFICO 15	– CONTORNO DELINEADO DOS RESULTADOS DE CHUMBO EM ÁGUA NO PERÍODO DE 1978 A 2010.....	123
GRÁFICO 16	– COMPARATIVO DE MÉDIAS DA VARIÁVEL CHUMBO EM ÁGUA.....	124
GRÁFICO 17	– SUPERFÍCIE TRIDIMENSIONAL DOS RESULTADOS DE CHUMBO EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010.....	127
GRÁFICO 18	– CONTORNO DELINEADO DOS RESULTADOS DE CHUMBO EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010.....	128
GRÁFICO 19	– SUPERFÍCIE TRIDIMENSIONAL DOS RESULTADOS DE COBRE DISSOLVIDO EM ÁGUA NO PERÍODO DE 1978 A 2010.....	131
GRÁFICO 20	– CONTORNO DELINEADO DOS RESULTADOS DE COBRE DISSOLVIDO EM ÁGUA NO PERÍODO DE 1978 A 2010.....	132
GRÁFICO 21	– COMPARATIVO DE MÉDIAS DA VARIÁVEL COBRE DISSOLVIDO EM ÁGUA.....	133
GRÁFICO 22	– SUPERFÍCIE TRIDIMENSIONAL DOS RESULTADOS DE COBRE TOTAL EM ÁGUA NO PERÍODO DE 1978 A 2010.....	135
GRÁFICO 23	– CONTORNO DELINEADO DOS RESULTADOS DE COBRE TOTAL EM ÁGUA NO PERÍODO DE 1978 A 2010.....	136
GRÁFICO 24	– COMPARATIVO DE MÉDIAS DA VARIÁVEL COBRE TOTAL EM ÁGUA.....	137
GRÁFICO 25	– SUPERFÍCIE TRIDIMENSIONAL DOS RESULTADOS DE COBRE EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010.....	139
GRÁFICO 26	– CONTORNO DELINEADO DOS RESULTADOS DE COBRE EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010.....	140

GRÁFICO 27	– SUPERFÍCIE TRIDIMENSIONAL DOS RESULTADOS DE CROMO EM ÁGUA NO PERÍODO DE 1978 A 2010.....	145
GRÁFICO 28	– CONTORNO DELINEADO DOS RESULTADOS DE CROMO EM ÁGUA NO PERÍODO DE 1978 A 2010	146
GRÁFICO 29	– COMPARATIVO DE MÉDIAS DA VARIÁVEL CROMO EM ÁGUA	147
GRÁFICO 30	– SUPERFÍCIE TRIDIMENSIONAL DOS RESULTADOS DE CROMO EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010.....	149
GRÁFICO 31	– CONTORNO DELINEADO DOS RESULTADOS DE CROMO EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010.....	150
GRÁFICO 32	– SUPERFÍCIE TRIDIMENSIONAL DOS RESULTADOS DE MERCÚRIO EM ÁGUA NO PERÍODO DE 1978 A 2010.....	155
GRÁFICO 33	– CONTORNO DELINEADO DOS RESULTADOS DE MERCÚRIO EM ÁGUA NO PERÍODO DE 1978 A 2010.....	155
GRÁFICO 34	– COMPARATIVO DE MÉDIAS DA VARIÁVEL MERCÚRIO EM ÁGUA	156
GRÁFICO 35	– SUPERFÍCIE TRIDIMENSIONAL DOS RESULTADOS DE MERCÚRIO EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010.....	158
GRÁFICO 36	– CONTORNO DELINEADO DOS RESULTADOS DE MERCÚRIO EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010.....	159
GRÁFICO 37	– SUPERFÍCIE TRIDIMENSIONAL DOS RESULTADOS DE NÍQUEL EM ÁGUA NO PERÍODO DE 1978 A 2010.....	163
GRÁFICO 38	– CONTORNO DELINEADO DOS RESULTADOS DE NÍQUEL EM ÁGUA NO PERÍODO DE 1978 A 2010	164
GRÁFICO 39	– COMPARATIVO DE MÉDIAS DA VARIÁVEL NÍQUEL EM ÁGUA	165
GRÁFICO 40	– SUPERFÍCIE TRIDIMENSIONAL DOS RESULTADOS DE NÍQUEL EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010.....	167
GRÁFICO 41	– CONTORNO DELINEADO DOS RESULTADOS DE NÍQUEL EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010.....	168
GRÁFICO 42	– SUPERFÍCIE TRIDIMENSIONAL DOS RESULTADOS DE ZINCO EM ÁGUA NO PERÍODO DE 1978 A 2010.....	172
GRÁFICO 43	– CONTORNO DELINEADO DOS RESULTADOS DE ZINCO EM ÁGUA NO PERÍODO DE 1978 A 2010	173
GRÁFICO 44	– COMPARATIVO DE MÉDIAS DA VARIÁVEL ZINCO EM ÁGUA	174
GRÁFICO 45	– SUPERFÍCIE TRIDIMENSIONAL DOS RESULTADOS DE ZINCO EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010.....	177
GRÁFICO 46	– CONTORNO DELINEADO DOS RESULTADOS DE ZINCO EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010.....	177
GRÁFICO 47	– GRÁFICO DOS RESULTADOS DE HPA EM ÁGUA DO PERÍODO DE 1978 A 2010 ..	182
GRÁFICO 48	– SUPERFÍCIE TRIDIMENSIONAL DOS RESULTADOS DE HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (HPA) – ACENAFTENO EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010	185
GRÁFICO 49	– CONTORNO DELINEADO DOS RESULTADOS DE HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (HPA) – ACENAFTENO EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010	186
GRÁFICO 50	– SUPERFÍCIE TRIDIMENSIONAL DOS RESULTADOS DE HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (HPA) – ANTRACENO EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010	188
GRÁFICO 51	– CONTORNO DELINEADO DOS RESULTADOS DE HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (HPA) – ANTRACENO EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010	188

GRÁFICO 52	– SUPERFÍCIE TRIDIMENSIONAL DOS RESULTADOS DE HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (HPA) – CRISENO EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010.....	190
GRÁFICO 53	– CONTORNO DELINEADO DOS RESULTADOS DE HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (HPA) – CRISENO EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010.....	190
GRÁFICO 54	– SUPERFÍCIE TRIDIMENSIONAL DOS RESULTADOS DE HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (HPA) – FENANTRENO EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010.....	192
GRÁFICO 55	– CONTORNO DELINEADO DOS RESULTADOS DE HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (HPA) – FENANTRENO EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010.....	192
GRÁFICO 56	– SUPERFÍCIE TRIDIMENSIONAL DOS RESULTADOS DE HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (HPA) – FLUORANTENO EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010.....	194
GRÁFICO 57	– CONTORNO DELINEADO DOS RESULTADOS DE HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (HPA) – FLUORANTENO EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010.....	194
GRÁFICO 58	– SUPERFÍCIE TRIDIMENSIONAL DOS RESULTADOS DE HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (HPA) – FLUORENO EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010.....	196
GRÁFICO 59	– CONTORNO DELINEADO DOS RESULTADOS DE HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (HPA) – FLUORENO EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010.....	196
GRÁFICO 60	– SUPERFÍCIE TRIDIMENSIONAL DOS RESULTADOS DE HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (HPA) – NAFTALENO EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010.....	198
GRÁFICO 61	– CONTORNO DELINEADO DOS RESULTADOS DE HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (HPA) – NAFTALENO EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010.....	198
GRÁFICO 62	– SUPERFÍCIE TRIDIMENSIONAL DOS RESULTADOS DE HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (HPA) – PIRENO EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010.....	200
GRÁFICO 63	– CONTORNO DELINEADO DOS RESULTADOS DE HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (HPA) – PIRENO EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010.....	200
GRÁFICO 64	– SUPERFÍCIE TRIDIMENSIONAL DOS RESULTADOS DE HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (HPA) – BENZO(A)ANTRACENO EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010.....	202
GRÁFICO 65	– CONTORNO DELINEADO DOS RESULTADOS DE HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (HPA) – BENZO(A)ANTRACENO EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010.....	202
GRÁFICO 66	– SUPERFÍCIE TRIDIMENSIONAL DOS RESULTADOS DE HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (HPA) – BENZO(A)PIRENO EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010.....	204
GRÁFICO 67	– CONTORNO DELINEADO DOS RESULTADOS DE HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (HPA) – BENZO(A)PIRENO EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010.....	204
GRÁFICO 68	– SUPERFÍCIE TRIDIMENSIONAL DOS RESULTADOS DE HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (HPA) – BENZO(B)FLUORANTENO EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010.....	206

GRÁFICO 69	– CONTORNO DELINEADO DOS RESULTADOS DE HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (HPA) – BENZO(B)FLUORANTENO EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010.....	206
GRÁFICO 70	– SUPERFÍCIE TRIDIMENSIONAL DOS RESULTADOS DE HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (HPA) – BENZO(G,H,I)PERILENO EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010.....	208
GRÁFICO 71	– CONTORNO DELINEADO DOS RESULTADOS DE HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (HPA) – BENZO(G,H,I)PERILENO EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010.....	208
GRÁFICO 72	– SUPERFÍCIE TRIDIMENSIONAL DOS RESULTADOS DE HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (HPA) – BENZO(K)FLUORANTENO EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010.....	210
GRÁFICO 73	– CONTORNO DELINEADO DOS RESULTADOS DE HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (HPA) – BENZO(K)FLUORANTENO EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010.....	210
GRÁFICO 74	– SUPERFÍCIE TRIDIMENSIONAL DOS RESULTADOS DE HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (HPA) – DIBENZO(A,H)ANTRACENO EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010.....	212
GRÁFICO 75	– CONTORNO DELINEADO DOS RESULTADOS DE HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (HPA) – DIBENZO(A,H)ANTRACENO EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010.....	212
GRÁFICO 76	– SUPERFÍCIE TRIDIMENSIONAL DOS RESULTADOS DE HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (HPA) – INDENO(1,2,3-CD)PIRENO EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010.....	214
GRÁFICO 77	– CONTORNO DELINEADO DOS RESULTADOS DE HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (HPA) – INDENO(1,2,3-CD)PIRENO EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010.....	214
GRÁFICO 78	– GRÁFICO DOS RESULTADOS DE PESTICIDAS ORGANOCLORADOS EM ÁGUA DO PERÍODO DE 1978 A 2010.....	218
GRÁFICO 79	– SUPERFÍCIE TRIDIMENSIONAL DOS RESULTADOS DE PESTICIDAS ORGANOCLORADOS – ALDRIN EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010.....	222
GRÁFICO 80	– CONTORNO DELINEADO DOS RESULTADOS DE PESTICIDAS ORGANOCLORADOS – ALDRIN EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010.....	222
GRÁFICO 81	– SUPERFÍCIE TRIDIMENSIONAL DOS RESULTADOS DE PESTICIDAS ORGANOCLORADOS – DIELDRIN EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010....	224
GRÁFICO 82	– CONTORNO DELINEADO DOS RESULTADOS DE PESTICIDAS ORGANOCLORADOS – DIELDRIN EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010....	224
GRÁFICO 83	– SUPERFÍCIE TRIDIMENSIONAL DOS RESULTADOS DE PESTICIDAS ORGANOCLORADOS – ALFA BHC (HCH) EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010.....	226
GRÁFICO 84	– CONTORNO DELINEADO DOS RESULTADOS DE PESTICIDAS ORGANOCLORADOS – ALFA BHC (HCH) EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010.....	226
GRÁFICO 85	– SUPERFÍCIE TRIDIMENSIONAL DOS RESULTADOS DE PESTICIDAS ORGANOCLORADOS – BETA BHC (HCH) EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010.....	228
GRÁFICO 86	– CONTORNO DELINEADO DOS RESULTADOS DE PESTICIDAS ORGANOCLORADOS – BETA BHC (HCH) EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010.....	228
GRÁFICO 87	– SUPERFÍCIE TRIDIMENSIONAL DOS RESULTADOS DE PESTICIDAS ORGANOCLORADOS – DELTA BHC (HCH) EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010.....	230

GRÁFICO 88	– CONTORNO DELINEADO DOS RESULTADOS DE PESTICIDAS ORGANOCLORADOS – DELTA BHC (HCH) EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010.....	230
GRÁFICO 89	– SUPERFÍCIE TRIDIMENSIONAL DOS RESULTADOS DE PESTICIDAS ORGANOCLORADOS – LINDANO (GAMA-HCH) EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010.....	232
GRÁFICO 90	– CONTORNO DELINEADO DOS RESULTADOS DE PESTICIDAS ORGANOCLORADOS – LINDANO (GAMA-HCH) EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010.....	232
GRÁFICO 91	– SUPERFÍCIE TRIDIMENSIONAL DOS RESULTADOS DE PESTICIDAS ORGANOCLORADOS – CIS-CLORDANO EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010	234
GRÁFICO 92	– CONTORNO DELINEADO DOS RESULTADOS DE PESTICIDAS ORGANOCLORADOS – CIS-CLORDANO EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010	234
GRÁFICO 93	– SUPERFÍCIE TRIDIMENSIONAL DOS RESULTADOS DE PESTICIDAS ORGANOCLORADOS – TRANS-CLORDANO EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010.....	236
GRÁFICO 94	– CONTORNO DELINEADO DOS RESULTADOS DE PESTICIDAS ORGANOCLORADOS – TRANS-CLORDANO EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010.....	236
GRÁFICO 95	– SUPERFÍCIE TRIDIMENSIONAL DOS RESULTADOS DE PESTICIDAS ORGANOCLORADOS – DDD EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010	238
GRÁFICO 96	– CONTORNO DELINEADO DOS RESULTADOS DE PESTICIDAS ORGANOCLORADOS – DDD EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010	238
GRÁFICO 97	– SUPERFÍCIE TRIDIMENSIONAL DOS RESULTADOS DE PESTICIDAS ORGANOCLORADOS – DDT EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010	240
GRÁFICO 98	– CONTORNO DELINEADO DOS RESULTADOS DE PESTICIDAS ORGANOCLORADOS – DDT EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010	240
GRÁFICO 99	– SUPERFÍCIE TRIDIMENSIONAL DOS RESULTADOS DE PESTICIDAS ORGANOCLORADOS – DDE EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010	242
GRÁFICO 100	– CONTORNO DELINEADO DOS RESULTADOS DE PESTICIDAS ORGANOCLORADOS – DDE EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010	242
GRÁFICO 101	– SUPERFÍCIE TRIDIMENSIONAL DOS RESULTADOS DE PESTICIDAS ORGANOCLORADOS – ENDOSULFAN I EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010	244
GRÁFICO 102	– CONTORNO DELINEADO DOS RESULTADOS DE PESTICIDAS ORGANOCLORADOS – ENDOSULFAN I EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010	244
GRÁFICO 103	– SUPERFÍCIE TRIDIMENSIONAL DOS RESULTADOS DE PESTICIDAS ORGANOCLORADOS – ENDOSULFAN II EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010	246
GRÁFICO 104	– CONTORNO DELINEADO DOS RESULTADOS DE PESTICIDAS ORGANOCLORADOS – ENDOSULFAN II EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010	246
GRÁFICO 105	– SUPERFÍCIE TRIDIMENSIONAL DOS RESULTADOS DE PESTICIDAS ORGANOCLORADOS – ENDOSULFAN SULFATO EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010.....	248
GRÁFICO 106	– CONTORNO DELINEADO DOS RESULTADOS DE PESTICIDAS ORGANOCLORADOS – ENDOSULFAN SULFATO EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010.....	248
GRÁFICO 107	– SUPERFÍCIE TRIDIMENSIONAL DOS RESULTADOS DE PESTICIDAS ORGANOCLORADOS – ENDRIN EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010	250

GRÁFICO 108	– SUPERFÍCIE TRIDIMENSIONAL DOS RESULTADOS DE PESTICIDAS ORGANOCLORADOS – ENDRIN EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010	250
GRÁFICO 109	– SUPERFÍCIE TRIDIMENSIONAL DOS RESULTADOS DE PESTICIDAS ORGANOCLORADOS – HEPTACLORO EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010	252
GRÁFICO 110	– SUPERFÍCIE TRIDIMENSIONAL DOS RESULTADOS DE PESTICIDAS ORGANOCLORADOS – HEPTACLORO EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010	252
GRÁFICO 111	– SUPERFÍCIE TRIDIMENSIONAL DOS RESULTADOS DE PESTICIDAS ORGANOCLORADOS – HEPTACLORO EPÓXIDO EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010.....	254
GRÁFICO 112	– SUPERFÍCIE TRIDIMENSIONAL DOS RESULTADOS DE PESTICIDAS ORGANOCLORADOS – HEPTACLORO EPÓXIDO EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010.....	254
GRÁFICO 113	– SUPERFÍCIE TRIDIMENSIONAL DOS RESULTADOS DE PESTICIDAS ORGANOCLORADOS – HEXACLOROBENZENO EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010.....	256
GRÁFICO 114	– CONTORNO DELINEADO DOS RESULTADOS DE PESTICIDAS ORGANOCLORADOS – HEXACLOROBENZENO EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010.....	256
GRÁFICO 115	– SUPERFÍCIE TRIDIMENSIONAL DOS RESULTADOS DE PESTICIDAS ORGANOCLORADOS – METOXICLORO EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010	258
GRÁFICO 116	– CONTORNO DELINEADO DOS RESULTADOS DE PESTICIDAS ORGANOCLORADOS – METOXICLORO EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010	258
GRÁFICO 117	– SUPERFÍCIE TRIDIMENSIONAL DOS RESULTADOS DE PESTICIDAS ORGANOCLORADOS – MIREX EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010	260
GRÁFICO 118	– CONTORNO DELINEADO DOS RESULTADOS DE PESTICIDAS ORGANOCLORADOS – MIREX EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010	260
GRÁFICO 119	– SUPERFÍCIE TRIDIMENSIONAL DOS RESULTADOS DE PESTICIDAS ORGANOCLORADOS – TOXAFENO EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010 .	262
GRÁFICO 120	– CONTORNO DELINEADO DOS RESULTADOS DE PESTICIDAS ORGANOCLORADOS – TOXAFENO EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010 .	262
GRÁFICO 121	– SUPERFÍCIE TRIDIMENSIONAL DOS RESULTADOS DE BIFENILAS POLICLORADAS – CONGÊNERE 28 EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010.....	267
GRÁFICO 122	– CONTORNO DELINEADO DOS RESULTADOS DE BIFENILAS POLICLORADAS – CONGÊNERE 28 EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010.....	267
GRÁFICO 123	– SUPERFÍCIE TRIDIMENSIONAL DOS RESULTADOS DE BIFENILAS POLICLORADAS – CONGÊNERE 52 EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010.....	269
GRÁFICO 124	– CONTORNO DELINEADO DOS RESULTADOS DE BIFENILAS POLICLORADAS – CONGÊNERE 52 EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010.....	269
GRÁFICO 125	– SUPERFÍCIE TRIDIMENSIONAL DOS RESULTADOS DE BIFENILAS POLICLORADAS – CONGÊNERE 101 EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010.....	271
GRÁFICO 126	– CONTORNO DELINEADO DOS RESULTADOS DE BIFENILAS POLICLORADAS – CONGÊNERE 101 EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010.....	271
GRÁFICO 127	– SUPERFÍCIE TRIDIMENSIONAL DOS RESULTADOS DE BIFENILAS POLICLORADAS – CONGÊNERE 118 EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010.....	273
GRÁFICO 128	– CONTORNO DELINEADO DOS RESULTADOS DE BIFENILAS POLICLORADAS – CONGÊNERE 118 EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010.....	273
GRÁFICO 129	– SUPERFÍCIE TRIDIMENSIONAL DOS RESULTADOS DE BIFENILAS POLICLORADAS – CONGÊNERE 138 EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010.....	275

GRÁFICO 130	– CONTORNO DELINEADO DOS RESULTADOS DE BIFENILAS POLICLORADAS – CONGÊNERE 138 EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010.....	275
GRÁFICO 131	– SUPERFÍCIE TRIDIMENSIONAL DOS RESULTADOS DE BIFENILAS POLICLORADAS – CONGÊNERE 153 EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010.....	277
GRÁFICO 132	– CONTORNO DELINEADO DOS RESULTADOS DE BIFENILAS POLICLORADAS – CONGÊNERE 153 EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010.....	277
GRÁFICO 133	– SUPERFÍCIE TRIDIMENSIONAL DOS RESULTADOS DE BIFENILAS POLICLORADAS – CONGÊNERE 180 EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010.....	279
GRÁFICO 134	– CONTORNO DELINEADO DOS RESULTADOS DE BIFENILAS POLICLORADAS – CONGÊNERE 180 EM SEDIMENTO NO PERÍODO DE 2002 A 2010.....	279

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1	– ÍNDICES DE QUALIDADE DE ÁGUA – CETESB.....	22
QUADRO 2	– EXEMPLOS DE PESTICIDAS ORGANOCLORADOS E SUAS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS.....	61
QUADRO 3	– PONTOS DE AMOSTRAGEM DO COMPARTIMENTO ÁGUA, AGRUPADOS POR TRECHOS.....	75
QUADRO 4	– PONTOS DE AMOSTRAGEM DO COMPARTIMENTO SEDIMENTO, AGRUPADOS POR TRECHOS.....	76
QUADRO 5	– DESCRIÇÃO DOS CÓDIGOS DE PRECEDÊNCIA DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM DE ÁGUA UTILIZADOS NESTA PESQUISA.....	79
QUADRO 6	– DESCRIÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM DO COMPARTIMENTO ÁGUA, UTILIZADOS PARA AVALIAÇÃO NESTA PESQUISA.....	80
QUADRO 7	– DESCRIÇÃO DOS CÓDIGOS DE PRECEDÊNCIA DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM DE SEDIMENTO UTILIZADOS NESTA PESQUISA.....	92
QUADRO 8	– DESCRIÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM DO COMPARTIMENTO SEDIMENTO, UTILIZADOS NA ANÁLISE DESTA PESQUISA.....	93
QUADRO 9	– LEGENDAS E INDICADORES UTILIZADOS NAS TABELAS DOS RESULTADOS DA PESQUISA	98
QUADRO 10	– COMPORTAMENTO DOS COMPOSTOS HPA NO COMPARTIMENTO SEDIMENTO.....	184

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	– PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DE CADA CLASSE DE UGRHI	15
TABELA 2	– DISTRIBUIÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM NA REDE DE MONITORAMENTO.....	20
TABELA 3	– QUANTIDADE DE PONTOS DE AMOSTRAGEM DA REDE BÁSICA POR UGRHI	24
TABELA 4	– EVOLUÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DO PROJETO TIETÊ NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO.....	32
TABELA 5	– PADRÕES DE QUALIDADE DE ÁGUA DOCE DAS VARIÁVEIS OBJETO DE ESTUDO DESTA PESQUISA, CONFORME RESOLUÇÃO CONAMA Nº 357/2005.	68
TABELA 6	– VALORES DE REFERÊNCIA PARA QUALIDADE DE SEDIMENTOS PARA AS VARIÁVEIS OBJETO DE ESTUDO DESTE TRABALHO, CONFORME RESOLUÇÃO CONAMA Nº 344/2004 E CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENT.....	69
TABELA 7	– MÉDIAS ANUAIS DE CONCENTRAÇÕES DE ALUMÍNIO DISSOLVIDO (MG/L) EM ÁGUA DO PERÍODO DE 1978 A 2010.....	104
TABELA 8	– MÉDIAS ANUAIS DE CONCENTRAÇÕES DE ALUMÍNIO TOTAL (MG/L) EM ÁGUA DO PERÍODO DE 1978 A 2010.....	108
TABELA 9	– VALORES ANUAIS DE CONCENTRAÇÕES DE ALUMÍNIO EM SEDIMENTO DO PERÍODO DE 2002 A 2010 (µG/G)	111
TABELA 10	– MÉDIAS ANUAIS DE CONCENTRAÇÕES DE CÁDMIO (MG/L) EM ÁGUA DO PERÍODO DE 1978 A 2010.....	117
TABELA 11	– VALORES ANUAIS DE CONCENTRAÇÕES DE CÁDMIO EM SEDIMENTO DO PERÍODO DE 2002 A 2010 (µG/G)	120
TABELA 12	– MÉDIAS ANUAIS DE CONCENTRAÇÕES DE CHUMBO (MG/L) EM ÁGUA DO PERÍODO DE 1978 A 2010.....	125
TABELA 13	– VALORES ANUAIS DE CONCENTRAÇÕES DE CHUMBO EM SEDIMENTO DO PERÍODO DE 2002 A 2010 (µG/G)	129
TABELA 14	– MÉDIAS ANUAIS DE CONCENTRAÇÕES DE COBRE DISSOLVIDO (MG/L) EM ÁGUA DO PERÍODO DE 1978 A 2010.....	134
TABELA 15	– MÉDIAS ANUAIS DE CONCENTRAÇÕES DE COBRE TOTAL (MG/L) EM ÁGUA DO PERÍODO DE 1978 A 2010.....	138
TABELA 16	– VALORES ANUAIS DE CONCENTRAÇÕES DE COBRE EM SEDIMENTO DO PERÍODO DE 2002 A 2010 (µG/G)	139
TABELA 17	– MÉDIAS ANUAIS DE CONCENTRAÇÕES DE CROMO (MG/L) EM ÁGUA DO PERÍODO DE 1978 A 2010.....	148
TABELA 18	– VALORES ANUAIS DE CONCENTRAÇÕES DE CROMO EM SEDIMENTO DO PERÍODO DE 2002 A 2010 (µG/G)	151
TABELA 19	– MÉDIAS ANUAIS DE CONCENTRAÇÕES DE MERCÚRIO (MG/L) EM ÁGUA DO PERÍODO DE 1978 A 2010.....	157
TABELA 20	– VALORES ANUAIS DE CONCENTRAÇÕES DE MERCÚRIO EM SEDIMENTO DO PERÍODO DE 2002 A 2010 (µG/G)	160
TABELA 21	– MÉDIAS ANUAIS DE CONCENTRAÇÕES DE NÍQUEL (MG/L) EM ÁGUA DO PERÍODO DE 1978 A 2010.....	166
TABELA 22	– VALORES ANUAIS DE CONCENTRAÇÕES DE NÍQUEL EM SEDIMENTO DO PERÍODO DE 2002 A 2010 (µG/G)	169
TABELA 23	– MÉDIAS ANUAIS DE CONCENTRAÇÕES DE ZINCO (MG/L) EM ÁGUA DO PERÍODO DE 1978 A 2010.....	175
TABELA 24	– VALORES ANUAIS DE CONCENTRAÇÕES DE ZINCO EM SEDIMENTO DO PERÍODO DE 2002 A 2010 (µG/G)	179

TABELA 25	– MÉDIAS ANUAIS DE CONCENTRAÇÕES DE HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (MG/L) EM ÁGUA DO PERÍODO DE 1978 A 2010.	183
TABELA 26	– VALORES ANUAIS DE CONCENTRAÇÕES DE HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (HPA) – ACENAFTENO EM SEDIMENTO DO PERÍODO DE 2002 A 2010 (µG/KG).....	187
TABELA 27	– VALORES ANUAIS DE CONCENTRAÇÕES DE HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (HPA) – ANTRACENO EM SEDIMENTO DO PERÍODO DE 2002 A 2010 (µG/KG).....	189
TABELA 28	– VALORES ANUAIS DE CONCENTRAÇÕES DE HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (HPA) – CRISENO EM SEDIMENTO DO PERÍODO DE 2002 A 2010 (µG/KG)	191
TABELA 29	– VALORES ANUAIS DE CONCENTRAÇÕES DE HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (HPA) – FENANTRENO EM SEDIMENTO DO PERÍODO DE 2002 A 2010 (µG/KG).....	193
TABELA 30	– VALORES ANUAIS DE CONCENTRAÇÕES DE HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (HPA) – FLUORANTRENO EM SEDIMENTO DO PERÍODO DE 2002 A 2010 (µG/KG).....	195
TABELA 31	– VALORES ANUAIS DE CONCENTRAÇÕES DE HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (HPA) – FLUORENO EM SEDIMENTO DO PERÍODO DE 2002 A 2010 (µG/KG).....	197
TABELA 32	– VALORES ANUAIS DE CONCENTRAÇÕES DE HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (HPA) – NAFTALENO EM SEDIMENTO DO PERÍODO DE 2002 A 2010 (µG/KG).....	199
TABELA 33	– VALORES ANUAIS DE CONCENTRAÇÕES DE HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (HPA) – PIRENO EM SEDIMENTO DO PERÍODO DE 2002 A 2010 (µG/KG)	201
TABELA 34	– VALORES ANUAIS DE CONCENTRAÇÕES DE HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (HPA) – BENZO(A)ANTRACENO EM SEDIMENTO DO PERÍODO DE 2002 A 2010 (µG/KG)	203
TABELA 35	– VALORES ANUAIS DE CONCENTRAÇÕES DE HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (HPA) – BENZO(A)PIRENO EM SEDIMENTO DO PERÍODO DE 2002 A 2010 (µG/KG)	205
TABELA 36	– VALORES ANUAIS DE CONCENTRAÇÕES DE HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (HPA) – BENZO(B)FLUORANTENO EM SEDIMENTO DO PERÍODO DE 2002 A 2010 (µG/KG).....	207
TABELA 37	– VALORES ANUAIS DE CONCENTRAÇÕES DE HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (HPA) – BENZO(G,H,I)PERILENO EM SEDIMENTO DO PERÍODO DE 2002 A 2010 (µG/KG)	209
TABELA 38	– VALORES ANUAIS DE CONCENTRAÇÕES DE HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (HPA) – BENZO(K)FLUORANTENO EM SEDIMENTO DO PERÍODO DE 2002 A 2010 (µG/KG)	211
TABELA 39	– VALORES ANUAIS DE CONCENTRAÇÕES DE HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (HPA) – DIBENZO(A,H)ANTRACENO EM SEDIMENTO DO PERÍODO DE 2002 A 2010 (µG/KG)	213
TABELA 40	– VALORES ANUAIS DE CONCENTRAÇÕES DE HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (HPA) – INDENO(1,2,3-CD)PIRENO EM SEDIMENTO DO PERÍODO DE 2002 A 2010 (µG/KG)	215
TABELA 41	– VALORES ANUAIS DE CONCENTRAÇÕES DE PESTICIDAS ORGANOCLORADOS (MG/L) EM ÁGUA DO PERÍODO DE 1978 A 2010.....	219
TABELA 42	– VALORES ANUAIS DE CONCENTRAÇÕES DE PESTICIDAS ORGANOCLORADOS – ALDRIN EM SEDIMENTO DO PERÍODO DE 2002 A 2010 (µG/KG).....	223

TABELA 43	– VALORES ANUAIS DE CONCENTRAÇÕES DE PESTICIDAS ORGANOCLORADOS – DIELDRIN EM SEDIMENTO DO PERÍODO DE 2002 A 2010 (µG/KG).....	225
TABELA 44	– VALORES ANUAIS DE CONCENTRAÇÕES DE PESTICIDAS ORGANOCLORADOS – ALFA BHC (HCH) EM SEDIMENTO DO PERÍODO DE 2002 A 2010 (µG/KG).....	227
TABELA 45	– VALORES ANUAIS DE CONCENTRAÇÕES DE PESTICIDAS ORGANOCLORADOS – BETA BHC (HCH) EM SEDIMENTO DO PERÍODO DE 2002 A 2010 (µG/KG)	229
TABELA 46	– VALORES ANUAIS DE CONCENTRAÇÕES DE PESTICIDAS ORGANOCLORADOS – DELTA BHC (HCH) EM SEDIMENTO DO PERÍODO DE 2002 A 2010 (µG/KG)	231
TABELA 47	– VALORES ANUAIS DE CONCENTRAÇÕES DE PESTICIDAS ORGANOCLORADOS – LINDANO (GAMA-HCH) EM SEDIMENTO DO PERÍODO DE 2002 A 2010 (µG/KG) ...	233
TABELA 48	– VALORES ANUAIS DE CONCENTRAÇÕES DE PESTICIDAS ORGANOCLORADOS – CIS-CLORDANO EM SEDIMENTO DO PERÍODO DE 2002 A 2010 (µG/KG)	235
TABELA 49	– VALORES ANUAIS DE CONCENTRAÇÕES DE PESTICIDAS ORGANOCLORADOS – TRANS-CLORDANO EM SEDIMENTO DO PERÍODO DE 2002 A 2010 (µG/KG)	237
TABELA 50	– VALORES ANUAIS DE CONCENTRAÇÕES DE PESTICIDAS ORGANOCLORADOS – DDD EM SEDIMENTO DO PERÍODO DE 2002 A 2010 (µG/KG)	239
TABELA 51	– VALORES ANUAIS DE CONCENTRAÇÕES DE PESTICIDAS ORGANOCLORADOS – DDT EM SEDIMENTO DO PERÍODO DE 2002 A 2010 (µG/KG)	241
TABELA 52	– VALORES ANUAIS DE CONCENTRAÇÕES DE PESTICIDAS ORGANOCLORADOS – DDE EM SEDIMENTO DO PERÍODO DE 2002 A 2010 (µG/KG)	243
TABELA 53	– VALORES ANUAIS DE CONCENTRAÇÕES DE PESTICIDAS ORGANOCLORADOS – ENDOSULFAN I EM SEDIMENTO DO PERÍODO DE 2002 A 2010 (µG/KG).....	245
TABELA 54	– VALORES ANUAIS DE CONCENTRAÇÕES DE PESTICIDAS ORGANOCLORADOS – ENDOSULFAN II EM SEDIMENTO DO PERÍODO DE 2002 A 2010 (µG/KG).....	247
TABELA 55	– VALORES ANUAIS DE CONCENTRAÇÕES DE PESTICIDAS ORGANOCLORADOS – ENDOSULFAN SULFATO EM SEDIMENTO DO PERÍODO DE 2002 A 2010 (µG/KG)...	249
TABELA 56	– VALORES ANUAIS DE CONCENTRAÇÕES DE PESTICIDAS ORGANOCLORADOS – ENDRIN EM SEDIMENTO DO PERÍODO DE 2002 A 2010 (µG/KG)	251
TABELA 57	– VALORES ANUAIS DE CONCENTRAÇÕES DE PESTICIDAS ORGANOCLORADOS – HEPTACLORO EM SEDIMENTO DO PERÍODO DE 2002 A 2010 (µG/KG)	253
TABELA 58	– VALORES ANUAIS DE CONCENTRAÇÕES DE PESTICIDAS ORGANOCLORADOS – HEPTACLORO EPÓXIDO EM SEDIMENTO DO PERÍODO DE 2002 A 2010 (µG/KG) ...	255
TABELA 59	– VALORES ANUAIS DE CONCENTRAÇÕES DE PESTICIDAS ORGANOCLORADOS – HEXACLOROBENZENO EM SEDIMENTO DO PERÍODO DE 2002 A 2010 (µG/KG)	257
TABELA 60	– VALORES ANUAIS DE CONCENTRAÇÕES DE PESTICIDAS ORGANOCLORADOS – METOXICLORO EM SEDIMENTO DO PERÍODO DE 2002 A 2010 (µG/KG).....	259
TABELA 61	– VALORES ANUAIS DE CONCENTRAÇÕES DE PESTICIDAS ORGANOCLORADOS – MIREX EM SEDIMENTO DO PERÍODO DE 2002 A 2010 (µG/KG)	261
TABELA 62	– VALORES ANUAIS DE CONCENTRAÇÕES DE PESTICIDAS ORGANOCLORADOS – TOXAFENO EM SEDIMENTO DO PERÍODO DE 2002 A 2010 (µG/KG)	263
TABELA 63	– VALORES ANUAIS DE CONCENTRAÇÕES DE BIFENILAS POLICLORADAS – CONGÊNERE 28 EM SEDIMENTO DO PERÍODO DE 2002 A 2010 (µG/KG).....	268
TABELA 64	– VALORES ANUAIS DE CONCENTRAÇÕES DE BIFENILAS POLICLORADAS – CONGÊNERE 52 EM SEDIMENTO DO PERÍODO DE 2002 A 2010 (µG/KG).....	270
TABELA 65	– VALORES ANUAIS DE CONCENTRAÇÕES DE BIFENILAS POLICLORADAS – CONGÊNERE 101 EM SEDIMENTO DO PERÍODO DE 2002 A 2010 (µG/KG).....	272
TABELA 66	– VALORES ANUAIS DE CONCENTRAÇÕES DE BIFENILAS POLICLORADAS – CONGÊNERE 118 EM SEDIMENTO DO PERÍODO DE 2002 A 2010 (µG/KG).....	274
TABELA 67	– VALORES ANUAIS DE CONCENTRAÇÕES DE BIFENILAS POLICLORADAS – CONGÊNERE 138 EM SEDIMENTO DO PERÍODO DE 2002 A 2010 (µG/KG).....	276

TABELA 68	– VALORES ANUAIS DE CONCENTRAÇÕES DE BIFENILAS POLICLORADAS – CONGÊNERE 153 EM SEDIMENTO DO PERÍODO DE 2002 A 2010 (µG/KG).....	278
TABELA 69	– VALORES ANUAIS DE CONCENTRAÇÕES DE BIFENILAS POLICLORADAS – CONGÊNERE 180 EM SEDIMENTO DO PERÍODO DE 2002 A 2010 (µG/KG).....	280

1. INTRODUÇÃO

Recurso natural essencial a diversas formas de vida, insumo indispensável à produção e estratégico para o desenvolvimento socioeconômico, renovável e insubstituível existente no Planeta Terra, a água, maior bem disponível e abundante para a humanidade, é utilizada para várias finalidades, como por exemplo, abastecimento e consumo humano, ecossistemas vegetais e animais, atividades industriais e agrícolas, navegação, turismo e geração de energia elétrica^{68, 79}.

De toda quantidade de água existente na superfície terrestre, apenas 2,5% representam a água doce. Todavia, desse percentual, somente 0,3% são oriundos de rios, riachos, córregos, lagoas, lagos e represas, ou seja, facilmente disponíveis ou acessíveis, e que apresentam características de qualidade muito variadas, devido às degradações qualitativas que o recurso vem sofrendo, em função das influências antrópicas, pelas diferentes formas de uso e ocupação do meio físico, e por fatores como crescimento populacional, industrialização e urbanização⁷⁹.

Com vistas à manutenção da quantidade e qualidade das águas, resultaram diferentes percepções, atitudes, instrumentos legais, institucionais e de gerenciamento dos recursos hídricos, para impedir que problemas decorrentes de poluição das águas comprometam os múltiplos usos, visto que a degradação origina-se de diversas fontes, tais como despejos de efluentes domésticos e industriais, deflúvio superficial urbano e agrícola, onde podem estar presentes compostos químicos tóxicos que provocam efeitos adversos ao ambiente aquático, modificações nas paisagens naturais de forma definitiva, no aspecto físico, químico e biológico, bem como condições inadequadas e prejudiciais ao meio ambiente e à saúde pública^{68, 79}.

SALATI et al.⁸¹ citam como exemplo de degradação o caso da Região Metropolitana de São Paulo, especificamente do Rio Tietê, principal recurso hídrico do Estado de São Paulo, que percorre praticamente todo o

Estado e atua como importante fonte de recursos e desenvolvimento, devido aos seus múltiplos usos, como por exemplo, abastecimento público no Alto Tietê em Mogi das Cruzes, e no Baixo Tietê em Araçatuba, geração de energia elétrica em dez barramentos, pesca e lazer no interior do Estado, e navegação na Hidrovia Tietê Paraná.

No entanto, tem características de poluição e degradação por incrementos de cargas poluidoras de vários afluentes, em função das intensas atividades industriais, urbanização e adensamento populacional. Com essa poluição, ao longo do tempo, com o aumento da demanda, diminuiu a oferta de água para uso urbano e industrial, fator preocupante que torna constante a busca por tecnologias e recursos para recuperar as águas dessa região^{68, 81}.

Há tempos o Rio Tietê tem sido utilizado como corpo receptor de esgotos produzidos em vários municípios do Estado de São Paulo, solução considerada aceitável em tempos remotos, porém com o rápido desenvolvimento urbano e a expansão populacional, não houve planejamento para eliminação dos crescentes lançamentos de efluentes domésticos, industriais, poluição difusa e resíduos sólidos, tampouco para garantia da qualidade de suas águas⁶⁸.

Com isso, o rio foi perdendo suas características físicas originais, como suas cachoeiras e corredeiras em todo percurso e foi sendo adequado a cada nova realidade, perdeu sua conformação natural, teve transformações em seu curso e regime hídrico, com retificação na Região Metropolitana de São Paulo, represamento para construção de reservatórios e se tornou poluído, deteriorado e descaracterizado numa sequência de grandes lagos, com novos ecossistemas aquáticos⁶⁸.

Rumo ao interior do Estado, as alterações da qualidade da água do Tietê têm melhorado ao longo do tempo, e por meio de processos naturais de autodepuração e diluição, pela ação do saneamento e pelo atendimento à legislação, é possível vislumbrar recuperação gradativa e, conseqüentemente, o uso das águas para irrigação, lazer, esporte e até abastecimento à população com qualidade potável⁶⁸.

Conhecer a qualidade das águas é um desafio relevante a ser enfrentado na área ambiental, pois para que ela seja eficiente, é necessário gerar informações frequentes em pontos de amostragem representativos de redes de monitoramento adequadas, a fim de se obter um diagnóstico mais preciso e representativo sobre a realidade das condições dos corpos hídricos superficiais¹².

BRANCO⁶, em 1986, já alertava sobre a importância de estudos a respeito do comportamento de compostos orgânicos, que têm sido utilizados cada vez com mais frequência nas atividades industriais, agrícolas e domésticas, como por exemplo, detergentes, inseticidas sintéticos, herbicidas, bifenilas policloradas, entre outros. Enfatiza a necessidade de investigar os efeitos ecológicos e fisiológicos que estes compostos causam, principalmente por não serem decompostos pela atividade biológica, e possuírem a tendência de bioacumular-se no meio ambiente, assim como a importância de se investigar de forma intensiva alguns tóxicos potenciais e cumulativos, como os metais pesados, por terem a possibilidade de concentração em cadeias biológicas.

Monitoramento, controle da qualidade das águas, fiscalização e controle ambiental são consideradas ações destinadas à melhoria das condições sanitárias de um corpo hídrico, que devem ser executadas de forma contínua, como ferramentas e informações necessárias à adoção de medidas preventivas e corretivas que visem o planejamento do uso dos recursos hídricos, a minimização dos impactos da poluição e a aplicação das punições necessárias, para garantia da qualidade de vida, do crescimento socioeconômico e da melhoria das condições ambientais e de saúde pública⁶⁸.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

O objetivo geral desta pesquisa é avaliar a evolução temporal e espacial da presença de metais pesados e compostos químicos orgânicos nas águas e nos sedimentos nas bacias hidrográficas que compõem o Rio Tietê.

2.2. Objetivos Específicos

Para a realização desta pesquisa foram considerados os seguintes objetivos específicos:

- a) Avaliar espacialmente a origem e o alcance da poluição causada por metais pesados e compostos químicos orgânicos, bem como o comportamento desses elementos no compartimento água, no período de 1978 a 2010, e no compartimento sedimento, no período de 2002 a 2010, nas regiões abrangidas pelas bacias hidrográficas do Rio Tietê.
- b) Analisar a evolução dos dados de qualidade das águas e do sedimento no tempo e na distribuição geográfica, com relação à contribuição de eventuais contaminações dos principais afluentes do Rio Tietê.
- c) Avaliar os resultados da operação da rede de monitoramento da qualidade das águas e dos sedimentos operada pela CETESB, especificamente para os metais pesados e os compostos químicos orgânicos escolhidos para esta pesquisa.
- d) Sugerir eventuais melhorias para a operação da rede de monitoramento da CETESB, visando balizar as ações de controle e prevenção aos danos causados ao meio ambiente e à saúde pública.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1. Água como bem essencial à vida

A água é um recurso natural essencial à vida no Planeta Terra nos estados líquido, sólido (gelo) e gasoso (vapor), cujo termo é utilizado para designar o elemento desvinculado de qualquer uso, sendo que passa a ser denominado recurso hídrico, a partir do momento que é considerado como bem econômico, passível de utilização com esse fim.

Além de ser considerada um bem natural disponível para a humanidade, é também a substância de maior abundância na Terra, com volume estimado de 1,4 bilhão de quilômetros cúbicos, e cobre aproximadamente 77% de sua superfície, distribuída entre oceanos e mares (361,3 milhões km²), calhas de rios e pântanos (16,3 milhões km²), calotas polares e geleiras (16,3 milhões km²) e lagos (2,1 milhões km²)⁷⁹.

A água existente na Terra é considerada recurso natural renovável e permanece a mesma durante os últimos 500 milhões de anos, porém com variação das quantidades estocadas nos diferentes reservatórios individuais. Com o desenvolvimento da humanidade e o crescimento desordenado e localizado das demandas, associado a processos de degradação da qualidade, problemas de escassez quantitativa ou qualitativa também são inerentes até mesmo em regiões com excedente hídrico.

De toda superfície de água existente, a água doce é o elemento essencial a diversas formas de vida, tais como abastecimento e consumo humano, ecossistemas vegetais e animais, é fonte de energia para o homem, e também ao desenvolvimento de atividades industriais e agrícolas. Porém, para essas finalidades, ela representa apenas 0,3% dos 2,5% de água doce disponível no planeta, originária de rios, riachos, córregos, lagoas, lagos, represas, dentre outros, conforme pode ser observado na Figura 1⁷⁹.

Figura 1 – Distribuição da água no Planeta Terra

Fonte: Adaptado de REBOUÇAS⁷⁸, p. 8.

É importante considerar que a disponibilidade hídrica é variável conforme as condições geológicas e características climáticas de cada região do planeta, com maior abundância nas regiões intertropicais e temperadas, o que causa distribuição heterogênea e desigualdade entre os indivíduos, visto que há pouca relação entre a densidade populacional e a água disponível em cada região^{78, 88}.

O Ministério do Meio Ambiente (MMA⁶²), em sua publicação “Água: manual de uso – vamos cuidar de nossas águas implementando o Plano Nacional de Recursos Hídricos” enfatiza que é fundamental cuidar da água por necessidade de sobrevivência, um ato que depende de decisão e ação de cada cidadão, de cada comunidade e de toda sociedade, com sensibilidade, criatividade, determinação e participação para construir respostas técnicas, científicas, ecológicas, sociais, políticas e econômicas para gestão da água com desenvolvimento sustentável, inclusão social e justiça ambiental.

“O acesso à água é um direito humano fundamental. Toda pessoa deve ter água potável em quantidade suficiente, com custo acessível

e fisicamente disponível, para usos pessoais e domésticos, conforme previsto na legislação brasileira e na Agenda 21” (MMA, 2008, p. 11)⁶².

3.2. Processos de transformação da qualidade das águas

Com o passar do tempo, vários problemas globais têm sido incorporados à humanidade, entre eles os ambientais, que vêm adquirindo especial importância, em função do aumento das demandas por causa do impacto do crescimento acelerado da população, desenvolvimento urbano sem planejamento e maior uso dos recursos naturais, imposto pelos padrões de conforto e bem-estar da vida moderna⁷⁹.

Entre os problemas ambientais, pode-se citar a poluição, considerada como alteração das propriedades físicas, químicas ou biológicas, originadas, por exemplo, por substâncias sólidas, líquidas e gasosas, ou a combinação delas, que podem causar condições inadequadas e prejudicar a saúde, a segurança e o bem-estar da população, ou inviabilizar atividades domésticas, industriais e agropecuárias, pelos danos causados aos recursos naturais⁷⁹.

As características de qualidade das águas originam de ambientes naturais e antrópicos por onde circulam, percolam ou ficam armazenadas. Em particular nos rios, lagos naturais e represas, principalmente em grandes centros urbanos, industriais e áreas agrícolas, a qualidade vem sendo degradada por contaminações consequentes da poluição, devido ao incremento de substâncias ou organismos nocivos na água, que ocasionam condições ambientais inadequadas e problemas sérios à saúde pública^{68, 79}.

Podem ser considerados como fatores que causam a degradação dos recursos hídricos:

- despejos de efluentes domésticos ou industriais;
- despejos de efluentes domésticos agregados com resíduos sólidos urbanos;

- escoamento superficial de drenagem de áreas agrícolas, nas quais se utilizam pesticidas ou outros compostos químicos;
- drenagem de água subterrânea contaminada que aflora à superfície dos rios;
- poluição difusa dos centros urbanos^{68, 78, 81, 88, 92}.

Por isso, tem se tornado cada vez mais importante o controle dos aspectos qualitativos das águas, para manutenção do equilíbrio dos corpos hídricos, em busca do melhor aproveitamento possível de suas águas e da promoção de múltiplos usos, utilizando-se de práticas compatibilizadas com as características ecológicas do ambiente, para evitar que o crescimento populacional, a industrialização e o lançamento de despejos domésticos e industriais nos reservatórios e rios levem à eliminação da vida aquática e à inviabilização da utilização das águas para diversos fins^{68, 78, 81, 88, 92}.

Na Figura 2 pode ser observada a evolução dos principais fatores que podem influenciar direta ou indiretamente a disponibilidade hídrica pelo aumento do consumo e também do desperdício, e a consequente deterioração dos corpos hídricos, em função da urbanização, do crescimento populacional e da intensa e crescente atividade industrial, como é o caso do Estado de São Paulo. Entre os anos de 1991 e 2009, a população cresceu 30%, a quantidade de indústrias 500% e a de áreas contaminadas por atividades não domésticas 1039%^{17, 62, 87}.

Figura 2 – Evolução da população, indústria e áreas contaminadas no Estado de São Paulo

Fontes: CETESB¹⁷; SEADE⁸⁷.

Segundo o Ministério do Meio Ambiente, estudos feitos pela Organização das Nações Unidas (ONU) revelam que, “para cada 1.000 litros de água utilizados pelos seres humanos, resultam em 10.000 litros de água poluída. No Brasil, mais de 90% de esgotos domésticos e cerca de 70% dos efluentes industriais são lançados direto nos corpos de água, sem qualquer tipo de tratamento”, ocasionando dificuldades de depuração dos contaminantes (MMA, 2008, p. 21)⁶².

3.3. Aspectos legais

3.3.1. Aspectos legais para gestão dos recursos hídricos

Inicialmente a regulação da proteção das águas e de outros recursos naturais tinha o intuito de disciplinar os usos individuais, visto que, durante

muito tempo, o tratamento jurídico dado ao controle da qualidade e da quantidade de água, do solo, da atmosfera e do meio urbano esteve confiado a leis de proteção da saúde, em função do bem jurídico defender a saúde humana e não o recurso natural⁷⁶.

Após a Conferência de Estocolmo em 1972, com o crescimento das populações e o aumento dos usos individuais, as normas legais de proteção das águas, de pesca, das florestas, dentre outras, passaram a ter reflexos ambientais, visando a proteção do ambiente e ampliando as formas de defesa dos recursos hídricos, e desencadearam discussões internacionais em busca de modelo de gestão das águas^{68, 76}.

A preservação das bacias hidrográficas depende, além de outros fatores, de mecanismos de controle institucionais, como a regulamentação em legislação federal, estadual ou municipal, para tratar da preservação e proteção dos recursos ambientais. No Brasil a abordagem ao modelo de gestão das águas e dos recursos naturais iniciou a partir de 1980, com a promulgação das Constituições Federal de 1988 e Estadual de 1989, que incorporam a participação social nessa gestão de forma descentralizada, integrada e participativa. A Lei que regulamentou o inciso XIX do artigo 21 da Constituição Federal foi a nº 9.433 de 08 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos^{68, 92}.

No Estado de São Paulo, a Constituição de 1989 instituiu o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos em seu artigo 205. No artigo 208 vetou “o lançamento de efluentes e esgotos urbanos e industriais sem o devido tratamento em qualquer corpo de água”. E no artigo 213 obrigou a “inclusão de aspectos de proteção da quantidade e da qualidade das águas quando das normas legais relativas à floresta, caça, pesca, fauna, conservação da natureza, defesa do solo e demais recursos naturais e ao meio ambiente”⁶⁸.

No entanto, o que marcou a gestão dos recursos hídricos no Estado foi a promulgação da Lei nº 9034/1994, que dispõe sobre o Plano Estadual de Recursos Hídricos – PERH. Esta lei estabelece diretrizes gerais,

sistematização e adequação da gestão de recursos hídricos, em busca da garantia de qualidade e quantidade, além de integrar esta gestão com gestão ambiental das bacias hidrográficas e dos sistemas estuarino e das zonas costeiras⁶⁸.

Entre os instrumentos de gestão de recursos hídricos previstos na Lei Federal nº 9433/1997, os padrões de qualidade são definidos em legislação como limites máximos de concentração que determinada substância deve respeitar após o lançamento no corpo receptor, e dependem da classificação estabelecida de acordo com a qualidade requerida para os seus usos preponderantes – dos mais nobres aos menos nobres, atualmente regulados pela Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, que “dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes”, visando estabelecer limites para garantir a qualidade requerida para os seus usos preponderantes. Esta Resolução foi alterada e complementada pelas Resoluções nº 370 de 6 de abril de 2006, nº 397 de 3 de abril de 2008, nº 410 de 04 de maio de 2009 e nº 430 de 13 de maio de 2011, especificamente para condições e padrões de lançamento de efluentes^{48, 64, 68}.

No Estado de São Paulo, o Decreto nº 10.755, de 22 de novembro de 1977, dispõe sobre o enquadramento dos corpos de água receptores na classificação prevista no Decreto nº 8.468, de 08 de setembro de 1976, que regulamentou a Lei nº 997 de 31 de maio de 1976, e é utilizado como instrumento regulador da prevenção e controle da poluição do meio ambiente, com padrões de lançamento de efluentes e de qualidade estabelecidos no Decreto, além de instituir as diretrizes gerais de atuação da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB.

3.3.2. Aspectos legais – sedimentos

Para a avaliação da qualidade dos sedimentos, a CETESB adota os valores limites para substâncias químicas, estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 344, de 25 de março de 2004 (revista pela Resolução CONAMA nº 421, de 03 de fevereiro de 2010), que “estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras, e dá outras providências” e utiliza como referência publicações oficiais canadenses e norte-americanas, como por exemplo, critérios de avaliações com limites determinados pelo Conselho Canadense de Ministérios de Meio Ambiente – Canadian Council of Ministers of the Environment, que engloba as variáveis TEL – Threshold Effect Level (nível de efeito limiar), também chamado de Nível 1 e PEL – Probable Effect Level (nível de efeito provável), também chamado de Nível 2.

Estas variáveis buscam evidências da presença de contaminantes em concentrações capazes de causar efeitos adversos, especificamente tóxicos, à biota aquática. TEL representa a concentração abaixo da qual se espera baixa probabilidade da ocorrência destes efeitos, e PEL representa a concentração acima da qual são previsíveis esses efeitos. Na faixa entre TEL e PEL ocasionalmente são observados efeitos biológicos deletérios^{48, 61, 63}.

A Resolução estabelece em seu anexo a adoção de programa de investigação laboratorial que inclua:

- caracterização física básica pela classificação granulométrica dos sedimentos (areia, silte e argila);
- caracterização química para determinar a concentração dos poluentes nos sedimentos; e
- caracterização ecotoxicológica para complementar as caracterizações física e química, a fim de avaliar os potenciais impactos à vida aquática⁶³.

No Estado de São Paulo, em atendimento ao determinado na Resolução COMAMA nº 344/2004, sobre a necessidade de possuir regulamentação específica nos Estados para a atividade de dragagem, foi publicada em 21 de julho de 2004 a Resolução da Secretaria do Meio Ambiente – SMA nº 39, que estabelece as diretrizes gerais para a caracterização do material a ser dragado, por meio de análises físicas, químicas e biológicas, para o gerenciamento de sua disposição em solo, e para evitar que substâncias químicas possam causar efeitos adversos à biota, à saúde e ao meio ambiente⁸³.

3.4. Caracterização do Estado de São Paulo

São Paulo, Estado com área superficial em torno de 248.000 km², localizado na Região Sudeste, representa quase 3% do território do Brasil e limita-se geograficamente com o Estado de Minas Gerais ao norte, Estado de Mato Grosso do Sul a oeste, Estado do Paraná ao sul e Estado do Rio de Janeiro a leste. O Estado é dividido em 645 municípios, distribuídos em 42 Regiões de Governo, 14 Regiões Administrativas e quatro Regiões Metropolitanas – Região Metropolitana de São Paulo, Região Metropolitana da Baixada Santista, Região Metropolitana de Campinas e Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte^{84, 86, 87}.

Em 2010, o Estado de São Paulo tinha uma população residente em torno de 40 milhões de habitantes, “quase 22% da população brasileira, constituindo-se na mais populosa Unidade da Federação, e em uma das mais densas”, com mais de 150 habitantes por km², se comparada com a média nacional de pouco menos de 20 habitantes por km² ^{86, 87}.

A maior parte do Estado está localizada na Bacia Hidrográfica do Rio Paraná, tendo como limites naturais os recursos hídricos: Rio Grande, Rio Canoas, Rio Pardo, Rio da Ribeira do Iguape, Rio Itapirapuã, Rio Itararé, Rio Paranapanema, Rio Paraná e Oceano Atlântico. Outros rios importantes para o Estado são: Tietê, Turvo, Pardo, do Peixe, Paraíba do Sul e Piracicaba⁸⁶.

A Lei nº 9.034/1994, em seu Plano Estadual de Recursos Hídricos, estabeleceu a divisão do Estado em 22 Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI), que correspondem às bacias hidrográficas, agrupadas e distribuídas por classes de acordo com o uso predominante de cada região: agropecuária (8), de conservação (4), em processo de industrialização (5) e industrial (5), conforme pode ser verificado na Figura 3⁸⁶.

Figura 3 – Divisão e classificação das UGRHI

Fonte: Adaptado de CETESB⁸⁶.

Na Tabela 1 são apresentadas as principais características de cada classe de UGRHI, incluindo sua descrição, a área que ocupa no Estado, a população estimada pelo IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, em 2010, e a sua caracterização.

Tabela 1 – Principais características de cada classe de UGRHI

Classe da UGRHI	UGRHI	Área (km ²)	População Estimada (hab.) (IBGE/2010)	Caracterização
Agropecuária	15 – Turvo / Grande	15.925	1.228.939	<ul style="list-style-type: none"> Aspectos socioeconômicos de vocação agrícola e pecuária extensiva Melhores índices de qualidade de água Menores pressões antrópicas. 12% da população em 42% da área do Estado
	16 – Tietê / Batalha	13.149	511.153	
	17 – Médio Paranapanema	16.749	663.053	
	18 – São José dos Dourados	6.783	223.912	
	19 – Baixo Tietê	15.588	749.069	
	20 – Aguapeí	13.196	363.783	
	21 – Peixe	10.769	445.638	
	22 – Pontal do Paranapanema	12.395	475.578	
	Total	104.554	4.661.125	
Conservação	1 – Mantiqueira	675	64.339	<ul style="list-style-type: none"> Vocação conservacionista Economia baseada em agricultura, turismo e extração mineral. 4% da população em 17% da área do Estado
	3 – Litoral Norte	1.948	276.171	
	11 – Ribeira de Iguape / Litoral Sul	17.068	361.224	
	14 – Alto Paranapanema	22.689	749.850	
	Total	42.380	1.421.584	
Em industrialização	4 – Pardo	8.993	1.085.458	<ul style="list-style-type: none"> Atividades econômicas do setor industrial e do setor agropecuário. 12% da população em 21% da área do Estado
	8 – Sapucaí / Grande	9.125	668.856	
	9 – Mogi-Guaçu	15.004	1.443.863	
	12 – Baixo Pardo / Grande	7.239	332.683	
	13 – Tietê / Jacaré	11.779	1.464.964	
	Total	52.140	4.995.824	
Industrial	2 – Paraíba do Sul	14.444	1.946.746	<ul style="list-style-type: none"> Região com a maior densidade demográfica do Estado – 72% da população em 20% da área do Estado. Economia: predomínio do setor industrial e de serviços. Alta complexidade socioeconômica. Expansão do processo produtivo; p. ex.: exploração de petróleo, construção de rodovias e de portos. Elevadas pressões antrópicas como por exemplo: ocupação desordenada, também em áreas protegidas e falta de saneamento ambiental.
	5 – Piracicaba, Capivari e Jundiá	14.178	4.933.098	
	6 – Alto Tietê	5.868	18.571.749	
	7 – Baixada Santista	2.818	1.589.460	
	10 – Sorocaba / Médio Tietê	11.829	1.804.505	
	Total	49.137	28.845.558	
Total		248.209	39.924.091	

Fonte: Adaptado de CETESB¹⁶; CONSEMA⁵⁰.

Aproximadamente 85% da água produzida para consumo humano no Estado provém de mananciais superficiais, captados predominantemente em sistemas integrados de produção de água. No leste do Estado está concentrada a maior parte da população com intensa utilização dos mananciais superficiais para uso urbano e industrial, que estão sujeitos a variados agentes poluidores. Já no oeste do Estado predomina a captação

de água subterrânea proveniente dos aquíferos Bauru e Guarani, consideradas reservas de água com disponibilidade e qualidade⁸⁶.

Segundo SEADE⁸⁶, a cobertura dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário atinge aproximadamente 94% dos domicílios urbanos do Estado atendidos por água e 83% por coleta de esgotos, “segundo informações fornecidas pelas operadoras dos sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário à Pesquisa Municipal Unificada (PMU)”.

Ainda de acordo com SEADE⁸⁶, as UGRHI com piores índices de cobertura são as mais populosas e de classe industrial (Paraíba do Sul, Piracicaba/Capivari/Jundiaí, Alto Tietê, Baixada Santista e Sorocaba/Médio Tietê).

De modo geral, as principais UGRHI do Estado apresentam situação crítica quanto ao tratamento dos esgotos coletados, pois apenas parte da população urbana atendida pelo serviço de coleta de esgoto domiciliar tem os esgotos tratados, incluídos nesse cenário os efluentes lançados nos cursos d'água fora do sistema público.

Há ainda no Estado outra fonte de poluição dos recursos hídricos: as disposições finais inadequadas de resíduos sólidos; 26% dos resíduos sólidos domiciliares/comerciais não têm destinação final satisfatória em aterros sanitários ou outras formas sanitariamente recomendáveis, como compostagem ou incineração⁸⁶.

3.5. Monitoramento da qualidade das águas

As águas interiores têm papel relevante no desenvolvimento econômico e social, com o consequente aumento dos usos múltiplos dos recursos hídricos, o que, ao mesmo tempo, aumenta a necessidade de implantação de programas de conservação, gerenciamento e recuperação de corpos d'água, principalmente pelo intenso uso da água e a poluição gerada, que contribuem para agravar a escassez^{4, 86}.

A poluição hídrica origina-se em diversas fontes pontuais de origem doméstica e industrial, e difusas de origem urbana e agrícola. Pode-se citar como exemplos: lançamento de efluentes industriais, com grande variedade de contaminantes, lançamento de efluentes domésticos lançados sem tratamento, contendo contaminantes orgânicos biodegradáveis, nutrientes e bactérias, escoamento superficial agrícola, que carrega quantidades significativas de herbicidas, pesticidas e inseticidas, além de material particulado da atmosfera nos grandes centros, que, associadas ao uso e ocupação do solo, constituem-se em ameaça à vida aquática e à saúde pública^{4, 68}.

O gerenciamento dos recursos hídricos deve incluir planejamento de uso, preservação dos mananciais e monitoramento da quantidade e da qualidade das águas, que se torna importante ferramenta de controle ambiental para acompanhamento da variação de indicadores, e permite avaliar as condições de poluição e alteração dos corpos hídricos originadas de atividades humanas e de processos naturais, por meio da diversidade das concentrações das variáveis ao longo do tempo, pois estes fatores influenciam diretamente na preservação dos ecossistemas aquáticos⁴.

Consequentemente, o monitoramento permite subsidiar as ações necessárias à manutenção da qualidade nos padrões adequados, definidos pela legislação, e avaliar a efetividade das ações, buscando impedir que problemas decorrentes da poluição das águas possam comprometer o aproveitamento múltiplo e integrado, bem como minimizando os impactos negativos ao meio ambiente⁴.

O monitoramento deve ser amplo e não se limitar apenas a verificar se valores-padrão estabelecidos em legislação estão sendo atendidos ou não, mas também se ter uma visão global sobre alterações e causas, para tomadas de decisões eficientes no combate aos danos causados ao meio ambiente e à sociedade, seja na atualidade ou no futuro⁴.

Outro fator relevante é a realização das análises laboratoriais das amostras em laboratórios com procedimentos de controle de qualidade analítica adotados e acreditados por órgãos competentes para tal, com a

finalidade de ampliar a confiabilidade dos resultados dos ensaios, ampliar a credibilidade dos laboratórios, permitir o reconhecimento formal dos ensaios, diminuir o retrabalho e permitir a rastreabilidade do processo e do resultado⁴.

3.5.1. Rede de monitoramento – aspectos históricos

BRAGA et al.⁴ enfatizam que “o planejamento e gestão de recursos hídricos depende fundamentalmente de informações confiáveis, tanto no que diz respeito à demanda como à oferta de água”, principalmente se, com relação à oferta, existirem redes de monitoramento adequadas, “que gerem dados de interesse no setor de quantidade e de qualidade das águas”.

No Estado de São Paulo, a CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo opera a Rede de Monitoramento de águas superficiais, criada em 1974, em atendimento à Lei Estadual 118 de 29 de junho de 1973, pela necessidade de acompanhamento do crescimento populacional e industrial, a espacialização e diversidade das indústrias e agroindústrias, apoiar os programas de controle de poluição das águas desenvolvidos na empresa e diagnosticar a qualidade dos mananciais utilizados para abastecimento público⁶¹.

A rede paulista de monitoramento das águas superficiais iniciou com 47 pontos de amostragem e em 2010 eram 344 pontos na rede básica; a evolução dos pontos de amostragem acompanhou o ritmo da constante pressão sobre os recursos hídricos em termos de quantidade e qualidade, demandada pelo adensamento populacional de urbanização^{15, 61}.

Ao longo da história de 37 anos do monitoramento da qualidade da água a quantidade de pontos foi incrementada em 632%, e ao longo da história de nove anos do monitoramento da qualidade dos sedimentos foi incrementada em 75%. Esta evolução está demonstrada na Figura 4¹⁵.

Figura 4 – Evolução dos pontos de amostragem na rede de monitoramento básica e de sedimento, operada pela CETESB

Fonte: Compilação dos dados dos relatórios da CETESB^{15, 16, 30 a 18}.

Visando ampliar a confiabilidade dos resultados dos ensaios e a rastreabilidade do processo das análises realizadas no monitoramento, a partir do ano 2000, a CETESB adotou procedimentos de controle de qualidade analítica e, posteriormente, acreditou seus laboratórios, pela norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005, que estabelece requisitos gerais para competência de laboratórios de ensaio e calibração, e mantém a acreditação até os dias atuais⁹¹.

Desde 1978, a CETESB divulga anualmente os resultados da avaliação do monitoramento dos corpos hídricos do Estado de São Paulo em relatórios anuais de qualidade das águas superficiais, com os objetivos de avaliar a evolução da qualidade das águas interiores dos rios e reservatórios, contribuir com ações de controle de poluição, de recuperação da qualidade das águas de rios e reservatórios, e da aplicação de instrumentos da política estadual de recursos hídricos, além de fornecer subsídios para tomadas de decisões de políticas públicas dessa natureza¹⁶.

De acordo com o Relatório da Qualidade das Águas Superficiais da CETESB, do ano de 2010, atualmente a rede tem um conjunto de 408

pontos de coleta de água e sedimento para monitoramento, sendo 344 estações manuais, 13 estações automáticas com geração de dados em tempo real, 21 pontos de análise de sedimento e 30 estações de avaliação de balneabilidade, para diagnóstico da qualidade dos múltiplos usos dos recursos hídricos, conforme detalhado na Tabela 2¹⁶.

Tabela 2 – Distribuição dos pontos de amostragem na Rede de Monitoramento.

Monitoramento	Objetivos	Início de Operação	Pontos	Frequência	Variáveis
Rede Básica	Fornecer diagnóstico geral dos recursos hídricos no Estado de São Paulo	1974	344	Semestral/ Bimestral	Físicas Químicas Biológicas
Rede de Sedimento	Complementar o diagnóstico da coluna d'água	2002	21	Anual	Físicas Químicas Biológicas
Balneabilidade de Rios e Reservatórios	Informar as condições da água para recreação de contato primário/banho à população.	1994	30	Semanal/ Mensal	Biológicas
Monitoramento Automático	Controle de fontes poluidoras domésticas e industriais, bem como controle da qualidade da água destinada ao abastecimento público	1998	13	Horária	Físicas Químicas

Fonte: CETESB¹⁶, p. 19.

A rede de sedimento iniciou a operação no ano de 2002 e possui conjunto de pontos de coleta de amostras, com periodicidade anual, devido à complexidade de execução e alto custo da atividade, com o objetivo de complementar o diagnóstico da coluna líquida, em locais com problemas relativos à qualidade dos recursos hídricos.

Ano após ano são feitas reavaliações dos locais de amostragem, com a ampliação ou realocação de pontos, para análise explanatória e melhor avaliação dos aportes de cargas de poluição pontuais de origem doméstica e industrial, e difusa de origem urbana e agrícola nos corpos hídricos, além de adequar a frequência das amostragens, análises de variáveis de qualidade e avaliação do compartimento sedimento. Isto permite ampliar a representatividade amostral nas bacias hidrográficas do Estado, visando atender às necessidades de acompanhamento do crescimento populacional, da especialização das indústrias, dos programas de controle da poluição das águas, controle para preservação da vida aquática

desenvolvidos na CETESB, bem como o diagnóstico dos mananciais utilizados para abastecimento público¹⁶.

Determinados pontos da rede de sedimento deixaram de ser monitorados, em função de alguns resultados apresentarem pouca variabilidade, ou não apresentarem representatividade para efeitos cumulativos dos contaminantes orgânicos e inorgânicos durante o período de avaliação, ou por limitações operacionais para realização de análises laboratoriais^{16, 45, 47}.

3.5.2. Índices de qualidade

A CETESB iniciou, em 2002, a utilização de índices para disponibilizar visão geral da qualidade da água, com resultados integrados de variáveis através de indicadores, para avaliar os ambientes, analisar tendências e transmitir informações de mais fácil compreensão para o público em geral, específicas para determinados usos pretendidos. Os índices utilizados pela CETESB estão detalhados no Quadro 1. Ressalte-se que os metais objeto de estudo desta pesquisa são partes integrantes do índice de qualidade da água para fins de abastecimento público (IAP)¹⁶.

Quadro 1 – Índices de qualidade de água – CETESB

ÍNDICE	USOS PRETENDIDOS	VARIÁVEIS DE QUALIDADE
IQA – Índice de qualidade da água	Variáveis de qualidade que indicam o lançamento de efluentes sanitários para o corpo hídrico. De caráter generalista, fornece visão geral sobre as condições de qualidade das águas superficiais. Calculado para todos os pontos da rede básica.	Temperatura, pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, coliformes termotolerantes, nitrogênio total, fósforo total, sólidos totais e turbidez.
IAP – Índice de qualidade de água para fins de abastecimento público	Avalia as variáveis do IQA, bem como as substâncias tóxicas e variáveis que afetam a qualidade organoléptica da água, advindas, principalmente, de fontes difusas. Calculado apenas nos pontos coincidentes com captações utilizadas para abastecimento público.	Temperatura, pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, coliformes termotolerantes, nitrogênio total, fósforo total, sólidos totais e turbidez, potencial de formação de trihalometanos, número de células de cianobactérias (ambiente lêntico), ferro, manganês, alumínio, cobre, cádmio, chumbo, cromo, mercúrio, níquel e zinco.
IET – Índice de estado trófico	Avalia a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo de algas. Calculado para todos os pontos da rede básica.	Clorofila a e fósforo Total.
IVA – Índice de qualidade de água para proteção da vida aquática	São consideradas as variáveis do IET, as variáveis essenciais para a vida aquática e substâncias tóxicas.	Oxigênio dissolvido, pH, ensaio ecotoxicológico com <i>Ceriodaphnia dubia</i> , cobre, zinco, chumbo, cromo, mercúrio, níquel, cádmio, surfactantes, fenóis, clorofila a e fósforo total.
IB – Índice de balneabilidade*	Indica a classificação das condições de contato primário das <u>praias de água doce</u> . Reservatórios impactados por lançamentos domésticos são avaliados semanalmente e os em melhores condições, mensalmente.	Coliforme termotolerante ou <i>E. coli</i> .

* Paralelamente a este índice, a CETESB tem programa de monitoramento específico, para divulgar as condições de balneabilidade das praias de água salgada, localizadas em toda extensão do litoral paulista, por meio de coletas semanais.

Fonte: CETESB¹⁶, p. 22.

3.5.3. Pontos de amostragem nas UGRHI – Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos

Os pontos de amostragem da rede de monitoramento para avaliação da qualidade das águas têm sua estrutura distribuída pelas 22 Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos – UGRHI e consideram-se os usos preponderantes dos recursos hídricos: abastecimento público, proteção da

vida aquática e balneabilidade, visando a eficiência no diagnóstico dos recursos hídricos^{16, 68}.

Em cada classe existe determinada quantidade de pontos de amostragem. Nas UGRHI de classe industrial, onde o processo de industrialização já está consolidado, concentram-se as três maiores regiões metropolitanas do Brasil com intensa atividade industrial, nas quais residem cerca de 30 milhões de habitantes: Região Metropolitana de São Paulo, de Campinas e da Baixada Santista, além de concentrar a maior quantidade de pontos de monitoramento, ou seja, 55% do total, seguidas pelas de classe em industrialização, conservação e agropecuária, com 18%, 15% e 12% dos pontos, respectivamente¹⁶.

Na Tabela 3 estão demonstradas estas quantidades, especificamente para a rede básica de monitoramento, destacadas em negrito as UGRHI que são objeto de estudo desta pesquisa.

Tabela 3 – Quantidade de pontos de amostragem da rede básica por UGRHI

Classe da UGRHI	UGRHI	Quantidade de pontos	%
Agropecuária	15 Turvo / Grande	9	12
	16 Tietê / Batalha	5	
	17 Médio Paranapanema	4	
	18 São José dos Dourados	1	
	19 Baixo Tietê	8	
	20 Aguapeí	6	
	21 Peixe	3	
	22 Pontal do Paranapanema	5	
	<i>Total</i>	41	
Conservação	1 Mantiqueira	2	15
	3 Litoral Norte	30	
	11 Ribeira de Iguape / Litoral Sul	10	
	14 Alto Paranapanema	8	
	<i>Total</i>	50	
Em industrialização	4 Pardo	4	18
	8 Sapucaí / Grande	13	
	9 Mogi-Guaçu	32	
	12 Baixo Pardo / Grande	4	
	13 Tietê / Jacaré	8	
	<i>Total</i>	61	
Industrial	2 Paraíba do Sul	20	55
	5 Piracicaba, Capivari e Jundiaí	84	
	6 Alto Tietê	49	
	7 Baixada Santista	15	
	10 Sorocaba / Médio Tietê	24	
	<i>Total</i>	192	
TOTAL		344	100

Fonte: Adaptado de CETESB¹⁶.

Estes mesmos dados podem ser verificados no gráfico da Figura 5.

Figura 5 – Distribuição dos pontos de amostragem nas UGRHI

A preocupação em monitorar grande quantidade de locais ocorre pela necessidade de escolha dos pontos de amostragem considerando-se as áreas prioritárias dos principais corpos hídricos e seus afluentes, de acordo com o uso e ocupação do solo e dos recursos hídricos, para gerenciamento, planejamento ambiental, controle da poluição das águas e acompanhamento da evolução das condições da qualidade da água ao longo do tempo, a fim de que possam ser identificadas alterações em trechos onde a qualidade da água possa estar mais degradada e sejam tomadas ações preventivas e corretivas, para a efetiva melhoria da qualidade ambiental de cada região^{16, 52, 55}.

DERISIO⁵² enfatiza que, quando se adota rede de amostragem em vários pontos em uma rede de monitoramento, é possível se ter visão ampla da qualidade das águas de determinada bacia hidrográfica, com representatividade das condições existentes e tendências de evolução da qualidade dessas águas, além de perspectiva das áreas prioritárias para o controle da poluição.

3.6. O Rio Tietê no Estado de São Paulo

O Rio Tietê, cujo nome é de origem indígena, em idioma tupi significa “rio verdadeiro”, é o principal recurso hídrico do Estado de São Paulo, que nasce no município de Salesópolis, ao leste do Estado, a 96 quilômetros da capital, numa altitude de 850 metros com águas limpas e transparentes, contando ainda com a presença da mata ciliar para protegê-lo do assoreamento e da erosão, garantindo a biodiversidade local, e, consequentemente a qualidade da água^{59, 68, 80, 82, 90}.

Na capital paulista, o rio tem 65 quilômetros de extensão, e devido ao crescimento desordenado, ocupações irregulares no entorno e seus 11 milhões de habitantes, não pode mais contar com as características da nascente e se apresenta como um caudal de efluentes a céu aberto, e a vazão não é suficiente para diluir os poluentes oriundos de efluentes domésticos, industriais e poluição difusa, lançados sem tratamento no Tietê.

O rio percorre 1.136 quilômetros em todo o Estado, no sentido do interior, banha 62 municípios em seu percurso, faz parte de cinco unidades de gerenciamento de recursos hídricos (Alto Tietê, Sorocaba/Médio Tietê, Tietê/Jacaré, Tietê/Batalha e Baixo Tietê), e é influenciada pela UGRHI Piracicaba/Capivari/Jundiaí, até desaguar no Rio Paraná, na cidade de Itapura, fronteira com o Estado de Mato Grosso do Sul^{59, 68, 82, 90}.

De grande proporção e importância, o Tietê faz parte da história de São Paulo, desde os tempos da colonização até os dias atuais, na fundação e desenvolvimento de diversas cidades, integração de culturas, geração de energia elétrica, irrigação, dentre outros, ou seja, proporciona à população aproveitamento de suas águas para múltiplos usos, o que auxilia o crescimento e expansão urbana, territorial e industrial em todo o Estado⁶⁸.

Antigamente, antes das alterações das conformações naturais, o rio possuía características como cachoeiras e corredeiras em todo o seu percurso, porém ao longo da história do desenvolvimento urbano do Estado, teve sua caracterização adequada a cada nova realidade e o Tietê sofreu transformações no seu curso e regime hídrico, com represamentos de suas

águas, abrandamento das correntezas, retificação no perímetro urbano da cidade de São Paulo, o que o tornou descaracterizado e segmentado por uma sequência de grandes reservatórios, ocasionando o surgimento de novos ecossistemas⁶⁸.

As alterações da qualidade da água do Tietê iniciam-se próximas à nascente, no município de Biritiba Mirim, com intensas atividades agrícolas, e também no município de Mogi das Cruzes, que é uma concentração urbana que utiliza água do rio para abastecimento, a partir de onde recebe aporte de efluentes domésticos e industriais, em parte sem tratamento⁶⁸.

Na capital, o rio não tem vida aquática, principalmente por receber carga poluída de seus afluentes. Existem ações como a implementada pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), que faz o desassoreamento do leito do rio, por meio de limpeza mecânica, com a retirada de milhões de toneladas de terra e lodo acumulados, mas é insuficiente para mantê-lo limpo, devido ao aporte constante de resíduos⁹⁰.

Apesar da contribuição recebida dos Rios Sorocaba, Piracicaba, Capivari e Jundiaí, rumo ao interior do Estado tem-se observado gradativa recuperação da qualidade de suas águas ao longo do percurso, dadas as iniciativas relacionadas ao tratamento de esgotos e pela própria configuração favorável do rio, que é auxiliada pelo processo de autodepuração natural, pelas quedas d'água e corredeiras existentes imediatamente a jusante da Região Metropolitana de São Paulo, e pela sequência de ambientes formados pelos lagos das grandes represas situadas em Barra Bonita, Bariri, Ibitinga, Promissão, Nova Avanhandava e Três Irmãos⁶⁸.

A partir de Barra Bonita, a 280 quilômetros da capital, as águas do rio apresentam características de água mais limpa, autorregenerada. A mancha de poluição no Rio Tietê, que na década de 1990 alcançava o município de Barra Bonita, nos últimos anos começou a ser revertida e houve sinais de recuo em 180 km, a qual chega até o município de Salto, sinais esses percebidos pela construção ou reativação de ranchos de pesca

e clubes de campo na região, onde é possível usufruir de suas águas para lazer e pesca^{59, 68}.

Segundo CETESB⁴⁷, por ser o Rio Tietê um dos mais importantes rios do Estado, possui o maior número de pontos de monitoramento – 32, sendo cinco na rede de sedimento.

Essa distribuição de pontos demonstra a preocupação em relação à criticidade da situação das regiões banhadas pelo rio quanto à qualidade de suas águas. No seu percurso o rio atravessa cinco UGRHI, com destaque para a do Alto Tietê, que com intensa urbanização e industrialização, contribui com carga de poluentes orgânicos e inorgânicos acima da capacidade de assimilação do rio, e disponibilidade hídrica espacial desbalanceada^{47, 95}.

Segundo PAGANINI⁶⁸, a configuração atual do rio pode ser entendida como uma sequência de lagos e corredeiras, sendo o remanso Barra Bonita comparado a um ecossistema com características semelhantes a de uma lagoa de estabilização; essa analogia, em conjunto com as características de uso da região, pode justificar a melhoria da qualidade de suas águas, pois a partir desse local não se observa grandes aportes de poluição por esgotos domésticos e industriais, como é comum se observar no trecho crítico que atravessa a Região Metropolitana de São Paulo.

Em percurso de 24 quilômetros pela capital, realizado por LUZ⁵⁹, o repórter pode observar situações críticas como pessoas morando em bocas de lobo, diversos tipos de resíduos sólidos descartados no rio, como por exemplo, garrafas PET, pneus, capacetes, sofás, aparelhos eletrônicos. Ressalta que esses “objetos jogados nas ruas contribuem com 30% da poluição”. Por outro lado, encontrou presença de vida, como urubus, capivaras e até peixes; existem no local, bagres africanos, que são capazes de sobreviver em águas com oxigênio tendendo a zero. Provavelmente permaneçam e se adaptem ao local, devido às alterações ocorridas em seus habitats naturais pelo desenvolvimento urbano.

A criticidade de determinada bacia hidrográfica é definida em função da comparação da potencialidade, disponibilidade, demanda de recursos

hídricos e comprometimento com a poluição, do ponto de vista qualitativo e quantitativo, fatores necessários à sustentabilidade. Esta condição de sustentabilidade pode ser agravada devido a condições de mudanças climáticas e ações antrópicas, do ponto de vista econômico, social e ambiental, o que pode prejudicar atividades produtivas e do bem-estar social, caso não sejam tomadas medidas de caráter estrutural e comportamental⁹⁵.

PAGANINI⁶⁸ afirma que a utilização do Tietê para diversos usos e a alteração de seu regime hídrico traz várias alterações de caráter hidrológico, microclimático e ecológico, que afetam a fauna e a flora aquáticas e terrestres, sendo possível notar situações críticas em determinados afluentes de bacias hidrográficas ao longo do caudal do rio, o que torna necessário a adoção de mecanismos de uso e gerenciamento da água, a fim de que se possa garantir a qualidade do corpo hídrico, com consequente garantia da qualidade de vida, crescimento sócio econômico e melhoria das condições ambientais e de saúde pública.

Nas imagens da Figura 6 abaixo estão apresentados alguns exemplos das diferentes faces do Rio Tietê ao longo da história e de seu percurso, destacando-se a prática de esportes no passado, o ponto onde ele nasce, preservado até os dias atuais, a canalização e a retificação no perímetro urbano, os efeitos da poluição visivelmente observado pela formação de espuma, trechos onde ainda há sinais de preservação, corredeiras e barragens.

Figura 6 – As diferentes imagens do Rio Tietê

Fonte: Wikipédia. Rio Tietê. Disponível em: http://pt.wikipedia.org/wiki/Rio_Tiet%C3%AA. Acesso em 15 jan. 2012.

3.6.1. O Projeto Tietê no Estado de São Paulo

O Programa de Despoluição do Rio Tietê iniciou em 1992, após manifestação popular com 1,2 milhão de assinaturas em favor do programa. Criado pelo Governo de São Paulo e executado pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP, empresa ligada à Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos, contou com investimentos do Banco Interamericano de Desenvolvimento – BID, da SABESP e do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES, da ordem de 1,6 bilhão de dólares entre 1992 e 2008, para colocar em prática este amplo programa de saneamento ambiental. O projeto, que está na terceira etapa de execução, tem perspectiva de investimentos adicionais da ordem de 1,05 bilhão de dólares até 2015⁸⁰.

O principal objetivo do projeto é atuar diretamente nas áreas de saneamento básico, com a construção de estações de tratamento de esgotos e a ampliação do sistema de coleta e afastamento de esgotos na Região Metropolitana de São Paulo, visando melhorar as condições ambientais e de saúde pública da população⁸⁰.

Atualmente são coletados 84% dos esgotos produzidos e 70% deles são tratados na Região Metropolitana de São Paulo. Ainda estão previstas novas construções e ampliações de estações de tratamento de esgotos e instalação de tubulações para interligação às redes coletoras de esgotos na capital e nos municípios vizinhos⁸⁰.

Também foram implementadas ações para controle da poluição industrial e dos resíduos sólidos, com monitoramento de indústrias em parceria com a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB, para adequação a normas de saneamento ambiental, bem como incremento em educação ambiental^{59, 68, 80, 90}.

Na Tabela 4 está apresentada a evolução do desenvolvimento do Projeto Tietê na Região Metropolitana de São Paulo.

Tabela 4 – Evolução do desenvolvimento do Projeto Tietê na Região Metropolitana de São Paulo

Etapa	Período	Índice de coleta de esgotos	Índice de tratamento de esgotos
Anterior ao projeto	1991	70%	24%
Primeira	1992 a 1998	80%	62%
Segunda	2000 a 2008	84%	70%
Terceira	2015	87%*	84%*
Quarta	2020	95%*	93%*

* índices estimados

Fontes: LUZ⁵⁹; SABESP⁸⁰.

Na Figura 7, LUZ⁵⁹ demonstra a situação atual e os avanços esperados até 2020 na Região Metropolitana de São Paulo, enfatizando que pode haver melhora da condição atual em relação à ausência de odor e presença de alguma vida aquática e peixes nas águas do rio, com a continuidade e persistência do programa de despoluição do Rio Tietê.

Figura 7 – Situação atual e esperada até 2020 com o Projeto Tietê

Fonte: LUZ⁵⁹.

LUZ⁵⁹ enfatiza que segundo projeções realizadas por técnicos da SABESP, parte considerável do rio na capital terá condição aceitável em 2020, sem odor desagradável e com perspectiva de abrigar vida aquática; no entanto, essa condição dependerá também da redução da poluição difusa, do lançamento de resíduos sólidos e da mudança de cultura ou postura da população na região.

Uma pesquisa realizada pelo Ministério Público de São Paulo e Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, nos Rios Tietê e Pinheiros, demonstrou que o principal problema para os dois rios é a poluição causada por efluentes domésticos e industriais. Nas análises realizadas foi detectada, entre outras, a presença de matéria orgânica e variedade de resíduos de atividades agrícolas, como pesticidas (Aldrin-Dieldrin, 4,4-DDD, Alaclor), solvente carcinogênico (hexaclorobutadieno) e hidrocarboneto (fluoranteno) no Rio Pinheiros, e de herbicidas (2,4-D, 2,4,5-T), compostos organoclorados (Cis-1,2-dicloroeteno), pesticidas (Endosulfan e Endrin), metais (antimônio e cádmio), detergente e nitrogênio amoniacal no Rio Tietê⁵⁴.

3.7. Caracterização das UGRHI que compõem o Rio Tietê

Ao longo do Rio Tietê estão localizadas cinco Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos denominadas como UGRHI 6 – Alto Tietê, 10 – Sorocaba/Médio Tietê, 13 – Tietê/Jacaré, 16 – Tietê/Batalha e 19 – Baixo Tietê, além da UGRHI 5 – Piracicaba, Capivari e Jundiaí, que não está localizada no caudal do Rio Tietê, mas influencia a qualidade de suas águas, por estes afluentes desaguiarem diretamente no rio. As características de cada UGRHI estão detalhadas nos itens seguintes¹⁶.

As UGRHI predominantemente industriais têm monitoramento mais intenso, com vários pontos de amostragem concentrados nas áreas de intensa urbanização, devido às características ocupacionais, com influência de duas grandes Regiões Metropolitanas: de São Paulo e de Campinas, como é o caso das UGRHI 6 – Alto Tietê, 5 – Piracicaba/Capivari/Jundiaí e

10 – Sorocaba/Médio Tietê, diferente da UGRHI 13 – Tietê/Jacaré, que tem classificação como “em processo de industrialização” e das UGRHI 16 – Tietê/Batalha e 19 – Baixo Tietê, que têm classificação agropecuária¹⁶.

3.7.1. UGRHI 6 – Alto Tietê

A Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos – UGRHI 6 – Alto Tietê é composta por 34 municípios, possui em torno de 19 milhões de habitantes – quase metade da população do Estado, na qual se localiza a Região Metropolitana de São Paulo. Abrange a parte superior do Rio Tietê, desde a sua nascente até a barragem do Reservatório de Pirapora, numa extensão de 133 km⁴⁹.

Os principais corpos hídricos que pertencem a essa UGRHI são: Rios Tietê, Claro, Paraitinga, Biritiba-Mirim, Jundiaí, Taiaçupeba-Mirim, Embu-Guaçu, Embu-Mirim, Cotia, Baquirivu-Guaçu, Tamanduateí, Pinheiros, Juqueri e córregos Aricanduva e Cabuçu, Reservatórios Billings, Rio Grande, Rio das Pedras, Ribeirão do Campo, Ponte Nova, Paraitinga, Biritiba, Jundiaí, Taiaçupeba, Pedro Beicht, Cachoeira da Graça, Juqueri ou Paiva Castro, Edgard de Souza, Pirapora, Águas Claras e Guarapiranga⁴⁹.

Essa região concentra grande polo da riqueza nacional, e responde pela geração de aproximadamente 15% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro, com destaque para a capital – São Paulo, que centraliza a sede dos mais importantes complexos industriais, comerciais e financeiros que comandam as atividades econômicas do Brasil, destacando-se os setores de serviços, transportes, saúde e telecomunicações⁴⁹.

Os usos preponderantes da água são distribuídos entre urbano (68,5 m³/s – 79,3%), industrial (14,33 m³/s – 16,6%) e irrigação (3,59 m³/s – 4,2%)⁴⁹.

As vazões dos corpos hídricos da Região Metropolitana de São Paulo perderam gradativamente suas características naturais, devido ao intenso processo de urbanização desordenada da região, à implantação do sistema Tietê-Billings, ao recobrimento do solo permeável, às reversões de

Minas Gerais à sua foz no Rio Tietê e as sub-bacias dos Rios Capivari e Jundiaí⁴⁹.

Os principais corpos hídricos que pertencem a essa UGRHI são: Rios Capivari, Capivari-Mirim, Jundiaí, Jundiaí-Mirim, Piraí, Atibaia, Corumbataí, Camanducaia, Pirapitingui, Jacareí e Piracicaba e Reservatórios de Salto Grande, Atibainha, Cachoeira e Jaguari⁴⁹.

Essa região abrange parque industrial moderno, diversificado e segmentos de natureza complementar, com destaque para telecomunicações e informática, petróleo, papel e celulose, usinas sucroalcooleiras, alimentos e têxtil, significativa estrutura agrícola, atividades terciárias e centros de pesquisa científica e tecnológica⁴⁹.

Os usos preponderantes da água são distribuídos entre urbano (17,36 m³/s – 43,4%), industrial (14,56 m³/s – 36,4%) e irrigação (8,11 m³/s – 20,3%)⁴⁹.

As vazões do Rio Piracicaba têm registros de regimes hidráulicos mistos, segundo a sua natureza: o Rio Camanducaia registra vazões naturais, o Rio Jaguari vazões impostas pela operação do Sistema Cantareira, e o Rio Piracicaba mescla a vazão natural pelos aportes dos Rios Corumbataí e Camanducaia e artificial pelas represas dos Rios Atibaia e Jaguari^{49, 68}.

Na Figura 9 está demonstrado o mapa esquemático da UGRHI 5 – Piracicaba/Capivari/Jundiaí, contendo os principais corpos de água e municípios.

Os usos preponderantes da água são distribuídos entre urbano (5,27 m³/s – 29,3%), industrial (4,36 m³/s – 24,2%) e irrigação (8,35 m³/s – 46,4%)⁴⁹.

Na Figura 10 está demonstrado o mapa esquemático da UGRHI 10 – Sorocaba/Médio Tietê, contendo os principais corpos de água e municípios.

Figura 10 – Croqui esquemático da UGRHI 10 – Sorocaba/Médio Tietê

Fonte: Adaptado de CETESB⁴⁸.

3.7.4. UGRHI 13 – Tietê/Jacaré

A Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos – UGRHI 13 – Tietê/Jacaré é composta por 34 municípios, possui aproximadamente 1,5 milhões de habitantes – 3% da população do Estado, sendo que 96% vivem

3.7.5. UGRHI 16 – Tietê/Batalha

A Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos – UGRHI 16 – Tietê/Batalha é composta por 33 municípios, possui aproximadamente 500 mil habitantes – 1% da população do Estado, sendo que 88% vivem em áreas urbanas. Abrange a Bacia do Rio Tietê entre as barragens das Usinas Hidrelétricas de Ibitinga e Promissão⁴⁹.

Os principais corpos hídricos que pertencem a essa UGRHI são: Rio Tietê e Reservatório de Promissão⁴⁹.

Na atividade econômica da região há predomínio dos setores primários e secundários, com cultura de cana-de-açúcar, pecuária de leite e de corte, usinas de açúcar e álcool, fábricas de laticínios, frigoríficos e curtumes^{49, 68}.

Os usos preponderantes da água são distribuídos entre urbano (1,12 m³/s – 11,4%), industrial (1,47 m³/s – 15,0%) e irrigação (7,2 m³/s – 73,5%)⁴⁹.

Na Figura 12 está demonstrado o mapa esquemático da UGRHI 16 – Tietê/Batalha, contendo os principais corpos de água e municípios.

Figura 12 – Croqui esquemático da UGRHI 16 – Tietê/Batalha

Fonte: Adaptado de CETESB⁴⁸.

3.7.6. UGRHI 19 – Baixo Tietê

A Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos – UGRHI 19 – Baixo Tietê é composta por 42 municípios, possui aproximadamente 700 mil habitantes – 2% da população do Estado, sendo que 91% vivem em áreas urbanas. Abrange a Bacia do Rio Tietê entre a barragem da Usina Hidrelétrica de Promissão e a sua foz na vertente paulista do Rio Paraná, até a Bacia do Córrego Pendenga⁴⁹.

Os principais corpos hídricos que pertencem a essa UGRHI são: Rio Tietê, Reservatórios Nova Avanhandava e Três Irmãos no Rio Tietê, e Jupia no Rio Paraná⁴⁹.

Nessa região predominam atividades econômicas agroindustriais integradas e complementares. Na agricultura prevalece o cultivo de cana-de-

como sanitário, em concentrações tóxicas que possam tornar-se nocivas à saúde pelo uso contínuo.

Para avaliação e diagnóstico da qualidade das águas devem ser consideradas as variáveis físicas, químicas e biológicas de maior representatividade, tanto em função do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica contribuinte, como em função de determinada ocorrência na área de estudo, principalmente as fontes que determinam a qualidade das águas, que têm origem orgânica e inorgânica nos lançamentos de efluentes domésticos e industriais, e nas cargas difusas de origem urbana e agrícola.

Como complemento à avaliação da qualidade das águas, tem sido frequente a avaliação da qualidade dos ecossistemas aquáticos pelo compartimento sedimento, que por ser composto de material particulado orgânico ou inorgânico de ocorrência natural e antrópica, transportado e depositado no fundo de um corpo hídrico, tem função de retratar condições históricas da influência de ações antrópicas, as quais alteram os mecanismos naturais de formação dos sedimentos, como por exemplo, erosão do solo ocasionada pelas constantes obras da construção civil e lançamento de efluentes industriais e municipais e nem sempre é possível se detectar somente pelo uso de variáveis da qualidade da água^{3, 15}.

Por isso, o sedimento torna-se compartimento “importante na avaliação da intensidade e formas de impactos a que os ecossistemas aquáticos estão ou estiveram submetidos”⁵¹.

3.8.1. Dinâmica dos mecanismos de transporte de poluentes – fase líquida / fase sólida

Os sedimentos são compartimentos ambientais compostos por características abióticas (material mineral – silte, argila, areia e grãos; matéria orgânica – húmica, detritos e algal – em diversos estágios de decomposição; água intersticial; matéria inorgânica – nutrientes e metais pesados; e material coloidal – fração de interface entre ambiente líquido e

sólido, responsável pelo arraste e transporte de poluentes) e bióticas (organismos bentônicos – macroinvertebrados, cianobactérias e outros)⁵⁷.

Funcionam como parte integrante e ativa do ecossistema aquático, participando no equilíbrio e integração das cargas poluentes solúveis e insolúveis recebidas pelas águas, onde ocorrem processos biológicos, físicos e químicos que influenciam o metabolismo e a interação hidroquímica de todo o sistema.

Os aportes externos inseridos no corpo hídrico sofrem transformações químicas e físicas, cujo material em suspensão é gradualmente depositado no sedimento. A alteração da qualidade dos sedimentos pode proporcionar problemas aos corpos hídricos, como a piora da qualidade da água, diminuição da velocidade da corrente, impacto e alteração na biodiversidade bentônica, prejuízo à atividade pesqueira e à navegação devido ao assoreamento^{57, 61}.

Os contaminantes provenientes de descargas industriais e domésticas, quando liberados na água, podem ser adsorvidos ou ligar-se ao material particulado e, dependendo das características do corpo hídrico, depositam-se e podem ser incorporados ao sedimento, ou seja, à fase sólida, tornando-se menos biodisponíveis do que na fase líquida. No entanto, o sedimento é um compartimento ativo, que não somente acumula material oriundo da coluna d'água, como também reprocessa esse material, podendo torná-lo novamente disponível em solução, por mudanças no regime hídrico e inversão térmica, por exemplo^{57, 61}.

A zona de contato entre o sedimento e a coluna líquida tem influência direta e fundamental na qualidade das águas e pode ser considerada como fonte potencial de contaminação dos rios, pois o acúmulo e a redistribuição de contaminantes, como os metais pesados, por exemplo, que, lançados nos rios, atingem os sedimentos de fundo, não são permanentemente fixados, permanecem no corpo hídrico, podem ser revolvidos e retornar à biota aquática ou à coluna líquida por processos biogeoquímicos, ou seja, por alterações nas condições físicas e químicas ou até por atividades biológicas e microbiológicas.

Estas alterações podem ser ocasionadas por atividades que interfiram no leito dos rios, como aumento da vazão por causa de chuvas ou dragagens de desassoreamento ou aprofundamento da calha de rios, entre outras^{1, 3, 15, 58}.

O critério de avaliação dos sedimentos é realizado por meio de análises de variáveis físicas (granulometria, resíduos e umidade), químicas (orgânicas e inorgânicas) e biológicas (subdivididas em hidrobiológicas – bentos, ecotoxicológicas – ensaios de ecotoxicidade e toxicológicas – ensaios de mutagenicidade)⁴⁸.

Compreender a composição do sedimento e suas propriedades permite adequado planejamento ambiental por meio de diagnóstico e caracterização dos ambientes aquáticos de determinada região. A determinação de concentrações de variáveis químicas possibilitam avaliar a possível acumulação de poluentes oriundos de fontes pontuais e difusas, além de classificar os sedimentos segundo efeitos tóxicos esperados⁶¹.

3.8.2. Presença de metais na água e no sedimento

CASTRO¹⁰ subdivide os elementos químicos metais em comuns ou leves, que apresentam baixas densidades (menores do que cinco vezes a da água), e os pesados com altas densidades (maiores do que cinco vezes a da água).

Alguns metais leves, como por exemplo, sódio, potássio, cálcio, magnésio e ferro são considerados necessários e benéficos para as funções vitais; no entanto, alguns metais pesados, como por exemplo, cobre, cromo, manganês e zinco, dentre outros, podem ser considerados como fundamentais ao metabolismo humano, porém em concentrações adequadas, por terem potencial de toxicidade quando ingeridos em concentrações excessivas¹⁰.

Já outros metais pesados como cádmio, chumbo e mercúrio não são elementos essenciais ao metabolismo, são extremamente tóxicos e causam

efeitos adversos à saúde humana, mesmo em baixas concentrações, pois podem atingir o homem pela água, pelo ar e pelo sedimento, com tendência de acumulação nos tecidos biológicos, sendo que alguns podem se acumular ao longo da cadeia alimentar^{10, 48, 57, 69, 74}.

Essas substâncias podem causar prejuízos aos ecossistemas naturais ou inviabilizar os sistemas de tratamento de esgotos, que adotam processos biológicos.

Os metais podem ser encontrados nas águas naturais na forma de íons hidratados de complexos estáveis, de partículas inorgânicas precipitadas que se mantêm em suspensão, absorvidos em partículas em suspensão na massa líquida, ou misturados nos sedimentos, que podem apresentar elevadas concentrações, ou até serem incorporados aos organismos vivos⁷⁴.

As análises dessas substâncias químicas são utilizadas para avaliar de forma indireta a presença dos contaminantes tóxicos na água, normalmente oriundos de processos naturais, tais como vulcanismo terrestre e depósitos naturais, ou de processos antrópicos, tais como emissões atmosféricas, lançamentos de efluentes industriais de indústrias extrativistas, de tintas e pigmentos, galvanoplastias, químicas, de formulação de compostos orgânicos e inorgânicos, tais como couros, peles, ferro e aço, lavanderias e petróleo^{48, 57, 74}.

Segundo BEVILACQUA³, em complemento à avaliação de qualidade das águas, é de fundamental importância a utilização da avaliação da qualidade dos sedimentos no controle ambiental, uma vez que mudanças nos processos biogeoquímicos podem propiciar diferente disposição dos metais para a biota aquática. No entanto, ressalta que a determinação da concentração total de determinado metal fornece apenas informações sobre a taxa de armazenamento, porém não determina a sua mobilidade ou sua disponibilidade biológica.

Enfatiza, ainda, que os metais podem apresentar altas concentrações de contaminação, por possuírem tendência de coprecipitação e adsorção nos materiais particulados presentes na água e que sedimentam,

tais como, matéria orgânica (colóides, bactérias e algas, por exemplo) e sólidos inorgânicos (óxidos, hidróxidos de metais e argilas, por exemplo).

Nos subitens 3.8.2.1 a 3.8.2.8 estão descritas as características dos metais estudados nesta pesquisa – alumínio, cádmio, chumbo, cobre, cromo, mercúrio, níquel e zinco, que têm padrões de classificação das águas naturais e de emissão de efluentes, com limites definidos na Resolução CONAMA nº 357/2005 e suas alterações, e são integrantes da avaliação anual da Rede de Monitoramento operada pela CETESB^{48, 74}.

3.8.2.1 Alumínio

O alumínio é elemento abundante nas rochas e minerais e ocorre naturalmente no ambiente como silicatos, óxidos e hidróxidos e combinados a outros elementos como sódio, flúor e matéria orgânica; aparece em frutas, vegetais e cereais, sendo que pequenas quantidades são absorvidas pelo aparelho digestório, e quase todo o excesso é eliminado pelas fezes.

Nas águas naturais doces e marinhas são encontradas baixas concentrações de alumínio, devido à sua baixa solubilidade, precipitação ou absorção como hidróxido ou carbonato, já nas águas de abastecimento e residuárias, aparece como resultado do processo de coagulação em que se emprega o sulfato de alumínio^{13, 74}.

Apesar de não ser considerada substância tóxica ou prejudicial à saúde no curto prazo, tem padrão organoléptico de potabilidade determinado para alumínio dissolvido em águas destinadas a abastecimento público, e tem sido relacionada com doenças de alteração neuro-comportamentais. As principais vias de exposição são a inalatória e a oral, pela ingestão de alimentos e medicamentos que contêm o metal, como antiácidos e analgésicos tamponados^{13, 74}.

O alumínio dissolvido tem participação significativa em reações de intemperismo, diagêneseⁱ de sedimentos, tratamento de águas para consumo humano e toxicidade para plantas, e também para peixes, pois em contato com as brânquias pode formar gel, que impede a absorção de oxigênio dissolvido na água, causando a asfixia dos mesmos⁷⁷.

O metal é utilizado na indústria automobilística, construção civil, aeroespacial, elétrica, eletrônica, utensílios domésticos e embalagens de alimentos; na indústria farmacêutica, os compostos são utilizados como antiácidos, antiperspirantes e adstringentes; no tratamento de água, os sais são utilizados como coagulantes para reduzir matéria orgânica, cor, turbidez e microrganismos¹³.

Ainda segundo CETESB¹³, *“concentrações do alumínio dissolvido em águas com pH próximo a neutro geralmente estão entre 0,001 e 0,05mg/L, mas aumentam para 0,5–1mg/L em águas mais ácidas ou ricas em matéria orgânica, podendo chegar a valores acima de 90mg/L em águas extremamente acidificadas afetadas por drenagem ácida de mineração”*.

3.8.2.2 Cádmio

O cádmio é considerado uma substância inorgânica de potencial tóxico e cancerígeno para o ser humano, devido à sua instabilidade, como também é prejudicial para as plantas até mesmo em baixas concentrações; é bioacumulativo em organismos aquáticos e pode acumular-se na cadeia alimentar. Atinge a população geral principalmente pelos alimentos como verduras, batata e fígado, de forma natural, bem como é um subproduto da produção de zinco. Há pouca concentração em carnes, peixes, ovos e produtos lácteos; no entanto, órgãos internos, como fígado e rim, podem ter concentrações mais elevadas. Normalmente produtos de origem vegetal contêm mais cádmio que produtos de origem animal.

ⁱ Mudança física, química ou biológica sofrida pelo sedimento.

As fontes naturais de cádmio para os rios, e, posteriormente, para os oceanos é a atividade vulcânica e o intemperismo a partir de rochas sedimentares e fosfáticas e incêndios florestais. Nas águas naturais é lançado por atividades antropogênicas, como subproduto da fusão do zinco, combustão de carvão, atividades de incineração, descargas de efluentes industriais, principalmente as indústrias metalúrgicas, galvanoplastias, pigmentos, plásticos, soldas, lubrificantes, equipamentos eletrônicos, pilhas e baterias, e também é usado como fertilizante fosfatado^{13, 68,69, 74, 77}.

Não é considerado como elemento benéfico ou essencial aos seres vivos, por apresentar efeito agudo: pode ser fatal se inalado; e também efeito crônico, por se acumular nos rins, no fígado, no pâncreas e na tireoide, além de se concentrar em macroinvertebrados, fitoplâncton, zooplâncton e peixes. Os órgãos-alvos da toxicidade do metal são rins e ossos após exposição oral, e rins e pulmões na exposição por inalação.

É considerada ainda, substância que causa problemas aos seres humanos, como disfunção renal crônica com incremento de proteínas na urina, hipertensão, arteriosclerose, inibição no crescimento, efeitos na reprodução, câncer, e é irritante gastrointestinal, causando náuseas, vômitos, diarreias e dores abdominais; pode causar intoxicação aguda ou crônica sob a forma de sais solúveis. A inalação de fumos pode causar pneumonite, enfisema pulmonar, e traqueobronquite em seres humanos e animais^{13, 68,69, 74, 77}.

Na água, sais e complexos de cádmio são solúveis e apresentam mobilidade; já no sedimento, as formas não solúveis ou adsorvidas são imóveis. Quanto maior o pH, maior a disponibilidade¹³.

Para o cádmio existe padrão de lançamento para efluentes e de classificação das águas naturais, sendo que nas águas, para as classes mais exigentes, os valores estabelecidos são bastante restritivos, em virtude do tratamento convencional não remover metais pesados com a eficiência requerida^{10, 68, 69, 72, 74}.

3.8.2.3 Chumbo

O chumbo é um elemento químico tóxico, utilizado na forma de metal, puro ou ligado a outros metais ou compostos químicos. Utiliza-se chumbo em indústrias químicas, de baterias elétricas e acumuladores, metalúrgicas e de construção, solda, blindagem de equipamentos de raios X, revestimento na indústria automotiva, uso indevido em tintas, esmaltes e pigmentos, tubulações e acessórios à base de chumbo. Está presente no ar, no tabaco, nas bebidas e nos alimentos de forma natural, por contaminação ou na embalagem e na água devido às descargas de efluentes industriais, sobretudo de siderúrgicas, ou seja, por atividades antropogênicas.

Para o ser humano, tem por vias de exposição a oral e a inalatória. Pode ser substância letal ou prejudicial à saúde, que provoca intoxicação aguda ou crônica chamada saturnismo, com efeito sobre o sistema nervoso central, causando deficiências neurológicas e problemas comportamentais, além de problemas como tontura, dor de cabeça, perda de memória, fraqueza, irritabilidade, inibição de cálcio e proteínas, náusea, dor abdominal com constipação, disfunção renal e anemia, por causa da inibição da síntese da hemoglobina.

O chumbo tende a se acumular nos tecidos humanos e de outros seres vivos, como macroinvertebrados, fitoplâncton, zooplâncton, peixes, pode ser absorvido pelas raízes das plantas, acumular-se nas folhas e ser devolvido para as águas quando estas se desprendem.

Para esta substância, existe padrão de emissão para efluentes e de classificação das águas naturais, sendo que nas águas, para as classes mais exigentes, os valores estabelecidos são bastante restritivos, em virtude do tratamento convencional não remover metais pesados com a eficiência requerida^{13, 68, 69, 71, 74, 77}.

3.8.2.4 Cobre

O cobre é um metal pesado abundante na natureza, podendo ser encontrado em rochas, solo, água e ar, e a forma elementar não se degrada no ambiente; é considerado essencial e benéfico ao organismo humano em pequenas quantidades e importante em sistemas enzimáticos, como por exemplo, catalisa a assimilação do ferro e seu aproveitamento na síntese da hemoglobina do sangue, facilita a cura de anemias e na reconstituição de vários tecidos.

A exposição humana pode ser por inalação, ingestão de alimentos e água ou contato dérmico.

Nos peixes provoca morte por asfixia, por provocar o acúmulo de muco nas brânquias. O cobre ocorre naturalmente nas águas superficiais e subterrâneas em baixas concentrações, mas pode ser introduzido ao meio ambiente por atividades antropogênicas, como por exemplo, pela corrosão de tubulações metálicas por águas ácidas, efluentes de estações de tratamento de esgotos, uso de compostos de cobre como algicidas aquáticos, escoamento superficial e contaminação da água subterrânea a partir de usos agrícolas do cobre como fungicida e pesticida no tratamento de solos e efluentes, precipitação atmosférica de fontes industriais, tratamento galvânico de superfícies, queima de carvão como fonte de energia e incineração de resíduos municipais. As principais fontes industriais incluem indústrias de mineração, fundição e refinação. O cobre também é utilizado como algicida em estações de tratamento de água para abastecimento público na forma de sulfato de cobre^{10,13,68,69, 74}.

A presença de cobre em concentrações menos elevadas (5 mg/L) torna a água com sabor desagradável ao paladar, e a ingestão de sais de cobre em concentrações muito elevadas (20 mg/L por dia) pode produzir danos à saúde humana, podendo causar náuseas, vômito, dores abdominais, diarreia, anemia aguda hemolítica, dano renal e hepático e, em alguns casos, a morte. Efeitos adversos à saúde podem ocorrer tanto pela deficiência, como pelo excesso. Concentrações entre 1,5 e 3,0 mg/dia

podem causar, por exemplo, anemia e deficiência de leucócitos e neutrófilos na corrente sanguínea.

Não é considerado bioacumulativo na biota aquática, tampouco nos seres humanos, pois o metal ingerido por alimentos e água não ficam totalmente retidos no organismo.

Para os peixes, as doses elevadas de cobre são nocivas, levando à morte por asfixia, devido à coagulação do muco das brânquias, com doses de 0,5 mg/L, por exemplo, para trutas, carpas, bagres, dentre outros. Para os microrganismos concentrações superiores a 1,0 mg/L são prejudiciais.

O cobre dissolvido encontra-se na forma complexada, fixado por minerais do solo, precipitados com outros componentes, na biomassa e complexados com a matéria orgânica, e não como íon livre^{10, 13, 68, 69, 74}.

Para o cobre dissolvido existe padrão de lançamento para efluentes e de classificação das águas naturais, sendo que nas águas, para as classes mais exigentes, os valores estabelecidos são bastante restritivos, em virtude do tratamento convencional não remover metais pesados com a eficiência requerida. Não existe padrão para o cobre total^{10, 68, 69, 72, 74}.

3.8.2.5 Cromo

O cromo é um metal resistente à corrosão, com formas diferentes de oxidação: bi, tri e hexavalente. As formas tri e hexavalente são mais estáveis e aparecem na composição de óxidos, sulfatos, cromatos, dicromatos e sais básicos.

Suas fontes de exposição são oral ou inalatória. É considerado como nutriente essencial para os seres vivos na forma trivalente, pois atuam na manutenção do metabolismo da glicose, lipídeos e proteínas; a deficiência pode prejudicar a ação da insulina. São fontes deste nutriente os ovos e os peixes, que apresentam maiores concentrações. Porém, concentrações excessivas podem produzir efeitos corrosivos na pele, no septo nasal, no aparelho digestivo e falência renal aguda.

Situação oposta à forma trivalente ocorre na forma hexavalente, que é considerada altamente tóxica, fortemente oxidante e carcinogênica. Derivado da oxidação industrial do cromo da mineração e possivelmente da queima de combustíveis fósseis, madeira e papel, pode permanecer no ambiente aquático por longos períodos^{10, 11}.

O cromo, substância pouco encontrada em águas naturais, pode atingir as águas dos rios e depositar-se nos sedimentos, devido às atividades antropogênicas, por ser introduzido no meio ambiente principalmente pelos processos industriais, e muito empregado em indústrias de aço, aço inoxidável, ligas metálicas, plástico, estruturas da construção civil, galvanoplastias, cromeação de peças, coloração de vidros, formas e tijolos refratários, tratamento de couro em curtumes, tintas e pigmentos, têxtil, circulação de águas de refrigeração, preservação da madeira, e também utilizado como anticorrosivo^{10, 13, 72, 74, 77}.

Para o cromo existe padrão de lançamento para efluentes nas formas tri e hexavalente, e de classificação das águas naturais na forma total, sendo que nas águas, para as classes mais exigentes, os valores estabelecidos são bastante restritivos, em virtude do tratamento convencional não remover metais pesados com a eficiência requerida^{10, 68, 69, 72, 74}.

3.8.2.6 Mercúrio

O mercúrio é substância metálica encontrada naturalmente no ambiente, sob a forma elementar, inorgânica e orgânica, oriunda de emissões vulcânicas, evaporação natural da crosta terrestre e minas de mercúrio. Está presente em toda biosfera e nas cadeias alimentares, é facilmente absorvido pelo organismo, não é essencial nem benéfico, é altamente tóxico ao homem, tanto na forma aguda, cuja intoxicação causa náuseas, vômitos, dores abdominais, diarreia e danos aos ossos, quanto na forma crônica, pois afeta glândulas salivares, rins, altera funções psicológicas, psicomotoras e pode ser fatal com doses de 3 a 30 g, além de

apresentar efeito bioacumulativo, provocar lesões neurológicas e ter potencial carcinogênico.

A ingestão de alimentos com elevadas concentrações de metilmercúrio causa danos ao sistema nervoso, em áreas sensoriais e de coordenação, com efeitos como formigamento nas extremidades e ao redor da boca, falta de coordenação e diminuição do campo visual. Mães contaminadas por altas concentrações podem prejudicar o desenvolvimento da criança e acarretar em paralisia cerebral.

Muitas pessoas possuem traço de mercúrio nos tecidos, no entanto, o maior interesse para a saúde humana é conhecer a quantidade de metilmercúrio, que é absorvido muito rápido pelo organismo, principalmente no trato gastrointestinal, e distribuído pelo corpo, com facilidade de introdução na placenta e no cérebro.

A inalação crônica de baixas concentrações de vapores do metal pode causar distúrbios neurológicos, problemas de memória, erupções cutâneas e insuficiência renal¹³.

Sobre os ecossistemas aquáticos podem causar sérios efeitos, dada a reação com matéria orgânica, resultando em compostos orgânicos mais tóxicos, devido à conversão da forma elementar e inorgânica em metilmercúrio, que é a forma mais tóxica do metal e acumula na cadeia trófica alimentar, podendo chegar até os seres humanos, principalmente através dos peixes que concentram a substância de forma intensa.

É bastante utilizado no processo de extração do ouro. Primeiro é considerado problema ocupacional, pela inalação do vapor pelo garimpeiro, que pode causar problemas pulmonares, em seguida passa a ser problema ambiental, principalmente pela descarga do material nas águas sem nenhum tipo de controle. Outras atividades que também têm risco ocupacional são os consultórios odontológicos e as fundições.

O mercúrio origina-se também na produção de cloro e soda, em alguns agrotóxicos, em processos industriais de produtos medicinais e odontológicos, termômetros, desinfetantes, pigmentos, tintas e vernizes, disjuntores elétricos, eletrodos, baterias, lâmpadas fluorescentes, materiais

fotográficos, incineração de resíduos sólidos, queima de combustíveis fósseis, como conservante de vacinas, na forma de timerosal (etilmercúrio tiosalicilato de sódio).

As principais fontes de mercúrio para o globo terrestre são as atividades antrópicas e as reações químicas e bioquímicas que envolvem mercúrio na atmosfera e nos corpos hídricos. Quando liberado, o mercúrio permanece no ambiente, circula entre o ar, a água, o sedimento, o solo e a biota, a maioria das emissões na forma elementar, muito estável, pode permanecer na atmosfera por meses ou anos, e possibilitar o transporte por longas distâncias^{10, 13, 68, 69, 72, 74}.

Devido aos sérios efeitos causados pelo mercúrio aos ecossistemas aquáticos, os padrões de classificação das águas naturais são bastante restritivos^{10, 13, 68, 69, 72, 74}.

3.8.2.7 Níquel

O níquel é metal flexível, que circula no solo, na água, no ar e na biosfera em concentrações traços, por processos químicos e físicos, e biologicamente transportado por organismos vivos. Nos alimentos encontra-se níquel em altas concentrações nos moluscos e crustáceos. Não é bioacumulativo, pois a maior parte do níquel ingerido é excretada sem absorção.

É substância muito utilizada em galvanoplastias, processos de mineração e fundição do metal, fusão e modelagem de ligas de aço, indústrias de aço inoxidável, eletrodeposição, fabricação de moedas, baterias alcalinas e cofres de segurança, equipamentos de computador, próteses clínicas e dentárias, pigmentos inorgânicos, indústrias de alimentos, artigos de panificadoras, refrigerantes, sorvetes e dessalinização de água do mar. Origina-se também da queima de combustíveis fósseis e incineração de resíduos sólidos, por exemplo.

Atinge a água a partir da atmosfera, erosão do solo e rochas, resíduos municipais e efluentes industriais, é transportado com partículas

precipitadas com material orgânico, e pode ser depositado nos sedimentos por processo de precipitação, complexação, adsorção em argila e agregado à biota.

É considerado elemento essencial como traço para muitas espécies, mas possui efeitos carcinogênicos nos seres humanos, tendo como forma mais volátil, tóxica e insolúvel na água, o níquel-carbonílico, que afeta pulmões e rins; e é instável no ar, pois se transforma em óxido de níquel, substância considerada carcinogênica^{10, 13, 68, 74}.

Ainda não há muitos estudos sobre a toxicidade específica do níquel, mas tem-se conhecimento de que íons metálicos, em soluções diluídas, podem precipitar a secreção da mucosa produzida pelas brânquias dos peixes, prejudicar as trocas gasosas com a água e levar esses organismos à morte por asfixia.

A exposição humana pode ocorrer por inalação, ingestão de água e alimentos ou contato com a pele. Pode causar dermatites de contato por meio de bijuterias ou adereços de roupas, dores de estômago e alterações sanguíneas (aumento de glóbulos vermelhos) e renais (perda de proteínas na urina), danos aos nervos cardíacos e respiratórios, podendo causar bronquite crônica, diminuição da função pulmonar e câncer nos pulmões e seios nasais^{10, 13, 68, 74}.

Para o níquel existe padrão de lançamento para efluentes e de classificação das águas naturais, sendo que nas águas, para as classes mais exigentes, os valores estabelecidos são bastante restritivos, em virtude do tratamento convencional não remover metais pesados com a eficiência requerida^{10, 68, 69, 72, 74}.

3.8.2.8 Zinco

O zinco é substância encontrada comumente nas águas naturais, que, em quantidades adequadas, é considerado elemento essencial e benéfico para o metabolismo humano, principalmente para a atividade da insulina e compostos enzimáticos, e na síntese de substâncias que atuam no

crescimento. É necessário ainda, para a produção da clorofila e para a formação dos carboidratos, e também essencial ao organismo dos animais e das plantas. São fontes de zinco: ostras, carnes, nozes e cereais.

Por outro lado, causa efeitos tóxicos às algas e sobre o sistema respiratório dos peixes, podendo causar asfixia; em concentrações maiores que 5 mg/L, confere sabor às águas. É prejudicial à saúde se ingerido em altas concentrações diárias, o que pode provocar intoxicação e acumular nos tecidos do organismo humano.

É amplamente utilizado em galvanoplastias na forma metálica e de sais, como por exemplo, cloreto, sulfato e cianeto, e podem atingir o meio ambiente por processos naturais e antrópicos, como fabricação de moedas, pigmentos, tintas, cosméticos, sabões, produção de zinco primário, combustão de madeira, incineração de resíduos, e produção de ferro e aço^{10, 68, 69, 72, 74}.

Para o zinco existe padrão de lançamento para efluentes e de classificação das águas naturais, sendo que nas águas, para as classes mais exigentes, os valores estabelecidos são bastante restritivos, em virtude do tratamento convencional não remover metais pesados com a eficiência requerida^{10, 68, 69, 72, 74}.

3.8.3. Presença de compostos orgânicos na água e no sedimento

Os compostos orgânicos são substâncias que possuem carbono em sua composição e podem ser naturais, com origem nos seres vivos, plantas e animais, ou por reações químicas em processos fermentativos, ou por síntese, onde ocorre grande variedade de compostos diferentes.

Diferenciam dos compostos inorgânicos nos seguintes aspectos: possuem pesos moleculares elevados, muitos são combustíveis, possuem baixos pontos de fusão e ebulição, podem ser isômeros, ou seja, possuem moléculas com mesmas espécies e número de átomos, mas com estrutura diferente, são pouco solúveis em água, as reações moleculares são de baixa

velocidade e elevado nível energético, servindo de nutrientes para bactérias e outros organismos⁷⁴.

Nos subitens 3.8.3.1 a 3.8.3.3 estão descritas as características dos compostos orgânicos que podem causar efeitos deletérios à saúde humana, os quais têm padrões de classificação das águas naturais e de emissão de efluentes, com limites definidos na Resolução CONAMA nº 357/2005 e suas alterações, e que são integrantes da avaliação anual da Rede de Monitoramento operada pela CETESB^{48, 74}.

3.8.3.1 HPA – Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos

Os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos são substâncias químicas orgânicas que constituem família de compostos com dois ou mais anéis aromáticos condensados; não possuem cor, possuem pouco odor, solubilidade limitada em ambientes aquáticos e em solventes orgânicos.

São encontrados como constituintes de misturas complexas, com ampla distribuição em todos os compartimentos ambientais, potencialmente tóxicos, carcinogênicos e com tendência de adsorção em partículas sólidas, como materiais em suspensão, tecidos biológicos e sedimentos^{2, 9, 53, 65, 70, 74, 77}.

A complexidade das amostras, a variabilidade da composição das misturas e as baixas concentrações que, normalmente se observa nos processos analíticos, torna necessária a utilização de metodologias extremamente seletivas, sensíveis e hábeis para identificar e determinar a concentração do contaminante.

Pode se citar como exemplos de HPA as substâncias: acenafteno, acenaftileno, antraceno, benzo(a)antraceno, benzo(b)fluoranteno, benzo(k)fluoranteno, benzo(g,h,i)perileno, benzo(a)pireno, criseno, dibenzo(a,h)antraceno, fenantreno, fluoranteno, fluoreno, indeno(1,2,3-cd)pireno, naftaleno e pireno.

Os HPA podem originar-se da natureza, a partir de atividades magmáticas em fundo oceânico, síntese por organismos aquáticos ou

terrestres, incêndios florestais (queima de lenha em geral), emissões vulcânicas e combustão espontânea de biomassa de ambientes marinhos; ou origem em atividades antrópicas, como, por exemplo, efluentes industriais e domésticos, processos de combustão de material orgânico, queima de combustíveis fósseis, produção de asfalto, incineração de lixo, extração de óleo cru, gás natural, derivados de petróleo e madeira para geração de energia e aquecimento, combustão de derivados de petróleo em embarcações, veículos terrestres e aeronaves, superfície de alimentos queimados ou chamuscados (levemente queimados), queimadas em áreas de cobertura vegetal, entre outros^{2, 9, 53, 65, 70, 74, 77}.

Os HPA constituem ameaça potencial para a saúde da população, com maior risco para pessoas que residem ou trabalham em ambientes que têm influência das fontes dessas substâncias. A concentração deste contaminante tem características de volatilidade e afinidade por superfícies das partículas atmosféricas.

A exposição humana origina-se principalmente da contaminação ambiental, a partir de processos de oxidação incompleta de matérias orgânicas e são encontrados na natureza, tanto na fase gasosa, quanto adsorvidas no material particulado, como contaminantes de água, solo, ar, plantas e alimentos, mais comumente em áreas urbanizadas e industrializadas.

A absorção dos HPA e seus derivados pode ocorrer pela pele, por ingestão ou inalação, são rapidamente distribuídos pelo organismo, e possuem tendência de bioacumulação^{2, 9, 53, 65, 70, 74, 77}.

3.8.3.2 Pesticidas organoclorados

Os pesticidas, substâncias também conhecidas como agrotóxicos, praguicidas ou defensivos agrícolas são agentes físicos, químicos ou biológicos utilizados nos setores de produção, armazenamento e beneficiamento dos produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas, de outros ecossistemas e de ambientes urbanos, hídricos e

industriais, com a finalidade de prevenir, combater ou controlar pragas ou doenças que prejudiquem culturas agrícolas da ação danosa de seres vivos considerados nocivos⁷.

Os pesticidas orgânicos sintéticos são classificados como clorados ou organoclorados, piretrinas, fosforados, clorofosforados e carbamatos e possuem longo efeito residual. Podem ser citadas como exemplos de pesticidas organoclorados as substâncias apresentadas no Quadro 2 abaixo^{72, 74, 75}.

Quadro 2 – Exemplos de pesticidas organoclorados e suas principais características

COMPOSTO	CARACTERÍSTICA
Aldrin e Dieldrin	Ação inseticida em culturas de algodão e milho, rapidamente metabolizado em Dieldrin pela ação da luz solar e bactérias. Por isso, o Dieldrin é predominante no ambiente, mesmo que o Aldrin tenha sido utilizado. Exposição por alimentos contaminados, ingestão de água e por via respiratória. Uso banido devido à alta persistência no ambiente e capacidade de bioacumulação. Considerado poluente orgânico persistente (POP).
Clordano (Cis e Trans)	Inseticida de agricultura, jardinagem e controle de cupins. Mistura de mais de 140 compostos. Isômeros cis e trans correspondem a 60-85% do clordano técnico.
Tricloro bis (clorofenil) etano (DDT)	Organoclorado mais persistente e durável de todos os inseticidas de contato, devido à sua insolubilidade na água, baixa pressão de vapor e resistência à decomposição por luz e oxidação; utilizado no controle de vetores transmissores de doenças como febre amarela, malária, tifo, dengue e outras.
DDE, DDD	Organoclorados produtos de degradação ambiental de contaminação remota no processo de biotransformação do DDT. Prolongada ação residual.
Endrin	Inseticida obtido da conversão epoxidativa do Isodrin com ácido peracético. Exposição por alimentos contaminados.
Endosulfan	Inseticida e acaricida que age por contato e ingestão nos alvos biológicos. Utilizado em produção de algodão, café, cana-de-açúcar e soja. Extremamente tóxico e altamente perigoso ao meio ambiente. Produtos da degradação: Endosulfan I, Endosulfan II e Endosulfan sulfato, este é produto da degradação dos dois primeiros.
Heptacloro	Inseticida para controle de pragas do solo, sementes e insetos domésticos. Produto da degradação do clordano.
Heptacloro epóxido	Produto de biotransformação de heptacloro rapidamente formado.
Hexaclorobenzeno (HCB)	Subproduto de processos químicos de indústrias de solventes clorados e pesticidas contaminados por HCB.
Hexaclorociclohexano (HCH / popular BHC)	Inseticida fitossanitário, organoclorado persistente, utilizado no combate de vetores da malária e da doença de Chagas.
Mirex	Inseticida de agricultura, controle de cupins e formigas e como retardante de chamas.
Lindano	Composto sintético persistente, bioacumulativo e tóxico oriundo do hexaclorociclohexano (HCH). Utilizado inicialmente como inseticida agrícola e posteriormente aplicado em fórmulas médicas, para extermínio de sarna, piolhos e ovos. Pode ser encontrado no ar, na água, no solo, no sedimento, em organismos aquáticos e terrestres e em alimentos.
Toxafeno	Inseticida composto por mais de 670 substâncias/congêneres, amplamente usado na década de 1970, no controle de pragas do algodão, de cereais, árvores frutíferas e vegetais, entre outras culturas. Tóxico, persistente e bioacumulativo. Devido à sua baixa solubilidade em água encontra-se mais facilmente no ar, solos ou nos sedimentos dos leitos de rios e lagos.

Fonte: CETESB¹³; MELLO⁶⁰; NIWA⁶⁶; NORTOX⁶⁷; PEREIRA et al.⁷³; SILVA⁸⁹; WIKIPÉDIA⁹⁶.

Os pesticidas são disseminados na agricultura convencional como controle químico de pragas de curto prazo, para evitar a infestação de pragas e doenças e a perda de safras pela ação predatória; no entanto, podem causar desequilíbrios biológicos e favorecer o aparecimento de novas pragas pela eliminação de seus predadores naturais, efeitos adversos em insetos polinizadores, contaminação ambiental devido à ação de ventos e águas pluviais, ação residual através dos alimentos e resistência das pragas aos produtos, exigindo paulatinamente o uso de doses maiores ou até mesmo sua substituição. O uso indiscriminado sem controle de dosagens, manuseio indevido dos recipientes, descarte de restos de produtos e lavagens de embalagens nas águas naturais, podem ser consideradas como causas de danos à saúde dos seres humanos e ao meio ambiente, principalmente aos ecossistemas aquáticos.

São considerados como carga difusa de contaminação química, causando impactos sobre as águas naturais e são difíceis de serem avaliados, principalmente quando utilizados inadequadamente, podendo causar mortes ou intoxicações graves, destruição da plantação e contaminação ambiental^{72, 74, 75}.

Segundo PLANETA ORGÂNICO⁷⁵, Rachel Carson foi “*pioneira na denúncia dos danos ambientais causados por tais produtos*”, pois publicou em 1962 o livro “Primavera Silenciosa (Silent Spring)”, cuja obra já alertava e detalhava os efeitos deletérios desses produtos químicos nas defesas do ambiente natural, no solo, na água, nos animais selvagens e no próprio homem, com a utilização dos pesticidas e inseticidas químicos sintéticos.

Apresentam baixa toxicidade aguda, baixa solubilidade em água, são substâncias persistentes por muitos anos nos ecossistemas e com facilidade de bioacumulação, pois são lipossolúveis (solúveis no tecido adiposo). Podem causar sérios problemas de toxicidade crônica e são considerados como carcinógenos em potencial, pois podem contaminar o homem por via oral, respiratória e dérmica, diretamente ou através da cadeia alimentar, atacando o sistema circulatório, excretor, nervoso central, com

alterações no comportamento, distúrbios sensoriais de equilíbrio, da atividade muscular involuntária e depressão dos centros vitais como a respiração, entre outros, nos médio e longo prazos.

Nos casos de intoxicações agudas são observados sintomas neurológicos de inibição, hipersensibilidade, parestesia na língua, lábios e membros inferiores, fotofobia, convulsões, podendo levar ao coma e à morte. Em caso de inalações pode ocorrer tosse, rouquidão e hipertensão. E na ingestão podem ocorrer náuseas, vômitos, diarreias e cólicas.

Desde 1985 já estão proibidas a venda e a utilização dos agrotóxicos mais nocivos: DDT, Eldrin, Aldrin, Dieldrin, Clordano e Lindano, Heptacloro, Gama BHC, Parathion, Azodrin, Nuvacron, Aldicarb (Temik), Clordimeform, Gelecron, Fundal, 2-4-3T, EDB, DBCP, Paraquat e fungicidas à base de mercúrio.

Atualmente seu uso é proibido ou restringido pelo Decreto Federal nº 3.964, de 21 de dezembro de 2000, que dispõe sobre o controle e a fiscalização de agrotóxicos e obriga as indústrias a registrar componentes de matérias-primas, ingredientes inertes e aditivos usados na fabricação dos agrotóxicos, com informações no rótulo e nas bulas, para orientar o consumidor sobre todos os componentes contidos na formulação, devido às características de persistência e baixa taxa de degradação no corpo e no meio ambiente, e os consequentes efeitos patológicos no longo prazo^{16, 72, 74, 75}.

3.8.3.3 PCB – Bifenilas policloradas

PCB, também conhecido como bifenila policlorada, é o nome genérico atribuído à classe de compostos organoclorados com alta estabilidade química, resistência ao fogo, capacidade de troca de calor e de difícil degradação pela insolubilidade em água, por sua característica oleosa, que resulta da reação do grupo bifenila com cloro anidro em presença de catalisador. Dissolvem-se em hidrocarbonetos, gorduras e solventes

orgânicos (lipossolúveis). Utiliza-se o composto no setor elétrico-eletrônico, em transformadores, capacitores e trocadores de calor e como aditivos na formulação de plastificantes, tintas, adesivos e pesticidas.

Existem 209 possíveis congêneres das PCB, devido às diversas combinações do número de substituições de hidrogênio pelo cloro e de suas posições na molécula bifenila.

Vários países ao redor do mundo produzem esse composto, dentre eles, Alemanha (Clophen, Elaol), França (Phenoclor, Pyralene), Japão (Kanechlor, Santotherm) e Estados Unidos (Aroclor, Askarel, Pyranol, Pyroclor, Therminol). No Brasil não há registros de produção, mas já foi importado dos Estados Unidos e Alemanha e comercializado com o nome de Ascarel. Foi proibido para fabricação, comercialização, uso, descarte do composto ou produtos contaminados por ele nos corpos hídricos, e exposição a intempéries de equipamentos que o contenham, por meio da Portaria Interministerial nº 19, de 2 de janeiro de 1981; no entanto, a Portaria permite o funcionamento dos equipamentos instalados até a substituição integral ou troca do fluido por produto isento de PCB. Posteriormente a esta Portaria, foi promulgado o texto da Convenção de Estocolmo sobre Poluentes Orgânicos Persistentes, por meio do Decreto Federal nº 5.472, de 20 de junho de 2005, que inclui as PCB nesta classificação e estabelece o controle e a eliminação do uso desta substância em equipamentos até 2025⁷.

No Estado de São Paulo, em 1983, a Secretaria do Meio Ambiente disciplinou as condições de manuseio, transporte e armazenamento de PCB, e também para resíduos contaminados com PCB, por meio de instrução normativa. Em 22 de fevereiro de 2006, foi promulgada a Lei Estadual nº 12.288, que dispõe sobre a obrigatoriedade da eliminação progressiva e controlada do uso ou guarda dos PCB e dos seus resíduos, a descontaminação e a eliminação de transformadores, capacitores e demais equipamentos elétricos que contenham PCB até 2020⁸⁵.

O ambiente pode ser contaminado pelo PCB por intermédio de acidente ou perda no manuseio, ou por fluidos contendo o composto,

vaporização de componentes contaminados, vazamentos em transformadores, capacitores ou trocadores de calor, armazenamento irregular de resíduo contaminado, emissões atmosféricas oriundas da incineração de plásticos, resíduos, combustíveis, florestas e cana-de-açúcar, e lançamento de efluentes industriais nos rios e lagos^{51,71, 77, 89}.

Os compostos PCB fazem parte da lista dos poluentes orgânicos persistentes da Convenção de Estocolmo, são tóxicos, persistentes no meio ambiente e tendem a bioacumular no sedimento, contaminar a biota aquática, entrar na cadeia alimentar e ocorrer acúmulo do contaminante por rápida absorção nos tecidos dos organismos vivos. Os seres humanos estão sujeitos a risco de exposição por ingestão, respiração e absorção por contato direto com água, alimento ou sedimento contaminados. Hiperpigmentação, problemas oculares e aumento do índice de mortalidade por câncer no fígado e vesícula biliar já foram observados em casos de exposições acidentais ou ocupacionais.

Por isso, é necessário o acompanhamento e a quantificação de PCB em águas, solos, sedimentos, alimentos e atmosfera, como fundamento para a proteção do meio ambiente^{51, 71, 77, 89}.

4. MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia adotada para o desenvolvimento deste trabalho consistiu na revisão bibliográfica detalhada, para levantamento de dados secundários de qualidade de água e de sedimento gerados pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB no programa da “Rede de Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais do Estado de São Paulo”, especificamente registros históricos da Rede Básica e de Sedimento. Estes registros estão disponibilizados em Relatórios de Qualidade das Águas Superficiais publicados anualmente, na forma impressa e inserido ao acervo da biblioteca da CETESB, e na forma eletrônica disponíveis na página da instituição na *internet*.

Para esta pesquisa foi possível também obter os registros no banco de dados relacional denominado “Interáguas”, desenvolvido pela equipe técnica especializada em monitorar a qualidade das águas na CETESB. Neste sistema estão armazenadas e gerenciadas informações como: resultados das análises das variáveis físicas, químicas e biológicas de qualidade da água e do sedimento de cada ponto de amostragem que faz parte da rede de qualidade, além de informações descritivas da caracterização dos pontos, como localização, imagens e particularidades de cada um.

A Rede de Monitoramento da CETESB avalia no compartimento água, entre outras variáveis, os metais pesados alumínio, cádmio, chumbo, cobre, cromo, mercúrio, níquel e zinco, e os compostos químicos orgânicos – biocidas clorados e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA). E no compartimento sedimento, entre outras variáveis, monitora os metais pesados alumínio, cádmio, chumbo, cobre, cromo, níquel e zinco, e os compostos químicos orgânicos – biocidas clorados, hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) e bifenilas policloradas (PCB).

Nesta pesquisa foram avaliadas estas variáveis químicas inorgânicas e orgânicas, pois elas podem ser tóxicas e causar efeitos

adversos à saúde humana, mesmo em pequenas concentrações, têm tendência de acumulação na biota aquática, ao longo da cadeia alimentar e podem atingir o homem pela água.

Estas variáveis foram escolhidas por serem compostos que fazem parte do monitoramento realizado pela CETESB e serviram de base de comparação nesta pesquisa, a partir dos padrões estabelecidos nas resoluções CONAMA nº 357/2005 e suas alterações, para determinados usos na matriz água, e nº 344/2004 e suas alterações, para a matriz sedimento, conforme padrões de qualidade e valores de referência demonstrados na Tabela 5 e na Tabela 6.

Tabela 5 – Padrões de qualidade de água doce das variáveis objeto de estudo desta pesquisa, conforme Resolução CONAMA nº 357/2005.

Parâmetros	Valor máximo			
	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
INORGÂNICOS				
Metais pesados				
Alumínio dissolvido	0,1 mg/L Al	0,1 mg/L Al	0,2 mg/L Al	Não definidos
Cádmio	0,001 mg/L Cd	0,001 mg/L Cd	0,01 mg/L Cd	
Chumbo	0,01 mg/L Pb	0,01 mg/L Pb	0,033 mg/L Pb	
Cobre dissolvido	0,009 mg/L Cu	0,009 mg/L Cu	0,013 mg/L Cu	
Cromo	0,05 mg/L Cr	0,05 mg/L Cr	0,05 mg/L Cr	
Mercúrio	0,0002 mg/L Hg	0,0002 mg/L Hg	0,002 mg/L Hg	
Níquel	0,025 mg/L Ni	0,025 mg/L Ni	0,025 mg/L Ni	
Zinco	0,18 mg/L Zn	0,18 mg/L Zn	5 mg/L Zn	
ORGÂNICOS				
Hidrocarbonetos aromáticos policíclicos – HPA				
Benzo(a)antraceno	0,05 µg/L	0,05 µg/L	-	Não definidos
Benzo(a)pireno	0,05 µg/L	0,05 µg/L	0,7 µg/L	
Benzo(b)fluoranteno	0,05 µg/L	0,05 µg/L	-	
Benzo(k)fluoranteno	0,05 µg/L	0,05 µg/L	-	
Criseno	0,05 µg/L	0,05 µg/L	-	
Dibenzo(a,h)antraceno	0,05 µg/L	0,05 µg/L	-	
Indeno(1,2,3-cd)pireno	0,05 µg/L	0,05 µg/L	-	
Pesticidas organoclorados				
Alacloro	20 µg/L	20 µg/L	-	Não definidos
Aldrin+ Dieldrin	0,005 µg/L	0,005 µg/L	0,03 µg/L	
Clordano (cis + trans)	0,04 µg/L	0,04 µg/L	0,3 µg/L	
DDT	0,002 µg/L	0,002 µg/L	1,0 µg/L	
Endosulfan (α + β + sulfato)	0,056 µg/L	0,056 µg/L	0,22 µg/L	
Endrin	0,004 µg/L	0,004 µg/L	0,2 µg/L	
Heptacloro epóxido + Heptacloro	0,01 µg/L	0,01 µg/L	0,03 µg/L	
Hexaclorobenzeno	0,0065 µg/L	0,0065 µg/L	-	
Lindano (γ-HCH)	0,02 µg/L	0,02 µg/L	2,0 µg/L	
Metoxicloro	0,03 µg/L	0,03 µg/L	20,0 µg/L	
Toxafeno	0,01 µg/L	0,01 µg/L	0,21 µg/L	
Trifluralina	0, 2 µg/L	0, 2 µg/L	-	
Compostos clorados				
PCB – Bifenilas policloradas	0,001 µg/L	0,001 µg/L	0,001 µg/L	Não definido

Fonte: Adaptado de MMA⁶⁴.

Tabela 6 – Valores de referência para qualidade de sedimentos para as variáveis objeto de estudo deste trabalho, conforme Resolução CONAMA nº 344/2004 e Canadian Council of Ministers of the Environment

Variáveis		Unidade	TEL(Nível 1)	PEL(Nível 2)
Metais e Metalóides				
	Cádmio	µg/g	0,6	3,5
	Chumbo	µg/g	35	91,3
	Cobre	µg/g	35,7	197
	Cromo	µg/g	37,3	90
	Mercúrio	µg/g	0,17	0,486
	Níquel	µg/g	18	35,9
	Zinco	µg/g	123	315
Pesticidas Organoclorados				
	BHC, gama (Lindane)	µg/kg	0,94	1,38
	Clordano	µg/kg	4,5	8,9
	DDD, p, p' -	µg/kg	3,54	8,51
	DDE, p, p' -	µg/kg	1,42	6,75
	DDT, p, p' -	µg/kg	1,19	4,77
	Dieldrin	µg/kg	2,85	6,67
	Endrin	µg/kg	2,67	62,4
	Heptacloro epóxido	µg/kg	0,6	2,74
Compostos Clorados				
	PCB – bifenilas policloradas – totais	µg/kg	34,1	277
Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos				
Grupo A	Benzo(a)antraceno	µg/kg	31,7	385
	Benzo(a)pireno	µg/kg	31,9	782
	Criseno	µg/kg	57,1	862
	Dibenzo(a,h)antraceno	µg/kg	6,22	135
Grupo B	Acenafteno	µg/kg	6,71	88,9
	Acenaftileno	µg/kg	5,87	128
	Antraceno	µg/kg	46,9	245
	Fenantreno	µg/kg	41,9	515
	Fluoranteno	µg/kg	111	2355
	Fluoreno	µg/kg	21,2	144
	2-Metilnaftaleno	µg/kg	20,2	201
	Naftaleno	µg/kg	34,6	391
	Pireno	µg/kg	53	875

Obs.: TEL – Threshold Effect Level (nível de efeito limiar), também chamado de Nível 1: limiar abaixo do qual é rara a ocorrência de efeitos adversos à biota.

PEL – Probable Effect Level (nível de efeito provável), também chamado de Nível 2: limiar acima do qual é frequente a ocorrência de efeitos adversos à biota.

Fonte: CETESB⁴⁶, p. 56

4.1. Caracterização da área objeto de estudo

A área objeto de estudo tem como principal foco o Rio Tietê, corpo hídrico que percorre todo o Estado de São Paulo, tem características de poluição e degradação por incrementos de cargas poluidoras de vários afluentes, mas também atua como importante fonte de recursos e desenvolvimento para a população paulista, e é utilizado para diversas finalidades, tais como, agricultura, geração de energia, via de transporte, lazer, esporte, turismo, pesca e abastecimento público.

A escolha dessa área para pesquisa ocorreu em função da conhecida importância do rio para o Estado de São Paulo, por estar em situação crítica na correlação disponibilidade hídrica e demanda pela intensa urbanização e industrialização, com consequente predisposição a lançamentos de cargas de poluentes orgânicos e inorgânicos em concentrações maiores que a capacidade de assimilação do corpo hídrico, principalmente na Região Metropolitana de São Paulo, situação que pode refletir na preservação do meio ambiente e na saúde pública.

A área de estudo abrange aproximadamente 72 mil km² do Estado de São Paulo, onde são consideradas as UGRHI: 6 – Alto Tietê, 5 – Piracicaba/Capivari/Jundiaí, 10 – Sorocaba/Médio Tietê, 13 – Tietê/Jacaré, 16 – Tietê/Batalha e 19 – Baixo Tietê, cujo mapa esquemático está demonstrado na Figura 14.

Figura 14 – Mapa esquemático da área objeto de estudo desta pesquisa.

Fonte: Adaptado de CETESB⁴⁸.

4.2. Levantamento e tratamento dos dados

Os dados secundários para a realização desta pesquisa foram levantados a partir de compilação dos registros da Rede de Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais e dos Sedimentos realizado pela CETESB em todo o Estado.

A avaliação da qualidade foi realizada por meio de análises espaciais e temporais, para verificar a evolução das condições da qualidade dos dois compartimentos, ao longo do período e trecho estudados, a fim de se identificar alterações da qualidade ambiental de todo percurso do Rio Tietê, desde o início dos registros de dados históricos da rede até os dias atuais.

No caso do compartimento água foram adotados dados disponíveis nos relatórios dos pontos de monitoramento, do período de 1978 a 2010, totalizando 33 anos.

Com o intuito de compilar as informações, identificar a tendência de comportamento de cada elemento e a evolução anual da qualidade da coluna líquida no período estudado, adotou-se a estatística básica, utilizando-se de cálculo das médias simples anuais, no geral, de seis resultados bimestrais das concentrações de cada variável analisada, mesmo considerando que os valores podem acarretar distorções nas médias. Vale ressaltar que, em alguns casos, não havia todos os dados bimestrais, e em outros casos, havia mais de seis dados, mas ainda assim foram utilizados todos os que estavam disponíveis para o cálculo.

Foram também considerados no cálculo das médias, os valores registrados nos relatórios e codificados com o símbolo “menor que” (<). Esta simbologia representa os limites de quantificação disponíveis nas metodologias adotadas pelo laboratório à época da realização das análises, limites esses que são reavaliados periodicamente, em busca de diminuí-los e padronizá-los cada vez mais, e podem mudar de um ano para outro, visando resultados mais representativos.

Com base nos dados existentes para os pontos de amostragem localizados em toda extensão do Rio Tietê no compartimento água, foi realizada análise temporal a partir de histórico recente, que consistiu na comparação das médias das concentrações das variáveis do ano de 2010 com a média das concentrações dos últimos cinco anos (2005 a 2009), a partir da relação localização x concentração da variável química, para os elementos que tinham essas informações disponíveis. Essa comparação foi demonstrada por meio de gráfico de colunas agrupadas e valores exibidos em retângulos para as concentrações das variáveis, e linhas horizontais demonstrando o limite estabelecido pela legislação para cada classe do rio.

No caso do compartimento sedimento, é realizada uma coleta anual para cada ponto de amostragem, por isso foram adotados os valores disponibilizados nos relatórios, do período de 2002, ano em que se iniciou a

operação da Rede de Sedimento na CETESB, até 2010, totalizando 9 anos de monitoramento. Os valores registrados como limites de quantificação dos metais e compostos orgânicos, codificados com o símbolo “menor que” (<), também foram considerados, desprezando-se o símbolo e utilizados os valores absolutos.

Os resultados das concentrações de cada variável estudada estão apresentados sob a forma de demonstrações em tabelas, contendo a localização dos pontos, de acordo com a sua precedência, e a evolução anual de cada uma. Ano a ano foram destacados, por meio de símbolos indicadores, quais valores atenderam e quais não atenderam aos limites estabelecidos pela legislação, tanto para o compartimento água, quanto para o compartimento sedimento, para que se pudesse realizar análise comparativa, somente para os elementos que estão regulamentados.

Devido à significativa quantidade de valores calculados nas planilhas, optou-se pela demonstração ilustrativa dos resultados em gráficos de superfície tridimensional, similares a um mapa topográfico, nos quais cores e padrões indicam áreas que estão no mesmo intervalo de valores, e em gráficos de contorno delineado, que são os gráficos de superfície exibidos de cima, os quais mostram somente as linhas, que conectam pontos interpolados de igual valor. Os gráficos foram obtidos a partir da relação localização x tempo x concentração da variável química, especificamente para os metais pesados do compartimento água e para todos os elementos químicos orgânicos e inorgânicos do compartimento sedimento.

Dada a escassez de dados relativos a pesticidas organoclorados e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos – HPA em pontos de amostragem do compartimento água, em toda série histórica do monitoramento da qualidade das águas superficiais operado pela CETESB, optou-se pela demonstração em gráficos de colunas agrupadas e valores exibidos em retângulos, para comparar os dados das variáveis dos compostos de um ano para outro (2007 e 2008), do único ponto de amostragem monitorado no Rio Pinheiros, provavelmente por suspeita de contaminação, pois é somente neste caso

que a Companhia monitora HPA em água. Os gráficos foram obtidos a partir da relação tipo de composto químico orgânico x concentração da variável.

Para facilitar a interpretação dos resultados, os dados dos pontos de amostragem, localizados desde a nascente até a foz do Rio Tietê, foram agrupados e divididos em trechos, considerando-se o uso e ocupação do solo e dos recursos hídricos, e levando-se em conta que o Tietê já não é mais considerado como rio, e passou a ser considerado como uma sequência de grandes lagos.

Adotou-se a nomenclatura “Alto Tietê (Região Metropolitana de São Paulo)” para os pontos de amostragem localizados na UGRHI 6 – Alto Tietê, de vocação predominante para a atividade industrial e adensamento populacional nos 34 municípios que a compõem, desde o primeiro ponto, próximo à nascente, até o ponto do Reservatório de Pirapora.

Para o trecho onde estão localizados os pontos de amostragem da UGRHI 5 – Piracicaba/Capivari/Jundiaí e da UGRHI 10 – Sorocaba/Médio Tietê, desde o Reservatório Rasgão até o Reservatório Barra Bonita, foi adotada a nomenclatura “Médio Tietê”, região de vocação predominantemente industrial, onde está concentrada a Região Metropolitana de Campinas, na qual o Rio Tietê recebe aporte de vazão e poluentes dos afluentes Rios Jundiaí, Capivari, Sorocaba e Piracicaba.

E, por último, o trecho com nomenclatura “Baixo Tietê”, que engloba a UGRHI 13 – Tietê/Jacaré, caracterizada como área de vocação em processo de industrialização, e as UGRHI 16 – Tietê/Batalha e 19 – Baixo Tietê, caracterizadas como área de vocação agropecuária, cujos pontos de amostragem vão desde o Rio Tietê em Barra Bonita, após o Reservatório, até o Reservatório Três Irmãos.

O detalhamento do agrupamento dos pontos e a divisão dos trechos para o compartimento água pode ser verificado no Quadro 3.

Quadro 3 – Pontos de amostragem do compartimento água, agrupados por trechos

ALTO TIETÊ (REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO)		MÉDIO TIETÊ	
TIET02050	Rio Tietê próximo à Nascente	TIRG02900	Reservatório Rasgão
BMIR02800	Rio Biritiba-Mirim	JUNA 04900	Rio Jundiáí
TIET02090	Rio Tietê – Mogi Cruzes	TIET02350	Rio Tietê – Salto
TAIA 02800	Rio Taiaçupeba	TIET02400	Rio Tietê – Tietê
TIET03120	Rio Tietê – Suzano	CPIV 02900	Rio Capivari
TIET04150	Rio Tietê – Guarulhos	SORO 02900	Rio Sorocaba
CABU 04700	Rio Cabuçu	TIET02450	Rio Tietê – Lar. Paulista
TIET04170	Rio Tietê – São Paulo	TIBT02500	Rio Tietê – Botucatu
DUVA 04900	Rio Aricanduva	PCBP 02500	Rio Piracicaba
TIET04180	Rio Tietê – São Paulo	TIBB02100	Reservatório Barra Bonita
TAMT 04500	Rio Tamanduateí	TIBB02700	Reservatório Barra Bonita
NINO 04900	Córrego dos Meninos	BAIXO TIETÊ	
TAMT 04900	Rio Tamanduateí	TIET02500	Rio Tietê – Barra Bonita
TIET04200	Rio Tietê – São Paulo	LENS 03950	Rio Lençóis
PINH 04200	Rio Pinheiros	RGRA 02990	Ribeirão Grande
PINH 04900	Rio Pinheiros	JCGU 03900	Rio Jacaré-Guaçu
COTI 03800	Rio Cotia	TIET02600	Rio Tietê – Ibitinga
MOVE 03500	Ribeirão Moinho Velho	BATA 02800	Rio Batalha
PEDA 03900	Rib. Pedras	TIPR 02990	Reservatório Promissão
COTI 03900	Rio Cotia	TIET02700	Rio Tietê – Promissão
JQRI 03800	Rio Juqueri	PATO 02900	Ribeirão Patos
CRIS 03400	Ribeirão dos Cristais	TITR02100	Reservatório Três Irmãos
TIES04900	Reservatório Edgard Souza	TITR02800	Reservatório Três Irmãos
TIPI04900	Reservatório Pirapora		

E o detalhamento do agrupamento dos pontos e a divisão dos trechos para o compartimento sedimento pode ser verificado no Quadro 4.

Quadro 4 – Pontos de amostragem do compartimento sedimento, agrupados por trechos

ALTO TIETÊ (REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO)	
TIET 02050	Rio Tietê - Biritiba Mirim
TIET 04160	Rio Tietê - Guarulhos
PINH 09100	Rio Pinheiros
COTI 03840	Rio Cotia
CRIS 03400	Ribeirão dos Cristais
TIPI 04850	Reservatório de Pirapora
MÉDIO TIETÊ	
JUNA 04900	Rio Jundiaí
SORO 02700	Rio Sorocaba
TIBB 02100	Reservatório de Barra Bonita
TIBB 02900	Reservatório de Barra Bonita
BAIXO TIETÊ	
TIBA 02800	Reservatório de Bariri
TIBI 02900	Reservatório de Ibitinga
TIPR 02800	Reservatório de Promissão
TITR 02100	Reservatório Três Irmãos

4.2.1. Pontos de amostragem

4.2.1.1 Compartimento água

Para ilustrar a localização dos pontos de amostragem do compartimento água avaliados nesta pesquisa, foi elaborado um esquema sintético dos corpos hídricos do Estado de São Paulo, denominado diagrama unifilar, abrangendo o Rio Tietê, no trecho que compreende todo o seu percurso, seus principais afluentes e reservatórios.

Neste diagrama o Rio Tietê está simbolizado com uma linha horizontal de cor azul, os afluentes simbolizados como linhas de cor verde transversais ou paralelas à linha azul, e os reservatórios como triângulos de cor cinza.

Os pontos de amostragem do compartimento água estão alocados como círculos de cor vermelha e numerados sequencialmente, de acordo com a sua precedência, ou seja, pela ordem que um ponto antecede o outro, no sentido de montante para jusante. Para numerar os pontos do Rio Tietê foram utilizados os algarismos arábicos de 1 a 22, para as confluências dos afluentes algarismos romanos de I a XXI, e para os pontos dos afluentes foram combinados algarismos arábicos com algarismos romanos (XXI-1, por exemplo).

Ao lado dos nomes dos rios, afluentes e reservatórios está indicada entre parênteses a classe a que pertence cada corpo hídrico: (2), (3) ou (4). Esta classificação adotada pela CETESB considera o enquadramento dos corpos hídricos receptores, estabelecido pelo Decreto nº 10.755/1977.

A mesma delimitação dos trechos Alto Tietê (Região Metropolitana de São Paulo), Médio Tietê e Baixo Tietê utilizada nas tabelas e gráficos, também foi adotada na demonstração do diagrama unifilar, conforme Figura 15. Na sequência, no Quadro 5, estão descritos os códigos das precedências utilizados no diagrama e suas respectivas descrições.

Figura 15 – Diagrama unifilar dos pontos de amostragem utilizados para análise do compartimento água

Quadro 5 – Descrição dos códigos de precedência dos pontos de amostragem de água utilizados nesta pesquisa

Código	Descrição	Código	Descrição	Código	Descrição	Código	Descrição
1	TIET 02050 Rio Tietê	V-1	NINO 04900 Ribeirão Meninos	8	TIES 04900 Res. Edgard Souza	17	TIET 02500 Rio Tietê
I	Confluência Tietê / Biritiba-Mirim	VI-2	TAMT 04900 Rio Tamanduateí	9	TIPI 04900 Res. Pirapora	XVII	Confluência Tietê / Lençóis
I-1	BMIR 02800 Rio Biritiba-Mirim	7	TIET 04200 Rio Tietê	10	TIRG 02900 Res. Rasgão	XVII-1	LENS 03950 Rio Lençóis
2	TIET 02090 Rio Tietê	VII	Confluência Tietê / Pinheiros	XIII	Confluência Tietê / Jundiaí	XVIII	Confluência Tietê / Rib. Grande
II	Confluência Tietê / Taiacupeba	VII-1	PINH 04200 Rio Pinheiros	XIII-1	JUNA 04900 Rio Jundiaí	XVIII-1	RGRA 02990 Rib. Grande
II-1	TAIA 02800 Rio Taiacupeba	VII-2	PINH 04900 Rio Pinheiros	11	TIET 02350 Rio Tietê	XIX	Confluência Tietê / Jacaré-Guaçu
3	TIET 03120 Rio Tietê	X	Confluência Tietê / Cotia	12	TIET 02400 Rio Tietê	XIX-1	JCGU 03900 Rio Jacaré-Guaçu
4	TIET 04150 Rio Tietê	X-1	COTI 03800 Rio Cotia	XIV	Confluência Tietê / Capivari	18	TIET 02600 Rio Tietê
III	Confluência Tietê / Cabuçu	VIII	Confluência Cotia / Moinho Velho	XIV-1	CPIV 02900 Rio Capivari	XX	Confluência Tietê / Batalha
III-1	CABU 04700 Rio Cabuçu	VIII-1	MOVE 03500 Rib. M. Velho	XV	Confluência Tietê / Sorocaba	XX-1	BATA 02800 Rio Batalha
5	TIET 04170 Rio Tietê	IX	Confluência Cotia / Ribeirão das Pedras	XV-1	SORO 02900 Rio Sorocaba	19	TIPR 02990 Res. Promissão
IV	Confluência Tietê / Aricanduva	IX-1	PEDA 03900 Rib. Pedras	13	TIET 02450 Rio Tietê	20	TIET 02700 Rio Tietê
IV-1	DUVA 04900 Rio Aricanduva	X-2	COTI 03900 Rio Cotia	14	TIBT 02500 Rio Tietê	XXI	Confluência Tietê / Rib. Patos
6	TIET 04180 Rio Tietê	XII	Confluência Tietê / Juqueri	XVI	Confluência Tietê/Piracicaba	XXI-1	PATO 02900 Rib. Patos
VI	Confluência Tietê / Tamanduateí	XII-1	JQRI 03800 Rio Juqueri	XVI-1	PCBP 02500 Rio Piracicaba	21	TITR 02100 Res. Três Irmãos
VI-1	TAMT 04500 Rio Tamanduateí	XI	Confluência Juqueri / Ribeirão dos Cristais	15	TIBB 02100 Res. Barra Bonita	22	TITR 02800 Res. Três Irmãos
V	Confluência Córrego dos Meninos / Tamanduateí	XI-1	CRIS 03400 Rib. Cristais	16	TIBB 02700 Res. Barra Bonita		

Para complementar a ilustração dos pontos de amostragem analisados nesta pesquisa, no Quadro 6 abaixo, estão inseridas imagens dos pontos, numeradas de acordo com os códigos de precedência utilizados no Quadro 5 da página anterior, o nome de cada corpo hídrico, o município onde se localiza, sua descrição e localização, e a possível fonte de poluição que pode interferir na qualidade da água. A maior parte das informações foi obtida no banco de dados “Interáguas” da CETESB, com exceções para a imagem III-1, do Rio Cabuçu, que foi obtida na página do “Wikipédia” na *internet*, e para a imagem 11, do Rio Tietê em Salto, que foi obtida na página da “TWIP – The World In Photos”, também na *internet*, cujas referências estão anotadas ao final do referido quadro.

Quadro 6 – Descrição dos pontos de amostragem do compartimento água, utilizados para avaliação nesta pesquisa.

Imagem do ponto		<ul style="list-style-type: none"> • Código do Ponto / Corpo hídrico / Município • Descrição e localização do ponto de amostragem • Possível fonte de poluição
Alto Tietê (Região Metropolitana de São Paulo)		
1		<ul style="list-style-type: none"> • TIET 02050 – Rio Tietê / Biritiba Mirim • Próximo à nascente, ponte na rodovia que liga Mogi das Cruzes a Salesópolis (SP-88). • Efluentes doméstico e agrícola oriundos do município de Salesópolis.
I-1		<ul style="list-style-type: none"> • BMIR 02800 – Rio Biritiba-Mirim / Biritiba Mirim • Ponte na rodovia SP-88, no trecho que liga Mogi das Cruzes a Salesópolis • Efluentes doméstico e de área agrícola oriundos do município de Biritiba-Mirim.

	Imagem do ponto	<ul style="list-style-type: none"> • Código do Ponto / Corpo hídrico / Município • Descrição e localização do ponto de amostragem • Possível fonte de poluição
2		<ul style="list-style-type: none"> • TIET 02090 – Rio Tietê / Mogi das Cruzes • Na captação principal do município de Mogi das Cruzes. • Efluente doméstico
II-1		<ul style="list-style-type: none"> • TAIA 02800 – Rio Taiaçupeba-Açu / Suzano • A jusante do vertedouro do Reservatório de Taiaçupeba e montante da Indústria de papel e celulose Suzano. • Ausência de fontes de poluição expressivas no entorno.
3		<ul style="list-style-type: none"> • TIET 03120 – Rio Tietê / Suzano • A jusante da Estação de Tratamento de Esgotos – ETE Suzano. • Efluentes doméstico e industrial
4		<ul style="list-style-type: none"> • TIET 04150 – Rio Tietê / Guarulhos • Ponte na Rod. Ayrton Senna, a montante do Parque Ecológico, antes da saída 19 – Aeroporto Guarulhos. • Efluentes doméstico e industrial de núcleos urbanos em Mogi das Cruzes, Ferraz de Vasconcelos, Itaquaquecetuba, Poá, Suzano e Itaquera.
III-1		<ul style="list-style-type: none"> • CABU 04700 – Rio Cabuçu / São Paulo • Ponte na Rod. Fernão Dias, altura do km 88, perto da passarela do Parque Elói Chaves. • Efluente doméstico de Guarulhos

	Imagem do ponto	<ul style="list-style-type: none"> • Código do Ponto / Corpo hídrico / Município • Descrição e localização do ponto de amostragem • Possível fonte de poluição
5		<ul style="list-style-type: none"> • TIET 04170 – Rio Tietê / São Paulo • Ponte na Av. Aricanduva. • Efluentes doméstico e industrial
IV-1		<ul style="list-style-type: none"> • DUVA 04900 – Rio Aricanduva / São Paulo • Ponte Ely Lopes Meireles, no município de São Paulo. • Efluente doméstico
6		<ul style="list-style-type: none"> • TIET 04180 – Rio Tietê / São Paulo • Ponte das Bandeiras, na Av. Santos Dumont. • Efluentes doméstico e industrial
VI-1		<ul style="list-style-type: none"> • TAMT 04500 – Rio Tamanduateí / São Paulo • Ponte na Av. Santos Dumont, em frente à Secretaria dos Transportes, em São Paulo. • Efluentes doméstico e industrial dos municípios de Santo André e São Caetano do Sul.
V-1		<ul style="list-style-type: none"> • NINO 04900 – Ribeirão dos Meninos / São Paulo • Ponte da Av. do Estado, na divisa dos municípios de São Paulo e São Caetano do Sul. • Efluentes doméstico e industrial

	Imagem do ponto	<ul style="list-style-type: none"> • Código do Ponto / Corpo hídrico / Município • Descrição e localização do ponto de amostragem • Possível fonte de poluição
VI-2		<ul style="list-style-type: none"> • TAMT 04900 – Rio Tamanduateí / São Caetano do Sul • Na ponte transversal à Av. do Estado, na altura do número 4876, divisa dos municípios S. Caetano e Sto. André, próximo ao posto AGIP. • Efluentes doméstico e industrial
7		<ul style="list-style-type: none"> • TIET 04200 – Rio Tietê / São Paulo • Ponte dos Remédios, na Av. Marginal (Rodovia Presidente Castelo Branco) . • Efluentes doméstico e industrial do município de São Paulo.
VI-1		<ul style="list-style-type: none"> • PINH 04200 – Rio Pinheiros / São Paulo • Na Ponte do Socorro. • Efluentes doméstico e industrial do município de São Paulo.
VI-2		<ul style="list-style-type: none"> • PINH 04900 – Rio Pinheiros / São Paulo • Próximo à sua foz no Rio Tietê, na Estrutura de Retiro. • Efluentes doméstico e industrial do município de São Paulo.
X-1		<ul style="list-style-type: none"> • COTI 03800 – Rio Cotia / Cotia • Ponte na Rodovia Raposo Tavares, Km 28.5 no município de Cotia. • Efluentes doméstico e industrial

	Imagem do ponto	<ul style="list-style-type: none"> • Código do Ponto / Corpo hídrico / Município • Descrição e localização do ponto de amostragem • Possível fonte de poluição
VIII-1		<ul style="list-style-type: none"> • MOVE 03500 – Ribeirão Moinho Velho / Cotia • No Ribeirão Moinho Velho, Ponte do Km 26 da Raposo Tavares, antes da Indústria Firmenich. • Efluentes doméstico, industrial e carga difusa.
IX-1		<ul style="list-style-type: none"> • PEDA 03900 – Ribeirão das Pedras / Cotia • A jusante da ponte da Rodovia Fernando Nobre. • Efluentes doméstico, industrial e carga difusa.
X-2		<ul style="list-style-type: none"> • COTI 03900 – Rio Cotia / Carapicuíba • No canal de captação de águas para a ETA do Baixo Cotia. • Efluente doméstico do município de Cotia e efluente industrial das atividades alimentícia, papel e química.
XII-1		<ul style="list-style-type: none"> • JQRI 03800 – Rio Juqueri / Cajamar • Ponte na rodovia Anhanguera (SP-330), no sentido Jundiaí / São Paulo, altura do Km 31. • Efluentes doméstico e industrial e significativa expansão urbana e industrial.
XI-1		<ul style="list-style-type: none"> • CRIS 03400 – Ribeirão dos Cristais / Cajamar • Na captação da ETA de Cajamar. • Efluentes doméstico e industrial (indústrias química e metalúrgica).

Imagem do ponto		<ul style="list-style-type: none"> • Código do Ponto / Corpo hídrico / Município • Descrição e localização do ponto de amostragem • Possível fonte de poluição
8		<ul style="list-style-type: none"> • TIES 04900 – Reservatório Edgard de Souza / Santana do Parnaíba • Próximo às comportas da barragem do Reservatório, após a rede para retenção de aguapés. • Efluentes doméstico e industrial e influência dos núcleos urbanos e industriais dos municípios de São Paulo, Osasco e Carapicuíba.
9		<ul style="list-style-type: none"> • TIPI 04900 – Reservatório de Pirapora / Pirapora do Bom Jesus • Próximo às comportas da barragem do Reservatório de Pirapora. • Efluentes doméstico e industrial do município de Santana de Parnaíba e influência dos despejos do município de São Paulo.
Médio Tietê		
10		<ul style="list-style-type: none"> • TIRG 02900 – Reservatório de Rasgão / Pirapora do Bom Jesus • Próximo das comportas do Reservatório de Rasgão. • Influência dos despejos oriundos da Região Metropolitana de São Paulo
XIII-1		<ul style="list-style-type: none"> • JUNA 04900 – Rio Jundiaí / Salto • Na área urbana de Salto. Ponte na Praça Álvaro Guião, próximo à foz com o Rio Tietê • Efluentes doméstico e industrial.
11		<ul style="list-style-type: none"> • TIET 02350 – Rio Tietê / Salto • A cerca de 300 m da ponte da Rodovia do Açúcar (SP-308), na Fazenda Santa Isabel. • Efluentes doméstico e industrial e carga poluidora do Rio Jundiaí.

	Imagem do ponto	<ul style="list-style-type: none"> • Código do Ponto / Corpo hídrico / Município • Descrição e localização do ponto de amostragem • Possível fonte de poluição
12		<ul style="list-style-type: none"> • TIET 02400 – Rio Tietê / Tietê • Ponte na rodovia SP-113, que liga Tietê a Capivari, em Tietê. • Efluentes doméstico, industrial e agrotóxicos.
XIV-1		<ul style="list-style-type: none"> • CPIV 02900 – Rio Capivari / Tietê • Ponte no canavial, próximo à foz do Rio Tietê. • Local isolado, cercado de canaviais.
XV-1		<ul style="list-style-type: none"> • SORO 02900 – Rio Sorocaba / Laranjal Paulista • Ponte na estrada que liga Laranjal Paulista à localidade de Entre Rios. • Efluentes doméstico e industrial
13		<ul style="list-style-type: none"> • TIET 02450 – Rio Tietê / Laranjal Paulista • Ponte na estrada para a fazenda Santo Olegário, em Laranjal Paulista. • Efluentes doméstico, industrial e agrotóxicos.
14		<ul style="list-style-type: none"> • TIBT 02500 – Braço do Rio Tietê / Botucatu • Ponte na rodovia SP-191 que liga Santa Maria da Serra a São Manoel – imediações do remanso do Reservatório de Barra Bonita. • Efluentes doméstico, industrial, agrotóxicos e influência de Porto de Areia próximo.

Imagem do ponto		<ul style="list-style-type: none"> • Código do Ponto / Corpo hídrico / Município • Descrição e localização do ponto de amostragem • Possível fonte de poluição
XV-1		<ul style="list-style-type: none"> • PCBP 02500 – Braço do Rio Piracicaba / Santa Maria da Serra • Ponte na rodovia SP-191, no trecho que liga Santa Maria da Serra a São Manuel. • Efluente doméstico.
15		<ul style="list-style-type: none"> • TIBB 02100 – Reservatório de Barra Bonita / Botucatu • No meio do corpo central, a jusante da confluência – Braços Tietê e Piracicaba. • Não há registro no sistema.
16		<ul style="list-style-type: none"> • TIBB 02700 – Reservatório de Barra Bonita / São Manuel • No meio do corpo central, na direção do Córrego Araquazinho. • Efluente doméstico, de mineração, agrotóxicos e carga difusa.
Baixo Tietê		
17		<ul style="list-style-type: none"> • TIET 02500 – Rio Tietê / Barra Bonita • Ponte na rodovia SP-255 que liga São Manuel a Jaú, a jusante do Reservatório de Barra Bonita. • Efluentes doméstico e industrial.
XVI-1		<ul style="list-style-type: none"> • LENS 03950 – Rio Lençóis / Igarapu do Tietê • Ponte na Rod. Macatuba / Igarapu do Tietê, a 400 metros da sua foz. • Não há registro no sistema.

	Imagem do ponto	<ul style="list-style-type: none"> • Código do Ponto / Corpo hídrico / Município • Descrição e localização do ponto de amostragem • Possível fonte de poluição
XVIII-1		<ul style="list-style-type: none"> • RGRA 02990 – Ribeirão Grande / Pederneiras • Ponte na Rod. Augusto Sgavioli, a 3 km da sua foz no Rio Tietê. • Não há registro no sistema.
XIX-1		<ul style="list-style-type: none"> • JCGU 03900 – Rio Jacaré-Guaçu / Ibitinga • Ponte na rodovia SP-304, no trecho que liga Ibitinga a Itajú. • Efluentes doméstico e industrial.
18		<ul style="list-style-type: none"> • TIET 02600 – Rio Tietê / Ibitinga • Margem direita, jusante do canal de fuga da casa de força da Usina Hidrelétrica de Ibitinga. • Efluentes doméstico e industrial.
XX-1		<ul style="list-style-type: none"> • BATA 02800 – Rio Batalha / Reginópolis • Ponte na rodovia SP-331, no trecho que liga Reginópolis a Pirajuí. • Não há registro no sistema.
19		<ul style="list-style-type: none"> • TIPR 02990 – Reservatório de Promissão / Promissão • A montante da barragem de Promissão, próximo do vertedouro. • Algas verdes

	Imagem do ponto	<ul style="list-style-type: none"> • Código do Ponto / Corpo hídrico / Município • Descrição e localização do ponto de amostragem • Possível fonte de poluição
20		<ul style="list-style-type: none"> • TIET 02700 – Rio Tietê / Promissão • Ponte na rod. BR-153, no trecho que liga Lins a José Bonifácio, a jusante da barragem de Promissão. • Ausência de influência de poluição.
XXI-1		<ul style="list-style-type: none"> • PATO 02900 – Ribeirão dos Patos / Promissão • Ponte na estrada de terra, a 3 km da BR-153, na altura da UHE de Promissão. • Efluente doméstico do município de Promissão e carga difusa.
21		<ul style="list-style-type: none"> • TITR 02100 – Reservatório de Três Irmãos / Araçatuba • Ponte na rodovia SP-463, no trecho que liga Araçatuba a Jales. • Possível influência de usina de álcool.
22		<ul style="list-style-type: none"> • TITR 02800 – Reservatório de Três Irmãos / Pereira Barreto • Ponte na rodovia SP-563, no trecho que liga Pereira Barreto a Andradina. • Efluente doméstico do município de Pereira Barreto.

Fontes:

- Características dos pontos: CETESB¹¹;
- Imagens 1, I-1, 2, II-1, 3, 4,, 5, IV-1, 6, VI-1, V-1, VI-2, 7, VII-1, VII-2, X-1, VIII-1, IX-1, X-2, XII-1, XI-1, 8, 9, 10, XIII-1, 12, XIV -1, XV-1, 13, 14, XVI-1, 15, 16, 17, XVII-1, XVIII-1, XIX-1, 18, XX-1, 19, 20, XXI-1, 21 e 22: CETESB¹¹;
- Imagem III-1: Fonte: Wikipédia. Ficheiro: Rio cabuçu.jpg. Disponível em: http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Rio_cabu%C3%A7u.jpg. Acesso em 12 jan. 2012;
- Imagem 11: TWIP – The World In Photos. Rio Tietê na cidade de Salto, state of São Paulo in Brazil. Disponível em: <http://www.twip.org/image-south-america-brazil-salto-sao-paulo-tiete-river-view-pt-13067-6443.html>. Acesso em 12 jan. 2012.

4.2.1.2 Compartimento sedimento

Da mesma forma que o compartimento água, foi elaborado diagrama unifilar para ilustrar a localização dos pontos de amostragem avaliados para o compartimento sedimento, que abrange todo o percurso do Rio Tietê, desde a nascente até a foz, seus principais afluentes e reservatórios.

A simbologia, a nomenclatura, a divisão em trechos e as cores utilizadas neste diagrama são as mesmas utilizadas no diagrama unifilar do compartimento água, com exceção da coloração dos círculos que simbolizam os pontos de amostragem, que têm a cor amarela. A numeração sequencial, também colocada de acordo com a sua precedência, com os mesmos algarismos arábicos – de 1 a 9 – para os pontos do Rio Tietê, algarismos romanos – de I a XXI – para as confluências dos afluentes, e a combinação de algarismos arábicos com algarismos romanos para os pontos dos afluentes, todos acrescidos da letra “S”, para diferenciá-los da codificação utilizada no diagrama do compartimento água (S-X-1, por exemplo). Esta demonstração pode ser observada na Figura 16, e no Quadro 7 estão descritos os códigos das precedências utilizados no diagrama e suas respectivas descrições.

Figura 16 – Diagrama unifilar dos pontos de amostragem utilizados para análise do compartimento sedimento

Legenda:

- ▲ Reservatórios
- Rio Tietê
- Rios afluentes
- Pontos de amostragem – Sedimento

- (2) Rio de classe 2
- (3) Rio de classe 3
- (4) Rio de classe 4

Legenda dos códigos de precedência dos pontos – vide Quadro 7

Sem escala

Quadro 7 – Descrição dos códigos de precedência dos pontos de amostragem de sedimento utilizados nesta pesquisa

Código	Descrição Ponto	Código	Descrição Ponto	Código	Descrição Ponto
S-1	TIET 02050 Rio Tietê – Biritiba Mirim	S-VIII	Confluência Cotia / Moinho Velho	S-4	TIBB 02100 Reservatório de Barra Bonita
S-I	Confluência Tietê / Biritiba-Mirim	S-IX	Confluência Cotia / Ribeirão das Pedras	S-5	TIBB 02900 Reservatório de Barra Bonita
S-II	Confluência Tietê / Taiaçupeba	S-XII	Confluência Tietê / Juqueri	S-XVII	Confluência Tietê / Lençóis
S-2	TIET 04160 Rio Tietê – Guarulhos	S-XI	Confluência Juqueri / Ribeirão dos Cristais	S-XVIII	Confluência Tietê / Rib. Grande
S-III	Confluência Tietê / Cabuçu	S-XI-1	CRIS 03400 Ribeirão dos Cristais	S-6	TIBA 02800 Reservatório de Bariri
S-IV	Confluência Tietê / Aricanduva	S-3	TIPI 04850 Reservatório de Pirapora	S-XIX	Confluência Tietê / Jacaré-Guaçu
S-VI	Confluência Tietê / Tamanduateí	S-XIII	Confluência Tietê / Jundiaí	S-7	TIBI 02900 Reservatório de Ibitinga
S-V	Confluência Córrego dos Meninos / Tamanduateí	S-XIII-1	JUNA 04900 Rio Jundiaí	S-XX	Confluência Tietê / Batalha
S-VII	Confluência Tietê / Pinheiros	S-XIV	Confluência Tietê / Capivari	S-8	TIPR 02800 Reservatório de Promissão
S-VII-1	PINH 09100 Rio Pinheiros	S-XV	Confluência Tietê / Sorocaba	S-XXI	Confluência Tietê / Rib. Patos
S-X	Confluência Tietê / Cotia	S-XV-1	SORO 02900 Rio Sorocaba	S-9	TITR 02100 Reservatório Três Irmãos
S-X-1	COTI 03840 Rio Cotia	S-XVI	Confluência Tietê/Piracicaba		

Para ilustrar os pontos de amostragem do compartimento sedimento, no Quadro 8, estão mostradas imagens dos pontos, numeradas de acordo com os códigos de precedência utilizados no Quadro 7 da página anterior, o nome de cada corpo hídrico, o município onde se localiza e sua descrição. A maior parte das informações foi obtida no banco de dados “Interáguas” da CETESB, com exceção da imagem 4, do Rio Cotia, que foi obtida na página do “Águas da Memória” na *internet*, cujas referências estão anotadas ao final do quadro.

Quadro 8 – Descrição dos pontos de amostragem do compartimento sedimento, utilizados na análise desta pesquisa.

Imagem do Ponto		<ul style="list-style-type: none"> Código do Ponto / Corpo Hídrico / Município Descrição do Ponto
Alto Tietê (Região Metropolitana de São Paulo)		
S-1		<ul style="list-style-type: none"> TIET 02050 – Rio Tietê / Biritiba-Mirim Na captação da SABESP, no município de Biritiba-Mirim
S-2		<ul style="list-style-type: none"> TIET 04160 – Rio Tietê / Guarulhos A 800 metros a jusante da Barragem da Penha, embaixo da rede elétrica.
S-VIII-1		<ul style="list-style-type: none"> PINH 09100 – Rio Pinheiros / São Paulo Próximo ao Reservatório Guarapiranga e foz do Rio Parelheiros

Imagem do Ponto		<ul style="list-style-type: none"> Código do Ponto / Corpo Hídrico / Município Descrição do Ponto
S-X-1		<ul style="list-style-type: none"> COTI 03840 – Rio Cotia / Carapicuíba Em frente a ETA do Baixo Cotia.
S-XI-1		<ul style="list-style-type: none"> CRIS 03400 – Ribeirão dos Cristais / Cajamar Na captação da ETA de Cajamar
S-3		<ul style="list-style-type: none"> TIPI 04850 – Reservatório de Pirapora / Pirapora do Bom Jesus Aproximadamente 0,5 Km da comporta do Reservatório de Pirapora
Médio Tietê		
S-XIII-1		<ul style="list-style-type: none"> JUNA 04900 – Rio Jundiaí / Salto Na área urbana de Salto, a montante da estação do KfW, próximo à foz com o Rio Tietê.
S-XV-1		<ul style="list-style-type: none"> SORO 02700 – Rio Sorocaba / Sorocaba Na captação de Cerquilho

Imagem do Ponto			<ul style="list-style-type: none"> Código do Ponto / Corpo Hídrico / Município Descrição do Ponto
S-4			<ul style="list-style-type: none"> TIBB 02100 – Reservatório de Barra Bonita / Barra Bonita No corpo central do Reservatório de Barra Bonita, a jusante da confluência dos Rios Tietê e Piracicaba
S-5			<ul style="list-style-type: none"> TIBB 02900 – Reservatório de Barra Bonita / Barra Bonita No meio do corpo central, a 300 metros da barragem.
Baixo Tietê			
S-6			<ul style="list-style-type: none"> TIBA 02800 – Reservatório de Bariri / Bariri A cerca de 4 Km da Usina Hidroelétrica de Bariri
S-7			<ul style="list-style-type: none"> TIBI 02900 – Reservatório de Ibitinga / Ibitinga No corpo central, a cerca de 2 km da barragem de Ibitinga
S-8			<ul style="list-style-type: none"> TIPR 02800 – Reservatório de Promissão / Promissão No corpo central, cerca de 2 Km da barragem de Promissão.

Imagem do Ponto			<ul style="list-style-type: none"> • Código do Ponto / Corpo Hídrico / Município • Descrição do Ponto
S-9			<ul style="list-style-type: none"> • TITR 02100 – Reservatório Três Irmãos / Araçatuba • Em frente a captação de Araçatuba.

Fontes:

- Características dos pontos: CETESB¹¹;
- Imagens S-1, S-2, S-VIII-1, S-XI-1, S-3, S-XIII-1, S-4, S-5, S-6, S-7, S-8 e S-9: CETESB¹¹;
- Imagem S-X-1: Águas da Memória. Rio Cotia – UGRHI 06: Imagens feitas na região de Carapicuíba – SP. Disponível em: <http://www.aguasdamedoria.com.br/caderno-de-viagem/rio-cotia/>. Acesso em 12 jan. 2012.
- Imagem S-XV-1: SAAE Cerquilha. Sistema de Abastecimento de Água. Disponível em: http://www.saaec.com.br/?page_id=471. Acesso em 20 jun. 2012.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os corpos hídricos das UGRHI Alto Tietê, Piracicaba-Capivari-Jundiaí, Sorocaba-Médio Tietê, Tietê-Jacaré, Tietê-Batalha e Baixo Tietê proporcionam à população do Estado de São Paulo o aproveitamento de suas águas para múltiplos usos, o que viabiliza crescimento e expansão urbana e industrial.

No entanto, o crescimento e desenvolvimento urbano, associados ao lançamento de efluentes domésticos e industriais, à poluição difusa, ao descarte de resíduos sólidos, à ocupação das margens dos rios, à impermeabilização do solo e à industrialização têm ocasionado a deterioração e a contaminação dos corpos hídricos, com consequentes riscos à saúde pública e à preservação do meio ambiente, especificamente aos ecossistemas aquáticos, em função da toxicidade das substâncias químicas provenientes dos processos industriais e agrícolas.

Com a realização desta pesquisa, procurou-se demonstrar a evolução das condições sanitárias e ambientais do Rio Tietê, ao longo dos últimos 33 anos no compartimento água e ao longo dos últimos 9 anos no compartimento sedimento, em busca da composição da visão geral com relação ao comportamento de metais pesados e compostos químicos orgânicos, avaliando-se as diferentes condições em cada trecho do rio, desde a nascente até a foz, avaliando-se as especificidades de cada poluente, além das áreas de permanência desses elementos, seja nos compartimentos água, sedimento ou ambos, ao longo do período estudado.

Considerada área de extrema importância para o Estado, que vem crescendo progressivamente, tanto do ponto de vista econômico, quanto populacional, procurou-se identificar quais variáveis apresentaram concentrações acima dos padrões estabelecidos em legislação, e que necessitam de melhor acompanhamento e adequação das técnicas de controle e monitoramento, para manutenção ou melhoria da qualidade das águas, e consequentemente dos sedimentos, visando melhor

aproveitamento dos recursos hídricos disponíveis nessas regiões e garantia da qualidade de vida da população.

As variações temporais sazonais das concentrações das substâncias podem ser consequência do aporte de poluentes aos corpos d'água, alterações de metodologias de análises utilizadas pelos laboratórios, como também de variações decorrentes de alterações na vazão, valores esses que não foram levantados e não considerados, pela indisponibilidade da informação para todos os pontos analisados.

Da Tabela 7 à Tabela 69 estão apresentados os resultados das médias anuais das concentrações dos compostos químicos na água e dos valores anuais dos compostos químicos no sedimento, obtidos a partir dos levantamentos de dados realizados da Rede de Monitoramento da CETESB, para demonstrar as condições sanitário-ambientais no caudal do Rio Tietê e os reflexos da contribuição dos seus afluentes na Região Metropolitana de São Paulo e no interior do Estado, sobre a qualidade de suas águas e sedimentos.

Nessas tabelas, para melhor visualização dos resultados, foram adotados critérios de legendas e indicadores, conforme detalhamento no Quadro 9 a seguir.

Quadro 9 – Legendas e indicadores utilizados nas tabelas dos resultados da pesquisa

Legendas	–	Dado inexistente nos relatórios pesquisados.
	ND	Valores não detectados nas condições dos ensaios.
Indicadores		Valores que atendem aos limites estabelecidos para as respectivas Classes 1 e 2, no caso do compartimento água e ao nível TEL, no caso do compartimento sedimento.
	Valores entre os níveis TEL e PEL, no caso do compartimento sedimento.
	Valores que não atendem aos limites estabelecidos para a respectiva Classe 3, no caso do compartimento água e ao nível PEL, no caso do compartimento sedimento.

Foi possível observar que os locais de monitoramento do sedimento não são constantes, e mudam de ano para ano de um local para outro, devido realocações de pontos feitos pela CETESB.

Os dados obtidos no levantamento desta pesquisa demonstram que os principais afluentes que deságuam no Rio Tietê contribuem positivamente na diluição de poluentes ao longo do seu percurso, por outro lado, alguns afluentes contribuem negativamente com aporte de poluentes em concentrações maiores que sua capacidade de assimilação, principalmente na Região Metropolitana de São Paulo.

Nos itens seguintes poderão ser observados os resultados e discussões sobre os valores obtidos no levantamento de dados, bem como o comportamento de cada variável ao longo do período estudado, tanto do compartimento água (demonstrados nas tabelas e nos gráficos de superfície tridimensional, de contorno delineado e comparativo de médias), quanto no compartimento sedimento (demonstrados nas tabelas e nos gráficos de superfície tridimensional e de contorno delineado), e distribuídos da seguinte forma:

- 5.1. Resultados dos metais pesados;
- 5.2. Resultados dos hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA);
- 5.3. Resultados dos pesticidas organoclorados; e
- 5.4. Resultados das bifenilas policloradas (PCB).

5.1. Resultados dos metais pesados em água e sedimento

As médias anuais dos dados secundários obtidos na pesquisa para os metais pesados em água do período de 1978 a 2010, em conjunto com os valores anuais para os metais pesados em sedimento do período de 2002 a 2010, estão apresentadas nos itens 5.1.1 a 5.1.8 seguintes.

5.1.1. Resultados e avaliação do alumínio

Apesar de não haver padrão de qualidade de águas para abastecimento público e não ser considerada substância tóxica ou prejudicial à saúde, pois pode ser absorvida pelo sistema digestório, ou eliminada pelas fezes, o alumínio total é elemento presente no meio ambiente, oriundo de rochas ou minerais, de alimentos e medicamentos, ou de processos industriais.

O alumínio na forma dissolvida é tóxico para peixes, pois em contato com as brânquias pode formar gel, que impede a absorção de oxigênio dissolvido na água e causar asfixia aos mesmos⁷⁷.

5.1.1.1 Alumínio no compartimento água

a) Alumínio dissolvido

O monitoramento da variável alumínio dissolvido teve início a partir de 2006. Nesse período de avaliação, foram registradas algumas variações nas concentrações de alumínio dissolvido. A ilustração do Gráfico 1 apresenta esses resultados em gráfico tridimensional.

Gráfico 2 – Contorno delineado dos resultados de alumínio dissolvido em água no período de 1978 a 2010

A ilustração do Gráfico 3 apresenta as concentrações de alumínio dissolvido no ano de 2010, bem como a média observada do período de 2006 a 2009.

Gráfico 3 – Comparativo de médias da variável alumínio dissolvido em água

Este gráfico mostra que as concentrações de alumínio dissolvido registradas no ano de 2010 são menores que a média do período de 2006 a 2009 no trecho do Alto Tietê até o Reservatório de Rasgão. Observa-se também, ocorrências de concentrações mais elevadas entre os trechos do médio Tietê, após a confluência com o Rio Jundiaí até a região do baixo Tietê em Ibitinga, sendo que neste trecho as concentrações estão acima do limite estabelecido pela legislação para a classe do rio. Após o Reservatório de Promissão até a foz, as concentrações são decrescentes.

A Tabela 7 apresenta as médias anuais das concentrações de alumínio dissolvido (mg/L) em água, no período de 1978 a 2010.

Tabela 7 – Médias anuais de concentrações de alumínio dissolvido (mg/L) em água do período de 1978 a 2010.

Núcleo	Código Ponto CETESB	Código Diagrama Unifilar	Ano	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
			Classe																																	
Alto Tietê (Região Metropolitana de São Paulo)	TIET02050 R. Tietê - Bir. Mirim	1	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,0100	0,0092	0,0090	0,0090	0,0090	
	BMIR02800 R. Biritiba Mirim	I-1	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,0100	0,0092	0,0090	0,0090	0,0090	
	TIET02090 R. Tietê /M. Cruzes	2	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,0100	0,0092	0,0090	0,0090	0,0090	
	TAIA 02800 R. Taiaçupeba	II-1	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,0100	0,0090	0,0090	0,0090	0,0208	
	TIET03120 R. Tietê /Suzano	3	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,0150	0,0125	0,0090	0,0090	0,0090	
	TIET04150 R. Tietê /Guarulhos	4	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,0150	0,0090	0,0108	0,0108	0,0125	
	CABU 04700 R. Cabuçu	III-1	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,0090	0,0228	0,0090	0,0110	
	TIET04170 R. Tietê /São Paulo	5	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,0133	0,0090	0,0108	0,0108	0,0093	
	DUVA 04900 R. Aricanduva	IV-1	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,0133	0,0095	0,0415	0,0122	0,0150	
	TIET04180 R. Tietê /São Paulo	6	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,0100	0,0092	0,0128	0,0127	0,0148	
	TAMT 04500 R. Tamanduatei	VI-1	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,0300	0,0092	0,0233	0,0127	0,0180	
	NINO 04900 Rib. Meninos	V-1	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,0150	0,0093	0,0280	0,0227	0,0863
	TAMT 04900 R. Tamanduatei	VI-2	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,0133	0,0090	0,0183	0,0147	0,0163
	TIET04200 R. Tietê /São Paulo	7	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,0133	0,0095	0,0092	0,0110	0,0230
	PINH 04200 R. Pinheiros	VII-1	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,0112	0,0109	—	0,0093
	PINH 04900 R. Pinheiros	VII-2	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,0133	0,0090	0,0178	0,0123	0,0110
	COTI 03800 R. Cotia	X-1	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,0097	0,0090	0,0090	0,0090	0,0092
	MOVE 03500 Rib. Moinho Velho	VIII-1	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	PEDA 03900 Rib. Pedras	IX-1	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	COTI 03900 R. Cotia	X-2	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,0097	0,0090	0,0092	0,0090	0,0092
	JOH 03800 R. Juqueri	XII-1	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,0133	0,0090	0,0143	0,0090	0,0092
	CRIS 03400 Rib. Cristais	XI-1	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,0133	0,0090	0,0090	0,0090	0,0090
TIET04900 Res. Edgard Souza	8	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,0133	0,0108	0,0090	0,0090	0,0092	
TIPI 04900 Res. Pirapora	9	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,0100	0,0108	0,0092	0,0092	0,0090	
Médio Tietê	TIRG02900 Res. Rasgão	10	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,0100	0,0090	0,0090	0,0090	0,0090	
	JUNA 04900 R. Jundiá	XIII-1	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,0325	0,0392	0,0147	0,0035	0,0037
	TIET02350 R. Tietê /Salto	11	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,0125	0,0090	0,0067	0,0020	0,0032	
	TIET02400 R. Tietê /Tietê	12	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,0175	0,0090	0,0090	0,0090	0,0095	
	CPIV 02900 R. Capivari	XIV-1	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,0100	0,0092	0,0038	0,0013	0,0030	
	SORO 02900 R. Sorocaba	XV-1	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,0100	0,0090	0,0090	0,0090	0,0092	
	TIET02450 R. Tietê /Lar. Paulista	13	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,0125	0,0092	0,0158	0,0090	0,0093	
	TIBT02500 R. Tietê /Botucatu	14	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,0097	0,0092	0,0053	0,0012	0,0022	
	PCBP 02500 R. Piracicaba	XVI-1	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,0100	0,0092	0,0028	0,0022	0,0022	
	TIBB02100 Res. Barra Bonita	15	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—																					

b) Alumínio total

O monitoramento da variável alumínio total foi iniciado a partir do ano de 1998. Durante o período avaliado é possível observar alguns registros pontuais de concentração mais elevada, conforme mostra a ilustração do Gráfico 4.

Gráfico 4 – Superfície tridimensional dos resultados de alumínio total em água no período de 1978 a 2010

Esse comportamento também pode ser observado na ilustração do Gráfico 5, que apresenta os resultados de alumínio total em água no período de 1978 a 2010, no formato de gráfico de contorno delineado.

Gráfico 5 – Contorno delineado dos resultados de alumínio total em água no período de 1978 a 2010

Os gráficos acima mostram que o Rio Tietê, em São Paulo, registrou concentrações mais elevadas no ano de 2001. Esse comportamento também foi observado no Rio Tietê em Tietê, nos anos de 2004 e 2006, bem como no Rio Capivari em 2005. No ano de 2009, esse mesmo comportamento se repetiu no Reservatório de Rasgão e no Rio Jundiá.

A ilustração do Gráfico 6 apresenta as concentrações de alumínio total do ano de 2010 e a média do período de 2005 a 2009.

Gráfico 6 – Comparativo de médias da variável alumínio total em água

Este gráfico mostra que em 2010 vários pontos amostrados no trecho da nascente até Tietê apresentam concentração de alumínio total menor do que a média observada no período de 2005 a 2009. Situação oposta pode ser observada no trecho do Médio Tietê, a partir de Laranjal Paulista, onde a média do ano de 2010 foi maior do que a média histórica 2005-2009. No ano de 2010, as concentrações mais elevadas no rio Tietê foram registradas em Tietê e Laranjal Paulista. Após o Reservatório de Promissão até a foz, as concentrações são decrescentes.

Na Tabela 8, a seguir, pode-se observar que não há dados relativos aos anos de 2007 e 2008. Segundo informações da CETESB, isso se deve ao fato de que a partir da exigência legal de se controlar alumínio dissolvido, houve um hiato nesse período, porém a própria empresa decidiu retomar o monitoramento em 2009, para não prejudicar a série histórica. Conforme pode ser verificado nesta tabela, elevadas concentrações de alumínio total foram registradas em vários pontos de amostragem ao longo do Rio Tietê.

5.1.1.2 Alumínio no compartimento sedimento

A ilustração do Gráfico 7 apresenta o comportamento do alumínio no compartimento sedimento, amostrado no período de 2002 a 2010 e representado por meio de um gráfico de superfície tridimensional.

Gráfico 7 – Superfície tridimensional dos resultados de alumínio em sedimento no período de 2002 a 2010

Da mesma forma, o comportamento do alumínio no sedimento pode ser observado na ilustração do Gráfico 8, representado em gráfico de contorno delineado.

Gráfico 8 – Contorno delineado dos resultados de alumínio em sedimento no período de 2002 a 2010

Os dados obtidos no compartimento sedimento apresentam características de acumulação, devido afinidade do metal com o material particulado presente nesse ambiente, principalmente nos reservatórios, que funcionam como verdadeiros sistemas acumuladores.

No compartimento sedimento os valores de alumínio apresentam tendência de concentração e acumulação extremamente elevadas se comparadas ao compartimento água.

Os valores anuais de alumínio no compartimento sedimento são apresentados na Tabela 9 a seguir.

Tabela 9 – Valores anuais de concentrações de alumínio em sedimento do período de 2002 a 2010 (µg/g)

Nascente	Código Ponto CETESB	Código Diagrama Unifilar	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Alto Tietê (Região Metropolitana de São Paulo)	TIET 02050 <i>Rio Tietê - Biritiba Mirim</i>	S-1	8650	6370	55800	15200	–	–	–	–	–
	TIET 04160 <i>Rio Tietê - Guarulhos</i>	S-2	–	–	–	–	–	–	46288	10100	45362
	PINH 09100 <i>Rio Pinheiros</i>	S-I-1	1140	–	–	–	–	–	–	–	–
	COTI 03840 <i>Rio Cotia</i>	S-II-1	–	–	–	–	32800	–	–	–	–
	CRIS 03400 <i>Ribeirão dos Cristais</i>	S-III-1	–	3460	11800	–	–	–	–	–	–
	TUPI 04850 <i>Reservatório de Pirapora</i>	S-3	–	–	11800	–	–	27400	63902	62988	19149
	JUNÁ 04900 <i>Rio Jundiá</i>	S-IV-1	–	–	–	–	4560	–	–	–	–
	SORO 02700 <i>Rio Sorocaba</i>	S-V-1	–	5660	1910	–	–	–	–	–	–
	TIBB 02100 <i>Reservatório de Barra Bonita</i>	S-4	–	3390	–	24200	–	–	–	–	–
	TIBB 02900 <i>Reservatório de Barra Bonita</i>	S-5	–	–	–	–	20100	77700	87180	55046	55684
	TIBA 02800 <i>Reservatório de Bariri</i>	S-6	–	–	–	–	89400	43100	–	–	–
	TIBI 02900 <i>Reservatório de Ibitinga</i>	S-7	–	–	–	–	–	–	59669	–	–
	TIPR 02800 <i>Reservatório de Promissão</i>	S-8	–	–	–	–	–	6260	–	19153	106594
	TITR 02100 <i>Reservatório Três Irmãos</i>	S-9	–	–	–	11600	13200	23500	74632	55874	–

Legenda:

– : Rio Tietê
Dados inexistentes nos relatórios pesquisados.

– : Rios afluentes

Legislação atual: CONAMA 344/2004

TEL (nível 1): indefinido

PEL (nível 2): indefinido

Fonte: Dados dos Relatórios de Qualidade das Águas Interiores da CETESB^{11, 15, 16, 28 a 18} no período de 2002 a 2010.

5.1.1.3 Considerações

a) Alumínio dissolvido na água

Para o alumínio dissolvido, verifica-se que, da região da nascente até a região do Rio Taiaçupeba, as concentrações não atendem aos limites estabelecidos na legislação. Tal comportamento também pode ser verificado a partir do Reservatório de Rasgão até o ponto localizado no Rio Tietê, a jusante do Reservatório de Barra Bonita. A partir desse local, as condições verificadas são mais favoráveis.

As maiores médias anuais de concentração de alumínio dissolvido nos pontos estudados, que contribuem para o incremento das cargas do elemento no Rio Tietê estão registradas nos afluentes: Córrego dos Meninos, Rio Tamanduateí, Rio Cabuçu, Ribeirão Moinho Velho, Rio Aricanduva, bem como no Reservatório de Pirapora, na região do Alto Tietê. Na região do Médio Tietê, registram-se valores elevados nos afluentes: Rio Piracicaba, Sorocaba, Jundiaí e Capivari. E na região do Baixo Tietê, nos afluentes: Rio Batalha, Rio Jacaré-Guaçu, Ribeirão Grande e no próprio Rio Tietê em Ibitinga. Ressalta-se que os valores observados são maiores que o limite permitido para a classe 2, destacando-se que esse delta ultrapassa os limites máximos permitidos, e atinge concentrações superiores na razão de três a seis vezes o padrão da classe.

b) Alumínio total na água

Na Região Metropolitana de São Paulo, as maiores médias anuais correspondem aos pontos de amostragem localizados nos afluentes: Córrego dos Meninos, Rio Tamanduateí e Rio Cabuçu e no próprio Rio Tietê, em Guarulhos, Suzano e São Paulo. Na região do Médio Tietê as maiores concentrações encontradas estão no Reservatório de Rasgão, no Rio Jundiaí e no Rio Tietê em Salto. E na região do Baixo Tietê, as concentrações de alumínio total mais elevadas foram registradas em

Promissão e Barra Bonita, e nos afluentes Rio Jacaré-Guaçu e Ribeirão Grande.

c) Alumínio no sedimento

O maior valor encontrado para o alumínio no sedimento foi no ponto de amostragem correspondente ao Reservatório de Bariri, seguido de Barra Bonita, Ibitinga, Promissão, Pirapora e Três Irmãos. Logo em seguida, aparece o valor referente ao sedimento do Rio Tietê em São Paulo. E em relação aos seus afluentes, o maior valor registrado foi encontrado no Rio Cotia.

5.1.2. Resultados e avaliação do cádmio

As principais fontes de cádmio são os efluentes industriais provenientes de metalúrgicas, galvanoplastias, equipamentos eletrônicos, pilhas, baterias e outras. Não é conhecido nenhum efeito benéfico ou essencial do cádmio para os seres vivos, e alguns estudos demonstram que pode causar anemia, retardamento do crescimento e morte; apresenta efeito agudo e crônico, e se concentra nos rins, pâncreas e tireóide, além de ter potencial tóxico e cancerígeno para o ser humano^{13, 68,69, 74, 77}.

5.1.2.1 Cádmio no compartimento água

O comportamento do cádmio no compartimento água pode ser observado na ilustração do Gráfico 9.

Gráfico 10 – Contorno delineado dos resultados de cádmio em água no período de 1978 a 2010

A partir dessas representações verifica-se que foram registradas concentrações elevadas e pontuais de cádmio no período de 1985 a 1997, porém após esse período, houve um decaimento das concentrações do metal ao longo do tempo em toda área abordada nesta pesquisa, apresentando inclusive, valores abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005, que é de 0,01 mg/L, para a classe 3.

Vale ressaltar que em vários pontos amostrados foram registradas concentrações de cádmio menores do que o limite de quantificação disponível nas metodologias adotadas pelo laboratório à época da realização das análises. Entretanto essas ocorrências, registradas como limite de quantificação do metal e codificadas com o símbolo “menor que” (<) nos relatórios da CETESB, foram contabilizadas no cálculo das médias correspondentes aos períodos analisados.

As maiores concentrações de cádmio estão registradas nos pontos localizados no Rio Tietê em São Paulo, logo após a confluência com o Rio Tamanduateí, provavelmente oriunda desse afluente e também do Córrego

dos Meninos, além dos Rios Juqueri e Cotia. No trecho do médio Tietê, as maiores concentrações estão registradas no Rio Tietê em Salto e Tietê, no Reservatório de Rasgão e nos afluentes Rios Sorocaba, Jundiaí, Piracicaba e Capivari, sendo nestes três últimos em concentrações menores. E no trecho do Baixo Tietê, as maiores concentrações estão registradas no Rio Tietê em Ibitinga e Promissão e no Reservatório Três Irmãos.

A ilustração do Gráfico 11 apresenta as concentrações de cádmio do ano de 2010 e a concentração média observada no período de 2006 a 2009.

Gráfico 11 – Comparativo de médias da variável cádmio em água

Os valores obtidos mostram que as concentrações observadas em 2010 são inferiores à média calculada para o período 2006-2009.

As médias anuais dos pontos de amostragem estudados para cádmio no compartimento água estão apresentadas na Tabela 10.

Tabela 10 – Médias anuais de concentrações de cádmio (mg/L) em água do período de 1978 a 2010.

Núcleo	Código Ponto CETESB	Código Diagrama Unifilar	Ano	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
				Classe																																
Alto Tietê (Região Metropolitana de São Paulo)	Tiet02050 R. Tietê - Bir. Mirim	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0015	0,0012	0,0010	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	BMRO2800 R. Biritiba Mirim	I-1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0010	0,0012	0,0012	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Tiet02090 R. Tietê /M. Cruzes	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0010	0,0012	0,0010	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0001
	TAIA 02800 R. Taiacupeba	II-1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0020	0,0012	0,0017	0,0010	0,0012	0,0050	0,0050	0,0050	0,0001	0,0001	0,0004	0,0006	0,0004
	Tiet03120 R. Tietê /Suzano	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0012	0,0017	0,0050	0,0050	0,0053	0,0011	0,0001	0,0004	0,0006	0,0003
	Tiet04150 R. Tietê /Guarulhos	4	4	-	-	-	-	-	-	-	0,0050	0,0075	0,0050	0,0050	0,0055	0,0083	0,0075	0,0072	0,0012	0,0010	0,0011	0,0027	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0012	0,0020	0,0050	0,0050	0,0055	0,0013	0,0003	0,0005	0,0007	0,0003
	CABU 04700 R. Cabuçu	III-1	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0002	0,0004	0,0073	0,0004	
	Tiet04170 R. Tietê /São Paulo	5	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0014	0,0010	0,0043	0,0050	0,0050	0,0016	0,0002	0,0006	0,0011	0,0004
	DUVA 04900 R. Aricanduva	IV-1	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0014	0,0010	0,0043	0,0055	0,0050	0,0046	0,0024	0,0006	0,0006	0,0008
	Tiet04180 R. Tietê /São Paulo	6	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0010	0,0010	0,0010	0,0012	0,0022	0,0043	0,0050	0,0050	0,0010	0,0003	0,0005	0,0007	0,0003
	TAMT 04500 R. Tamanduateí	VI-1	4	-	-	-	-	-	-	-	0,0050	0,0050	0,0050	0,0067	0,0062	0,0050	0,0063	0,0095	0,0018	0,0010	0,0028	0,0044	0,0010	0,0025	0,0010	0,0010	0,0017	0,0012	0,0053	0,0050	0,0053	0,0013	0,0002	0,0003	0,0007	0,0003
	NINO 04900 Rib. Meninos	V-1	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0022	0,0017	0,0052	0,0052	0,0050	0,0041	0,0027	0,0025	0,0013	0,0059
	TAMT 04900 R. Tamanduateí	VI-2	4	-	-	-	-	-	-	-	0,0133	0,0075	0,0142	0,0083	0,0060	0,0120	0,0125	0,0095	0,0027	0,0010	0,0023	0,0043	0,0025	0,0010	0,0010	0,0010	0,0018	0,0013	0,0048	0,0050	0,0050	0,0027	0,0010	0,0021	0,0011	0,0010
	Tiet04200 R. Tietê /São Paulo	7	4	-	-	-	-	-	-	-	0,0050	0,0125	0,0050	0,0050	0,0058	0,0075	0,0100	0,0082	0,0013	0,0010	0,0014	0,0057	0,0013	0,0018	0,0010	0,0010	0,0013	0,0010	0,0043	0,0050	0,0083	0,0013	0,0006	0,0006	0,0010	0,0005
	PINH 04200 R. Pinheiros	VII-1	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0002	0,0003	-	0,0003	
	PINH 04900 R. Pinheiros	VII-2	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0010	0,0010	0,0010	0,0012	0,0010	0,0043	0,0050	0,0050	0,0015	0,0003	0,0004	0,0007	0,0003
	COTI 03800 R. Cotia	X-1	3	-	-	-	-	-	-	-	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0045	0,0067	0,0083	0,0090	0,0013	0,0010	0,0017	0,0045	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0043	0,0050	0,0050	0,0010	0,0001	0,0004	0,0007	0,0002
	MOVE 03500 Rib. Moinho Velho	VIII-1	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PEDA 03900 Rib. Pedras	IX-1	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	COTI 03900 R. Cotia	X-2	3	-	-	-	-	-	-	-	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0045	0,0067	0,0083	0,0090	0,0013	0,0010	0,0010	0,0053	0,0010	0,0010	0,0012	0,0010	0,0010	0,0010	0,0043	0,0050	0,0050	0,0009	0,0002	0,0004	0,0007	0,0001
	JORI 03800 R. Juqueri	XII-1	3	-	-	-	-	-	-	-	0,0050	0,0050	0,0058	0,0050	0,0055	0,0067	0,0092	0,0060	0,0013	0,0010	0,0014	0,0042	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0043	0,0050	0,0052	0,0013	0,0002	0,0004	0,0010	0,0003
	CRIS 03400 Rib. Cristais	XI-1	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0043	0,0050	0,0050	0,0014	0,0001	0,0005	0,0009	0,0002
	TIES04900 Res. Edgard Souza	8	4	-	-	-	-	-	-	-	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0047	0,0075	0,0275	0,0090	0,0013	0,0010	0,0016	0,0032	0,0014	0,0015	0,0010	0,0010	0,0008	0,0010	0,0043	0,0050	0,0050	0,0014	0,0006	0,0006	0,0008	0,0004
	TIPI 04900 Res. Pirapora	9	4	-	-	-	-	-	-	-	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0075	0,0075	0,0057	0,0013	0,0010	0,0016	0,0058	0,0063	0,0010	0,0010	0,0010	0,0012	0,0010	0,0043	0,0050	0,0052	0,0015	0,0004	0,0004	0,0009	0,0007
	TIRGO2900 Res. Rasgão	10	2	-	-	-	-	-	-	-	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0045	0,0083	0,0092	0,0082	0,0013	0,0010	0,0011	0,0060	0,0010	0,0010	0,0013	0,0010	0,0012	0,0010	0,0043	0,0092	0,0053	0,0017	0,0011	0,0004	0,0012	0,0004
	JUNA 04900 R. Jundiaí	XIII-1	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0010	0,0011	0,0012	0,0017	0,0021	0,0010	0,0010	0,0040	0,0018	0,0010	0,0050	0,0050	0,0050	0,0002	0,0001	0,0010	0,0010	0,0010	
	Tiet02350 R. Tietê /Salto	11	2	-	-	-	-	-	-	-	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0048	0,0100	0,0117	0,0098	0,0013	0,0010	0,0010	0,0018	0,0015	0,0010	0,0033	0,0025	0,0012	0,0010	0,0050	0,0052	0,0050	0,0003	0,0002	0,0010	0,0010	0,0010
	Tiet02400 R. Tietê /Tietê	12	2	-	-	-	-	-	-	-	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0083	0,0117	0,0132	0,0019	0,0011	0,0013	0,0030	0,0010	0,0013	0,0015	0,0013	0,0010	0,0010	0,0050	0,0050	0,0050	0,0015	0,0007	0,0003	0,0009	0,0007
Médio Tietê	CPIV 02900 R. Capivari	XIV-1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0013	0,0010	0,0010	0,td											

5.1.2.2 Cádmio no compartimento sedimento

Os dados levantados no período indicam que houve acumulação do metal no compartimento sedimento. Tal constatação pode ser atribuída à afinidade do metal com o material particulado presente nesse ambiente, principalmente no Reservatório de Pirapora, que funciona como verdadeiro reservatório de acumulação do cádmio oriundo do trecho metropolitano de São Paulo. O mesmo comportamento pode ser observado no Reservatório de Barra Bonita, onde o cádmio acumulado é oriundo, em menor concentração, do trecho do Médio Tietê.

A ilustração do Gráfico 12 apresenta os resultados obtidos no período no formato de gráfico de superfície tridimensional.

Gráfico 12 – Superfície tridimensional dos resultados de cádmio em sedimento no período de 2002 a 2010

Da mesma forma, o comportamento do cádmio no sedimento pode ser observado na ilustração do Gráfico 13, que apresenta os resultados no formato de gráfico de contorno delineado.

Gráfico 13 – Contorno delineado dos resultados de cádmio em sedimento no período de 2002 a 2010

No compartimento sedimento os valores de cádmio apresentam maior tendência de concentração e acumulação nos Reservatórios de Pirapora e Barra Bonita.

Os valores anuais das concentrações de cádmio no compartimento sedimento estão apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 – Valores anuais de concentrações de cádmio em sedimento do período de 2002 a 2010 (µg/g)

Nascente	Código Ponto CETESB	Código Diagrama Unifilar	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Alto Tietê (Região Metropolitana de São Paulo)	TIET 02050 <i>Rio Tietê - Biritiba Mirim</i>	S-1	0,35 ✓	0,35 ✓	5,53 ✗	0,50 ✓	–	–	–	–	–
	TIET 04160 <i>Rio Tietê - Guarulhos</i>	S-2	–	–	–	–	–	–	–	0,50 ✓	0,49 ✓
	PINH 09100 <i>Rio Pinheiros</i>	S-I-1	0,35 ✓	–	–	–	–	–	–	–	–
	COTI 03840 <i>Rio Cotia</i>	S-II-1	–	–	–	–	0,50 ✓	–	–	–	–
	CRIS 03400 <i>Ribeirão dos Cristais</i>	S-III-1	–	0,35 ✓	5,17 ✗	–	–	–	–	–	–
	TIPI 04850 <i>Reservatório de Pirapora</i>	S-3	–	–	4,99 ✗	–	–	2,07 !	–	1,71 !	48,00 ✗
	JUNA 04900 <i>Rio Jundiá</i>	S-IV-1	–	–	–	–	0,50 ✓	–	–	–	–
	SORO 02700 <i>Rio Sorocaba</i>	S-V-1	–	0,35 ✓	2,66 !	–	–	–	–	–	–
	TIBB 02100 <i>Reservatório de Barra Bonita</i>	S-4	–	0,70 !	–	0,50 ✓	–	–	–	–	1,64 !
	TIBB 02900 <i>Reservatório de Barra Bonita</i>	S-5	–	–	–	–	0,50 ✓	0,50 ✓	–	0,50 ✓	–
	TIBA 02800 <i>Reservatório de Bariri</i>	S-6	–	–	–	–	0,50 ✓	0,50 ✓	–	–	–
	TIBI 02900 <i>Reservatório de Ibitinga</i>	S-7	–	–	–	–	–	–	0,50 ✓	–	–
	TIPR 02800 <i>Reservatório de Promissão</i>	S-8	–	–	–	–	–	0,50 ✓	–	0,50 ✓	0,08 ✓
	TITR 02100 <i>Reservatório Três Irmãos</i>	S-9	–	–	–	0,50 ✓	0,50 ✓	0,50 ✓	0,50 ✓	0,50 ✓	–

Legenda:

– : Dados inexistentes nos relatórios pesquisados.
 ✓ Valores inferiores ao nível TEL
 ! Valores entre níveis TEL e PEL
 ✗ Valores superiores ao nível PEL
 Legislação atual: CONAMA 344/2004
 TEL (nível 1): 0,6 µg/g
 PEL (nível 2): 3,5 µg/g

Fonte: Dados dos Relatórios de Qualidade das Águas Interiores da CETESB no período de 2002 a 2010.

5.1.2.3 Considerações

No compartimento água os valores de cádmio apresentam tendência de concentração em trechos da Região Metropolitana de São Paulo e do Médio Tietê, até Barra Bonita. Os registros apontaram também a incidência de cádmio no Rio Tietê após Ibitinga, até o Reservatório Três Irmãos, no trecho do Baixo Tietê, no entanto, não é possível afirmar que essas concentrações persistam até hoje, pois o monitoramento na região não é realizado desde o ano de 2001. Vale ressaltar que a maior parte das concentrações registradas foram inferiores ao limite estabelecido para a classe 3.

Os valores observados no sedimento são extremamente elevados se comparados ao compartimento água, sendo que o maior valor encontrado foi no Reservatório de Pirapora, quatro vezes superior ao estabelecido pela legislação para o nível PEL, ou seja, com alta probabilidade de causar efeitos biológicos adversos ao meio. Em seguida, foram observadas elevadas concentrações de cádmio no Ribeirão dos Cristais e no ponto do Rio Tietê próximo à região da nascente. Entretanto, para esses dois últimos pontos não é possível afirmar se as condições persistem, uma vez que o monitoramento não foi realizado nos últimos cinco anos.

5.1.3. Resultados e avaliação do chumbo

O chumbo está presente no ar, no tabaco, nas bebidas e até nos alimentos, quando contaminados pela embalagem. Sua principal fonte são os efluentes das indústrias de baterias, podendo ser também oriundo do uso indevido de tintas, tubulações e acessórios à base de chumbo. Pode provocar um envenenamento crônico denominado saturnismo, com sérias consequências para o sistema nervoso central. Seu lançamento em corpos d'água pode ser fatal aos peixes e outros organismos aquáticos em determinadas concentrações^{13, 68, 69, 71, 74, 77}.

5.1.3.1 Chumbo no compartimento água

A ilustração do Gráfico 14 apresenta os resultados de chumbo no compartimento água para a área de estudo, no período de 1978 a 2010, em gráfico de superfície tridimensional.

Gráfico 14 – Superfície tridimensional dos resultados de chumbo em água no período de 1978 a 2010

Da mesma forma, a ilustração do Gráfico 15 apresenta o comportamento do chumbo representado em gráfico de contorno delineado, possibilitando a visão “em planta”, das concentrações em cada ponto analisado.

Gráfico 15 – Contorno delineado dos resultados de chumbo em água no período de 1978 a 2010

Nessas representações pode-se observar que durante todo o período estudado, em quase todos os pontos houve registros de concentrações elevadas até meados de 2005 e 2006, em valores acima do limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005, que é de 0,033 mg/L, para a classe 3. Somente nos últimos cinco anos as concentrações do metal passaram a ser decrescentes em toda área abordada nesta pesquisa, apresentando, em sua maioria, valores abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005, que é de 0,01 mg/L, para as classes 1 e 2.

A ilustração do Gráfico 16 apresenta o comportamento do chumbo no ano de 2010 no compartimento água, bem como a média observada no período de 2005 a 2009.

Gráfico 16 – Comparativo de médias da variável chumbo em água

Conforme mostra o gráfico, as concentrações de chumbo no compartimento água do ano de 2010 são menores que a média dos últimos cinco anos, inclusive em valores abaixo do limite estabelecido para as classes 1 e 2. É interessante observar que a presença do chumbo se estende para além do trecho da Região Metropolitana de São Paulo, destacando-se as concentrações observadas no trecho do Médio Tietê entre os Reservatórios de Rasgão e Barra Bonita.

As médias anuais dos pontos de amostragem estudados para chumbo no compartimento água estão apresentadas na Tabela 12.

5.1.3.2 Chumbo no compartimento sedimento

Os dados obtidos no compartimento sedimento denotam a ocorrência de acumulação, que pode ser atribuída à afinidade do metal com o material particulado presente nesse ambiente. Esse fenômeno foi verificado no Reservatório de Pirapora, que registrou teores mais elevados, seguido pelo Reservatório de Barra Bonita, podendo-se considerar esses reservatórios como verdadeiros sistemas de acumulação de metais. Há ainda registro de chumbo no Reservatório de Ibitinga e nos Rios Cotia e Jundiaí, mas não é possível afirmar como estão as condições atuais, pois houve somente uma coleta em cada ponto.

Vale ressaltar que os valores registrados em todos os pontos estão entre os níveis TEL e PEL, ou seja, ocasionalmente podem causar efeitos biológicos adversos aos compartimentos. Nos demais pontos, os valores observados estão abaixo do nível TEL, apresentando baixa probabilidade de causar efeitos biológicos adversos.

A ilustração do Gráfico 17 apresenta os resultados obtidos no compartimento sedimento para o período observado.

Gráfico 17 – Superfície tridimensional dos resultados de chumbo em sedimento no período de 2002 a 2010

A ilustração do Gráfico 18, a seguir, apresenta o comportamento do chumbo no compartimento sedimento, representado por um gráfico de contorno delineado, que possibilita a visão “em planta” dos resultados.

Gráfico 18 – Contorno delineado dos resultados de chumbo em sedimento no período de 2002 a 2010

Os valores anuais de chumbo no compartimento sedimento estão apresentados na Tabela 13.

Tabela 13 – Valores anuais de concentrações de chumbo em sedimento do período de 2002 a 2010 (µg/g)

Nascente	Código Ponto CETESB	Código Diagrama Unifilar	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Alto Tietê (Região Metropolitana de São Paulo)	TIET 02050 <i>Rio Tietê - Biritiba Mirim</i>	S-1	25,00 ✓	25,00 ✓	65,60 !	15,00 ✓	—	—	—	—	—
	TIET 04160 <i>Rio Tietê - Guarulhos</i>	S-2	—	—	—	—	—	—	30,00 ✓	12,80 ✓	29,30 ✓
	PINH 09100 <i>Rio Pinheiros</i>	S-I-1	25,00 ✓	—	—	—	—	—	—	—	—
	COTI 03840 <i>Rio Cotia</i>	S-II-1	—	—	—	—	48,10 !	—	—	—	—
	CRIS 03400 <i>Ribeirão dos Cristais</i>	S-III-1	—	25,00 ✓	35,30 !	—	—	—	—	—	—
	TIPI 04850 <i>Reservatório de Pirapora</i>	S-3	—	—	110,00 ✗	—	—	88,70 !	—	82,80 !	48,00 !
	JUNA 04900 <i>Rio Jundiá</i>	S-IV-1	—	—	—	—	41,60 !	—	—	—	—
	SORO 02700 <i>Rio Sorocaba</i>	S-V-1	—	25,00 ✓	23,20 ✓	—	—	—	—	—	—
	TIBB 02100 <i>Reservatório de Barra Bonita</i>	S-4	—	50,00 !	—	23,70 ✓	—	—	—	—	—
	TIBB 02900 <i>Reservatório de Barra Bonita</i>	S-5	—	—	—	—	0,15 ✓	20,40 ✓	30,00 ✓	68,90 !	14,50 ✓
Médio Tietê	TIBA 02800 <i>Reservatório de Bariri</i>	S-6	—	—	—	—	36,50 !	33,40 ✓	—	—	—
	TIBI 02900 <i>Reservatório de Ibitinga</i>	S-7	—	—	—	—	—	—	59,60 !	—	—
	TIPR 02800 <i>Reservatório de Promissão</i>	S-8	—	—	—	—	—	15,00 ✓	—	—	2,00 ✓
	TITR 02100 <i>Reservatório Três Irmãos</i>	S-9	—	—	—	15,00 ✓	15,00 ✓	17,50 ✓	—	—	—
Baixo Tietê											

Legenda:

— : Dados inexistentes nos relatórios pesquisados.
 ✓ Valores inferiores ao nível TEL
 ! Valores entre níveis TEL e PEL
 ✗ Valores superiores ao nível PEL
 Legislação atual: CONAMA 344/2004
 TEL (nível 1): 35 µg/g
 PEL (nível 2): 91,3 µg/g

Fonte: Dados dos Relatórios de Qualidade das Águas Interiores da CETESB no período de 2002 a 2010.

5.1.3.3 Considerações

As maiores concentrações de chumbo no compartimento água foram registradas na Região Metropolitana de São Paulo, nos pontos de amostragem dos Rios Biritiba Mirim, Taiaçupeba, Aricanduva, Tamanduateí, Pinheiros, Cotia, Juqueri e Ribeirão dos Cristais. Em todo trecho metropolitano do Rio Tietê foram registrados valores médios de concentração até cinco vezes acima do limite estabelecido para as classes 1 e 2.

No trecho do Médio Tietê, as maiores concentrações estão registradas no Reservatório Rasgão, Rio Tietê em Salto, Tietê, Laranjal Paulista e Botucatu, e no Reservatório de Barra Bonita, bem como nos Rios Jundiaí, Piracicaba, Capivari e Sorocaba. No trecho do Baixo Tietê, no Reservatório Três Irmãos, não é possível afirmar se as concentrações observadas persistem até hoje, pois o monitoramento na região não é realizado desde o ano 2001. Ainda neste trecho, em vários pontos amostrados apresentaram chumbo, como no Rio Tietê em Barra Bonita e Promissão e no Rio Jacaré-Guaçu.

No compartimento sedimento os valores de chumbo apresentam tendência de concentração e acumulação nos Reservatórios de Pirapora, Barra Bonita, Bariri e Ibitinga.

5.1.4. Resultados e avaliação do cobre

O cobre em determinadas concentrações pode provocar intoxicações humanas com lesões no fígado, porém, em pequenas quantidades é até “benéfico ao organismo humano, catalisando a assimilação do ferro e seu aproveitamento na síntese da hemoglobina do sangue, facilitando a cura de anemias. Para os peixes, pode ser extremamente nocivo em concentrações elevadas, podendo levar à morte”.

O cobre em sua forma de sulfato de cobre é um poderoso algicida em determinadas concentrações (0,5 mg/L)^{10,13,68,69, 74}.

5.1.4.1 Cobre no compartimento água

a) Cobre dissolvido

As médias anuais obtidas no compartimento água para os pontos de amostragem do cobre dissolvido estão representadas na ilustração do Gráfico 19.

Gráfico 19 – Superfície tridimensional dos resultados de cobre dissolvido em água no período de 1978 a 2010

A ilustração do Gráfico 20, da mesma forma, apresenta o comportamento do cobre dissolvido, representando os resultados obtidos para cada ponto amostrado em gráfico de contorno delineado.

Gráfico 20 – Contorno delineado dos resultados de cobre dissolvido em água no período de 1978 a 2010

As maiores concentrações registradas para cobre dissolvido, ultrapassam o limite permitido para a classe 3, e contribuem para o incremento das cargas do elemento no Rio Tietê. Essas ocorrências são observadas na Região Metropolitana de São Paulo no córrego dos Meninos e nos Rios Cabuçu, Aricanduva, Tamanduateí e Pinheiros e refletem diretamente em todos os pontos localizados a jusante no Rio Tietê. Na região do Médio Tietê, a maior concentração foi registrada no Rio Jundiaí. E na região do Baixo Tietê, no Reservatório Três Irmãos.

A ilustração do Gráfico 21 apresenta os valores médios verificados para o cobre dissolvido no ano de 2010, bem como a média histórica para o período de 2006 a 2009.

Gráfico 21 – Comparativo de médias da variável cobre dissolvido em água

A análise deste gráfico indica que, no compartimento água, o comportamento do cobre dissolvido apresenta concentrações mais elevadas no trecho da Região Metropolitana de São Paulo. No médio Tietê, há registros de concentrações maiores nos pontos do Rio Tietê na região de Tietê e Laranjal Paulista, até o Reservatório de Barra Bonita, oriundas, provavelmente das contribuições do Rio Jundiá.

O comportamento do cobre dissolvido também pode ser analisado pelos resultados apresentados na Tabela 14. Vale ressaltar que o monitoramento da variável cobre dissolvido em água iniciou a partir de 2006.

Tabela 14 – Médias anuais de concentrações de cobre dissolvido (mg/L) em água do período de 1978 a 2010.

[illegible]

Fonte: Dados calculados a partir dos Relatórios de Qualidade das Águas Interiores da CETESB^{11, 15, 16, 30 a 18} no período de 1978 a 2010.

b) Cobre total

As concentrações de cobre total no compartimento água são apresentadas na ilustração do Gráfico 22 a seguir.

Gráfico 22 – Superfície tridimensional dos resultados de cobre total em água no período de 1978 a 2010

Da mesma forma, a ilustração do Gráfico 23 apresenta o comportamento do cobre total representada em gráfico de contorno delineado, conforme segue.

Gráfico 23 – Contorno delineado dos resultados de cobre total em água no período de 1978 a 2010

A ilustração do Gráfico 24 apresenta os valores médios verificados para o cobre total no ano de 2010, bem como a média histórica para o período de 2006 a 2009.

Gráfico 24 – Comparativo de médias da variável cobre total em água

A análise deste gráfico indica que no compartimento água, o cobre total apresenta concentrações mais elevadas no trecho da Região Metropolitana de São Paulo. No médio Tietê, há registros de concentrações maiores nos pontos do Rio Tietê na região de Tietê e Laranjal Paulista, até o Reservatório de Barra Bonita, oriundas, provavelmente do Rio Jundiáí.

As maiores concentrações de cobre estão registradas na Região Metropolitana de São Paulo, nos Rios Aricanduva e Tamanduateí, no Córrego dos Meninos e em todo percurso metropolitano do Rio Tietê. Na região do Médio Tietê, as maiores concentrações foram registradas no Reservatório de Rasgão, no Rio Tietê em Tietê, e nos Rios Jundiáí, Capivari e Sorocaba. E na região do Baixo Tietê, as maiores concentrações observadas se referem aos pontos amostrados no Rio Tietê em Promissão, no Rio Batalha e no Ribeirão Grande.

Os resultados das concentrações de cobre total também podem ser avaliados pela Tabela 15 apresentada a seguir.

Tabela 15 – Médias anuais de concentrações de cobre total (mg/L) em água do período de 1978 a 2010.

Núcleo	Código Ponto CETESB	Código Diagrama Unifilar	Ano Classe	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
Alto Tietê (Região Metropolitana de São Paulo)	TIET02050 R. Tietê - Bir. Mirim	1	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,0040	0,0073	0,0040	0,0050	0,0080	0,0100	0,0100	0,0117	0,0100	—	—	0,0100	0,0250	
	BMIR02800 R. Biritinga Mirim	I-1	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,0040	0,0057	0,0045	0,0050	0,0080	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100	—	—	0,0117	0,0117	
	TIET02090 - R. Tietê /M. Cruzes	2	2	—	—	0,0020	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,0050	0,0037	0,0040	0,0050	0,0080	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100	—	—	0,0150	0,0150	
	TAIA 02800 R. Taiacupeba	II-1	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,0040	0,0117	0,0042	0,0040	0,0070	0,0150	0,0200	0,0117	0,0100	—	—	0,0167	0,0383	
	TIET03120 R. Tietê /Suzano	3	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,0077	0,0130	0,0367	0,0100	0,0100	0,0100	—	—	0,0133	0,0135
	TIET04150 R. Tietê /Guarulhos	4	4	0,0799	0,0423	0,0148	0,0264	0,0333	0,0225	0,0100	0,0133	0,0150	0,0233	0,0117	0,0100	0,0183	0,0117	0,0150	0,0217	0,0203	0,0485	0,0640	0,0147	0,0100	0,0070	0,0070	0,0290	0,0240	0,0417	0,0417	0,0417	0,0200	—	—	0,0500	0,0350	
	CABU 04700 R. Cabuçu	III-1	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,0267	0,0633		
	TIET04170 R. Tietê /São Paulo	5	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,0880	0,0500	0,0600	0,1067	0,0533	0,0267	—	—	0,0483	0,0433
	DUVA 04900 R. Aricanduva	IV-1	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,1520	0,0633	0,1733	0,1050	0,0433	0,0900	—	—	0,0500	0,0700
	TIET04180 R. Tietê /São Paulo	6	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,0500	0,0200	0,0650	0,0617	0,0600	0,0617	0,0517	0,0717	0,0733	—	—	0,0483	0,0400
	TAMT 04500 R. Tamanduatei	VI-1	4	0,0270	0,1723	0,0432	0,3583	0,1817	0,1300	0,0917	0,1167	0,1100	0,4100	0,2750	0,3267	0,1183	0,2183	0,1267	0,1083	0,0733	0,0743	0,2386	0,0700	0,1250	0,0700	0,0950	0,1167	0,0950	0,1933	0,0967	0,1050	0,0650	—	—	0,0633	0,0633	
	NINO 04900 R. Meninos	V-1	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,1180	0,2500	0,3133	0,0933	0,0783	0,0750	—	—	0,0700	0,2983
	TAMT 04900 R. Tamanduatei	VI-2	4	0,2891	0,1615	0,0528	0,2733	0,1567	0,0942	0,0908	0,0633	0,0850	0,1900	0,1683	0,0767	0,0917	0,1433	0,1267	0,1483	0,1037	0,0491	0,1020	0,0757	0,1200	0,0600	0,0750	0,0850	0,1017	0,1183	0,0867	0,0850	0,1233	—	—	0,0683	0,0883	
	TIET04200 R. Tietê /São Paulo	7	4	0,1280	0,0658	0,0261	0,1283	0,0908	0,0645	0,0827	0,0733	0,0350	0,0600	0,0617	0,0500	0,0783	0,0483	0,0625	0,0408	0,0560	0,0414	0,0617	0,0700	0,0600	0,0350	0,0850	0,0423	0,0867	0,0683	0,0517	0,1567	0,0467	—	—	0,0467	0,0567	
	PINH 04200 R. Pinheiros	VII-1	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,0260	0,0375	—	0,0317	
	PINH 04900 R. Pinheiros	VII-2	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,0200	0,0400	0,0300	0,0567	0,0317	0,0350	0,0283	0,0217	0,0300	—	—	0,0390	0,0300
	COTI 03800 R. Cotia	X-1	3	0,0072	0,0042	0,0014	0,0143	0,0150	0,0140	0,0350	0,0133	0,0100	0,0450	0,0100	0,0100	0,0233	0,0150	0,0192	0,0098	0,0027	0,0071	0,0370	0,0083	0,0040	0,0040	0,0040	0,0080	0,0087	0,0100	0,0100	0,0133	0,0133	—	—	0,0115	0,0100	
	MOVE 03500 R. Moinho Velho	VIII-1	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	PEDA 03900 R. Pedras	IX-1	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	COTI 03900 R. Cotia	X-2	3	—	—	—	—	0,0100	0,0178	0,0150	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100	0,0400	0,0133	0,0158	0,0057	0,0030	0,0074	0,0340	0,0067	0,0040	0,0067	0,0042	0,0060	0,0073	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100	—	—	0,0100	0,0100
	JORI 03800 R. Juqueri	XII-1	3	0,0431	0,0178	0,0093	0,0217	0,0158	0,0545	0,0157	0,0320	0,0133	0,0133	0,0133	0,0120	0,0217	0,0300	0,0183	0,0068	0,0037	0,0157	0,2473	0,0187	0,0095	0,0058	0,0095	0,0105	0,0167	0,0267	0,0350	0,0300	0,0233	—	—	0,0133	0,0217	
	CRIS 03400 R. Cristais	XI-1	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,0040	0,0050	0,0110	0,0050	0,0070	0,0100	0,0133	0,0100	0,0133	—	—	0,0132	0,0117
	TIES04900 Res. Edgard Souza	8	4	0,0267	0,0089	0,0064	0,0414	0,0260	0,0425	0,0600	0,0400	0,0200	0,0533	0,0317	0,0817	0,0750	0,0217	0,0425	0,0292	0,0337	0,0535	0,0517	0,0409	0,0375	0,0600	0,0500	0,0333	0,0400	0,0433	0,0633	0,0350	0,0233	—	—	0,0250	0,0300	
	TIP04900 Res. Pirapora	9	4	0,0174	0,0060	0,0016	0,0100	0,0200	0,0245	0,0125	0,0200	0,0200	0,0250	0,0133	0,0100	0,0400	0,0233	0,0325	0,0217	0,0232	0,0139	0,0478	0,0222	0,0175	0,0200	0,0250	0,0138	0,0240	0,0350	0,0367	0,0283	0,0267	—	—	0,0433	0,0333	
	TIRG02900 Res. Rasgão	10	2	0,0074	0,0059	0,0018	0,0183	0,0100	0,0892	0,0150	0,0167	—	0,0183	0,0167	0,0100	0,0433	0,0167	0,0392	0,0192	0,0198	0,0134	0,0500	0,0196	0,0143	0,0160	0,0138	0,0117	0,0517	0,0167	0,0250	0,0267	0,0233	—	—	0,0600	0,0233	
	JUNA 04900 R. Jundiaí	XIII-1	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,0060	0,0207	0,0141	0,0345	0,0247	0,0152	0,0300	0,0270	0,0300	0,0283	0,0233	0,0233	0,0400	0,0200	—	—	0,0127	0,0097		
	TIET02350 R. Tietê /Salto	11	2	—	—	—	—	—	—	0,0125	0,0100	0,0133	0																								

5.1.4.2 Cobre no compartimento sedimento

O comportamento do cobre no sedimento pode ser observado a partir da ilustração do Gráfico 25, representado em gráfico de superfície tridimensional.

Gráfico 25 – Superfície tridimensional dos resultados de cobre em sedimento no período de 2002 a 2010

Da mesma forma, a ilustração do Gráfico 26 representa o comportamento do cobre no compartimento sedimento, possibilitando a visão “em planta” dos valores obtidos para os pontos amostrados.

Gráfico 26 – Contorno delineado dos resultados de cobre em sedimento no período de 2002 a 2010

Os dados obtidos no compartimento sedimento denotam ocorrência de acumulação, devido afinidade do metal com o material particulado presente nesse ambiente, principalmente no Reservatório de Pirapora e no ponto do Rio Tietê na capital paulista, com tendência de acumulação decrescente no período estudado. Ressalta-se que o Reservatório de Pirapora funciona como um sistema acumulador das contribuições oriundas da Região Metropolitana de São Paulo.

A partir da avaliação dos resultados apresentados na Tabela 16 verifica-se que há registros elevados de cobre no Reservatório de Bariri, sem no entanto, haver ocorrência nos últimos três anos. Nos Reservatórios de Barra Bonita e Três Irmãos, os valores médios observados em toda série correspondem a 56 e 45 µg/g, respectivamente.

Nos Rios Pinheiros e Cotia foram registradas concentrações de cobre, mas não é possível afirmar como estão as condições atuais, pois houve

somente uma coleta em cada ponto e o monitoramento não é realizado nesses rios há oito e quatro anos, respectivamente.

Vale ressaltar que os valores registrados nesses pontos estão entre os níveis TEL e PEL, ou seja, ocasionalmente podem causar efeitos biológicos adversos ao meio. Nos demais pontos os valores estão abaixo do nível TEL, ou seja, com baixa probabilidade de causar efeitos biológicos adversos.

Tabela 16 – Valores anuais de concentrações de cobre em sedimento do período de 2002 a 2010 (µg/g)

Nascente	Código Ponto CETESB	Código Diagrama Unifilar	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Alto Tietê (Região Metropolitana de São Paulo)	TIET 02050 <i>Rio Tietê - Biritiba Mirim</i>	S-1	6,84 ✓	3,90 ✓	18,20 ✓	3,83 ✓	–	–	–	–	–
	TIET 04160 <i>Rio Tietê - Guarulhos</i>	S-2	–	–	–	–	–	–	169,00 !	64,30 !	91,80 !
	PINH 09100 <i>Rio Pinheiros</i>	S-I-1	87,30 !	–	–	–	–	–	–	–	–
	COTI 03840 <i>Rio Cotia</i>	S-II-1	–	–	–	–	52,20 !	–	–	–	–
	CRIS 03400 <i>Ribeirão dos Cristais</i>	S-III-1	–	11,70 ✓	24,90 ✓	–	–	–	–	–	–
	TIPI 04850 <i>Reservatório de Pirapora</i>	S-3	–	–	275,00 ✗	–	–	223,00 ✗	225,00 ✗	176,00 !	64,20 !
	JUNA 04900 <i>Rio Jundiá</i>	S-IV-1	–	–	–	–	19,10 ✓	–	–	–	–
	SORO 02700 <i>Rio Sorocaba</i>	S-V-1	–	9,46 ✓	14,50 ✓	–	–	–	–	–	–
	TIBB 02100 <i>Reservatório de Barra Bonita</i>	S-4	–	9,11 ✓	–	61,80 !	–	–	–	–	–
	TIBB 02900 <i>Reservatório de Barra Bonita</i>	S-5	–	–	–	–	43,30 !	68,40 !	72,60 !	62,10 !	77,50 !
Médio Tietê	TIBA 02800 <i>Reservatório de Bariri</i>	S-6	–	–	–	–	98,00 !	85,50 !	–	–	–
	TIBI 02900 <i>Reservatório de Ibitinga</i>	S-7	–	–	–	–	–	–	34,00 ✓	–	–
	TIPR 02800 <i>Reservatório de Promissão</i>	S-8	–	–	–	–	–	13,90 ✓	–	20,90 ✓	51,10 !
	TITR 02100 <i>Reservatório Três Irmãos</i>	S-9	–	–	–	41,90 !	27,10 ✓	62,50 !	38,60 !	56,90 !	–
Baixo Tietê											

Legenda:

– : Dados inexistentes nos relatórios pesquisados.
 ✓ Valores inferiores ao nível TEL
 ! Valores entre níveis TEL e PEL
 ✗ Valores superiores ao nível PEL
 Legislação atual: CONAMA 344/2004
 TEL (nível 1): 35,7 µg/g
 PEL (nível 2): 197 µg/g

Fonte: Dados dos Relatórios de Qualidade das Águas Interiores da CETESB^{11, 15, 16, 28 a 18} no período de 2002 a 2010.

5.1.4.3 Considerações

a) Cobre dissolvido na água

A partir dos dados levantados, é possível verificar que as concentrações de cobre dissolvido no compartimento água têm condições melhores nos últimos três anos, com a maioria dos valores atendendo aos limites estabelecidos na legislação, se comparado com os dois primeiros anos do monitoramento.

b) Cobre total na água

As concentrações de cobre total no compartimento água também têm apresentado condições melhores ao longo dos últimos anos de forma decrescente durante todo o período avaliado, com alguns registros pontuais de concentrações mais elevadas e concentradas na Região Metropolitana de São Paulo, especificamente nos Rios Aricanduva, Tamanduateí, Córrego dos Meninos e Rio Juqueri, como pode ser observado pelos dados levantados.

O monitoramento do cobre total também não foi realizado nos anos de 2007 e 2008, por não ser padrão legal, entretanto, o monitoramento foi retomado em 2009.

c) Cobre no sedimento

Os dados obtidos no compartimento sedimento indicam a ocorrência de acumulação do metal, atribuída à sua afinidade com o material particulado presente nesse ambiente, principalmente nos reservatórios, que funcionam como verdadeiros sistemas de acumulação.

No compartimento sedimento, os valores de cobre apresentam tendência de concentração e acumulação principalmente no ponto do Rio Tietê em São Paulo e no Reservatório de Pirapora.

5.1.5. Resultados e avaliação do cromo

Metal pouco encontrado nas águas naturais, a presença de cromo no ambiente aquático relaciona-se com as atividades antropogênicas desenvolvidas na bacia hidrográfica, principalmente pelos processos industriais, visto que esse elemento é largamente empregado em setores produtivos, como, por exemplo, fabricação de aço, ligas metálicas, plástico, estruturas da construção civil, galvanoplastias, cromeação de peças, coloração de vidros, formas e tijolos refratários, tratamento de couro em curtumes, preparação de tintas e pigmentos, têxtil, circulação de águas de refrigeração e preservação da madeira, dentre outras. Ao atingir as águas dos rios e reservatórios, o cromo pode depositar-se nos sedimentos, devido à afinidade do metal com o material particulado presente nesse ambiente^{10, 13, 72, 74, 77}.

A forma hexavalente do cromo, derivada da oxidação industrial, da mineração e possivelmente da queima de combustíveis fósseis, madeira e papel, é considerada altamente tóxica, fortemente oxidante e carcinogênica, podendo permanecer no ambiente aquático por longos períodos^{10, 13}.

5.1.5.1 Cromo no compartimento água

Os dados levantados no presente trabalho demonstram que, no compartimento água, são detectadas concentrações elevadas e pontuais de cromo no ano de 1978 e período de 1987 a 1999. Após esse período, as concentrações registradas são menores, ao longo do tempo, em toda área abordada nesta pesquisa.

As maiores concentrações de cromo para o período estudado estão registradas na Região Metropolitana de São Paulo, mais especificamente no Rio Biritiba-Mirim, no Rio Aricanduva, no Rio Tamanduateí e no Córrego dos Meninos. No trecho do Médio Tietê, as maiores concentrações médias são observadas no Rio Jundiaí e no Reservatório de Barra Bonita. E no trecho

Gráfico 28 – Contorno delineado dos resultados de cromo em água no período de 1978 a 2010

Comparando-se os dados relativos anos de 2005 a 2010, para todos os pontos situados ao longo do Tietê, verifica-se que a concentração de cromo total no compartimento água no ano de 2010 é menor que a média dos anos anteriores, qual seja, do período entre 2005 e 2009.

Pode verificar ainda que no trecho situado após a Região Metropolitana de São Paulo até o Reservatório de Barra Bonita, os resultados demonstram tendência de aumento nas concentrações médias para o ano de 2010, comparativamente aos anos anteriores, e em relação aos trechos situados a montante.

O comparativo das concentrações de cromo total nas águas, considerando-se a média observada no período entre 2005 e 2009 e os valores registrados no ano de 2010 pode ser visualizado na ilustração apresentada no Gráfico 29.

Gráfico 29 – Comparativo de médias da variável cromo em água

Avaliando-se as médias anuais dos pontos de amostragem estudados para o compartimento água, no período de 1978 a 2010, é possível verificar que há tendência de redução nas concentrações de cromo total nas águas no decorrer da última década, ainda que no trecho compreendido entre o Reservatório de Barra Bonita, situado no Médio Tietê, e o Reservatório Três Irmãos, na região do Baixo Tietê, exista tendência de aumento nas concentrações desse elemento.

Não se pode afirmar, no entanto, que essa tendência de aumento no Baixo Tietê persista até os dias de hoje, pois para esse parâmetro, o monitoramento na região não é realizado desde o ano 2001.

As médias anuais dos pontos de amostragem estudados para cromo total no compartimento água para o período entre 1978 e 2010, estão apresentadas na Tabela 17.

Tabela 17 – Médias anuais de concentrações de cromo (mg/L) em água do período de 1978 a 2010.

Nascente	Código Ponto CETESB	Código Diagrama Unifilar	Ano	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010		
																																					Classe	
Alto Tietê (Região Metropolitana de São Paulo)	T1ET02050 R. Tietê - Bir. Mirim	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0500	0,0500	0,0500	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
	BMIR02800 R. Biriliba Mirim	I-1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0500	0,0500	0,0500	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
	T1ET02090 R. Tietê /M. Cruzes	2	2	-	-	0,0020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0500	0,0500	0,0500	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0200			
	TAIA 02800 R. Taiapuêba	II-1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0500	0,0500	0,0500	0,0420	0,0500	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100	0,0167	0,0200	0,0200	0,0200	
	T1ET03120 R. Tietê /Suzano	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0500	0,0500	0,0500	-	0,0450	0,0500	0,0167	0,0100	0,0150	0,0133	0,0167	0,0200	0,0200	0,0200
	T1ET04150 R. Tietê /Guarulhos	4	4	0,0295	0,0211	0,0060	0,0100	0,0100	0,0125	-	-	-	0,0600	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	0,0783	0,0500	0,0500	0,0550	0,0517	0,0850	0,0500	0,0500	0,0500	0,0467	0,0567	0,0433	0,0317	0,0250	0,0300	0,0333	0,0467	0,0467	0,0267	
	CABU 04700 R. Cabuçu	III-1	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0400	0,0333	0,0350	0,0317			
	T1ET04170 R. Tietê /São Paulo	5	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0580	0,0533	0,0383	0,0533	0,0300	0,0300	0,0283	0,0483	0,0350	0,0267		
	DUVA 04900 R. Arcanduva	IV-1	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0620	0,0817	0,0850	0,0283	0,0367	0,0550	0,0733	0,0817	0,0467	0,0600		
	T1ET04180 R. Tietê /São Paulo	6	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0500	0,0500	0,0500	0,0517	0,0517	0,0450	0,0317	0,0450	0,0367	0,0417	0,0367	0,0367	0,0283		
	TAMT 04500 R. Tamanduatei	VI-1	4	0,1930	0,0934	0,0182	0,0967	0,0280	0,0300	0,0133	0,0300	0,0300	0,5017	0,3867	0,3400	0,1700	0,4317	0,1267	0,1117	0,1033	0,1275	0,1043	0,1200	0,0500	0,4450	0,0900	0,0733	0,0750	0,0517	0,0733	0,0517	0,0567	0,0617	0,1117	0,0467	0,0883		
	NINO 04900 Rib. Meninos	V-1	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0700	0,0617	0,1233	0,0683	0,0317	0,0433	0,0433	0,0883	0,0433	0,0650		
	TAMT 04900 R. Tamanduatei	VI-2	4	0,2218	0,1144	0,0063	0,0638	0,0188	0,0233	0,0250	0,0175	0,0300	0,3717	0,2600	0,1200	0,1033	0,0950	0,1267	0,0917	0,0950	0,1900	0,0850	0,0933	0,0600	0,0500	0,0650	0,0750	0,0750	0,0767	0,0583	0,0567	0,0783	0,0733	0,1633	0,0650	0,0733		
	T1ET04200 R. Tietê /São Paulo	7	4	0,0485	0,0334	0,0032	0,0150	0,0120	0,0229	0,1150	0,0250	0,0200	0,0733	0,0700	0,0800	0,0633	0,0683	0,0650	0,0533	0,0600	0,0686	0,0533	0,0500	0,0500	0,0500	0,0650	0,0533	0,0617	0,0433	0,0383	0,0917	0,0200	0,0267	0,0383	0,0300	0,0250		
	PINH 04200 R. Pinheiros	VII-1	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0200	0,0208	-	0,0383			
	PINH 04900 R. Pinheiros	VII-2	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0500	0,0500	0,0500	0,0517	0,0500	0,0200	0,0150	0,0267	0,0167	0,0267	0,0450	0,0250	0,0217		
	COTI 03800 R. Cotia	X-1	3	0,0026	0,0068	0,0020	0,0100	0,0100	0,0100	0,0500	-	-	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	0,0517	0,0500	0,0388	0,0500	0,0500	0,0425	0,0500	0,0167	0,0100	0,0233	0,0100	0,0167	0,0200	0,0200	0,0200	
	MOVE 03500 Rib. Moinho Velho	VIII-1	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	PEDA 03900 Rib. Pedras	IX-1	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	COTI 03900 R. Cotia	X-2	3	-	-	-	-	-	0,0150	-	0,0100	-	0,0500	0,0500	0,0500	0,0667	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	0,0517	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	0,0450	0,0500	0,0167	0,0100	0,0117	0,0100	0,0167	0,0350	0,0200	0,0200	
	JORI 03800 R. Juqueri	XII-1	3	0,0280	0,0176	0,0060	0,0175	0,0125	0,0370	0,0150	0,0100	0,0100	0,0567	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	0,0667	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	0,0517	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	0,1050	0,0500	0,0250	0,0300	0,0133	0,0117	0,0167	0,0267	0,0217	0,0267	
	CRIS 03400 Rib. Cristais	XI-1	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0500	0,0500	0,0500	0,0867	0,0500	0,0167	0,0100	0,0100	0,0100	0,0167	0,0200	0,0200	0,0200		
	TIES04900 Res. Edgard Souza	8	4	0,0130	0,0103	0,0033	0,0200	0,0100	0,0150	0,0100	0,0250	0,0400	0,0650	0,0517	0,0800	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	0,0750	0,0550	0,0773	0,0500	0,0750	0,0500	0,0933	0,0500	0,0300	0,0317	0,0200	0,0233	0,0367	0,0233	0,0233	0,0233	
	TIPI04900 Res. Pirapora	9	4	0,0164	0,0081	0,0010	-	-	0,0150	-	0,0200	-	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	0,0425	0,0500	0,0517	0,0464	0,0500	0,0500	0,0500	0,0867	0,0500	0,0283	0,0267	0,0167	0,0150	0,0283	0,0200	0,0300	0,0250	
	TIRG02900 Res. Rasgão	10	2	0,0043	0,0038	0,0015	-	0,0100	0,0675	0,0100	-	-	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	0,0633	0,0691	0,0500	0,0500	0,0500	-	-	0,0100	-	-	-	-	-	-	-	
	JUNA 04900 R. Jundiá	XIII-1	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0473	0,0542	0,0435	0,0500	0,0650	0,0500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	T1ET02350 R. Tietê /Salto	11	2	-	-	-	-	-	-	0,0100	0,0100	0,0250	0,0500	0,0533	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	0,0517	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500
	T1ET02400 R. Tietê /Tietê	12	2	0,0347	0,0074	0,0010	0,0300	0,0100	0,0125	0,0100	0,0100	0,0100	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500																

5.1.5.2 Cromo no compartimento sedimento

Os dados obtidos no compartimento sedimento demonstram tendência de aumento na concentração e acumulação do cromo ao longo dos anos em todos os Reservatórios do Rio Tietê e também no próprio curso do rio, em sua passagem na capital paulista, sendo que em condições decrescentes no trecho metropolitano, e crescentes no trecho do Baixo Tietê.

Tal situação se intensifica a partir do ano de 2005, quando passaram a ser monitorados os Reservatórios de Bariri, Ibitinga, Promissão e Três irmãos, situados na região do Baixo Tietê e que apresentam elevada concentração de cromo. No período de 2002 a 2004, somente os pontos situados no Alto e Médio Tietê eram amostrados nessa Rede de Monitoramento.

No Gráfico 30, pode-se visualizar os resultados de cromo no compartimento sedimento para a área de estudo, no período de 2002 a 2010, em gráfico de superfície tridimensional.

Gráfico 30 – Superfície tridimensional dos resultados de cromo em sedimento no período de 2002 a 2010

No Gráfico 31, tais informações podem ser visualizadas em gráfico de contorno delineado dos resultados.

Gráfico 31 – Contorno delineado dos resultados de cromo em sedimento no período de 2002 a 2010

A intensificação da tendência de acumulação do cromo a partir do ano de 2005 na Região Metropolitana de São Paulo demonstra ser concomitante com esse comportamento também na região do Baixo Tietê, quando os Reservatórios situados naquela região passaram a ser monitorados. Verifica-se que das 27 amostragens apresentadas no período entre 2005 e 2010, 81,5%, ou 22 amostragens, apresentaram valores médios superiores ao nível PEL, ou situados entre os níveis TEL e PEL.

As médias anuais dos pontos de amostragem estudados para cromo total no compartimento sedimento, para o período entre 2002 e 2010, estão apresentadas na Tabela 18.

Tabela 18 – Valores anuais de concentrações de cromo em sedimento do período de 2002 a 2010 (µg/g)

Nascente	Código Ponto CETESB	Código Diagrama Unifilar	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Alto Tietê (Região Metropolitana de São Paulo)	TIET 02050 Rio Tietê - Biritiba Mirim	S-1	15,00 ✓	15,00 ✓	23,50 ✓	7,71 ✓	–	–	–	–	–
	TIET 04160 Rio Tietê - Guarulhos	S-2	–	–	–	–	–	–	139,00 ✗	20,40 ✓	53,80 !
	PINH 09100 Rio Pinheiros	S-I-1	46,00 !	–	–	–	–	–	–	–	–
	COTI 03840 Rio Cotia	S-II-1	–	–	–	–	54,30 !	–	–	–	–
	CRIS 03400 Ribeirão dos Cristais	S-III-1	–	17,60 ✓	31,50 ✓	–	–	–	–	–	–
	TIPI 04850 Reservatório de Pirapora	S-3	–	–	128,00 ✗	–	–	126,00 ✗	167,00 ✗	97,80 ✗	36,70 ✓
	JUNA 04900 Rio Jundiá	S-IV-1	–	–	–	–	23,50 ✓	–	–	–	–
	SORO 02700 Rio Sorocaba	S-V-1	–	15,00 ✓	20,30 ✓	–	–	–	–	–	–
	TIBB 02100 Reservatório de Barra Bonita	S-4	–	30,00 ✓	–	38,80 !	–	–	–	–	–
	TIBB 02900 Reservatório de Barra Bonita	S-5	–	–	–	–	33,50 ✓	43,60 !	54,70 !	42,10 !	49,80 !
Médio Tietê	TIBA 02800 Reservatório de Bariri	S-6	–	–	–	–	80,40 !	55,10 !	–	–	–
	TIBI 02900 Reservatório de Ibitinga	S-7	–	–	–	–	–	–	50,70 !	–	–
	TIPR 02800 Reservatório de Promissão	S-8	–	–	–	–	–	49,70 !	–	39,40 !	99,00 ✗
	TITR 02100 Reservatório Três Irmãos	S-9	–	–	–	54,50 !	64,20 !	82,20 !	97,40 ✗	101,00 ✗	–
Baixo Tietê											

Legenda:

Rio Tietê Rios afluentes
 – : Dados inexistentes nos relatórios pesquisados.
 ✓ Valores inferiores ao nível TEL ! Valores entre níveis TEL e PEL ✗ Valores superiores ao nível PEL
 Legislação atual: CONAMA 344/2004 TEL (nível 1): 37,3 µg/g PEL (nível 2): 90 µg/g

Fonte: Dados dos Relatórios de Qualidade das Águas Interiores da CETESB^{11, 15, 16, 28 a 18} no período de 2002 a 2010.

5.1.5.3 Considerações

Os dados levantados permitem verificar tendência de redução nas médias anuais da concentração de cromo no compartimento água, no decorrer da última década, e de aumento na concentração e acumulação no compartimento sedimento no período disponível, entre 2002 e 2010.

Nos trechos do Médio Tietê, a partir do Rio Sorocaba e no Baixo Tietê houve registros de algumas concentrações superiores aos valores estabelecidos pela legislação até o ano de 2001, quando o monitoramento desse parâmetro deixou de ser realizado nesses trechos. Tal comportamento parece ter sido acompanhado de um aumento da concentração desse elemento no sedimento após o Reservatório de Barra Bonita, ainda que para este trecho, os dados do compartimento estejam disponibilizados somente a partir de 2005.

No Reservatório de Pirapora, a concentração de cromo no sedimento encontra-se superior ao estabelecido pela legislação para o nível PEL, ou seja, com alta probabilidade de causar efeitos biológicos adversos. Nos demais Reservatórios do Rio Tietê, as concentrações registradas encontram-se entre os níveis TEL e PEL, ou seja, que ocasionalmente podem causar efeitos biológicos adversos aos compartimentos. Nos Rios Pinheiros e Cotia também houve registros de concentrações entre esses níveis, no entanto, não é possível afirmar se as condições persistem, uma vez que o monitoramento não foi realizado nos últimos oito e quatro anos, respectivamente.

5.1.6. Resultados e avaliação do mercúrio

O mercúrio está presente em toda a biosfera e nas cadeias alimentares, sendo facilmente absorvido pelos organismos. É encontrado naturalmente no ambiente, sob a forma elementar, inorgânica e orgânica;

tem como origem as emissões vulcânicas, a evaporação natural da crosta terrestre e a exploração para fins industriais.

Nas indústrias, o mercúrio é bastante utilizado na produção de cloro, soda, agrotóxicos, termômetros, desinfetantes, pigmentos, produtos medicinais e odontológicos, tintas e vernizes, disjuntores elétricos, eletrodos, baterias e lâmpadas fluorescentes, dentre outros, e também no processo de extração do ouro, oferecendo riscos ocupacionais aos trabalhadores e ao meio ambiente, principalmente pela descarga do material nas águas sem nenhum tipo de controle ou tratamento¹³.

Considerado de alta toxicidade ao homem, a contaminação por mercúrio pode manifestar-se tanto na forma aguda quanto na forma crônica, além de apresentar efeito bioacumulativo, provocando lesões neurológicas e com potencial carcinogênico. Nos ecossistemas aquáticos, o mercúrio nas formas elementar ou inorgânica pode reagir com a matéria orgânica presente no meio e converter-se a metilmercúrio, que é a forma mais tóxica do metal. Sob esta forma, possui a capacidade de acumular na cadeia trófica alimentar, podendo chegar até os seres humanos, principalmente através dos peixes que possuem elevada capacidade de concentrar essa substância.

As atividades antrópicas e as reações que envolvem mercúrio na atmosfera e nos corpos hídricos são as principais fontes desse elemento no meio ambiente^{10, 13, 68,69,72, 74}.

5.1.6.1 Mercúrio no compartimento água

A partir da análise dos dados relativos à presença de mercúrio na água no período de 1978 a 2010, verifica-se que registros de concentrações elevadas e pontuais de mercúrio no período de 1978 a 1982 podem ser observadas no Rio Tamanduateí, no ano de 1989 no ponto do Rio Tietê em Guarulhos, e nos anos de 1993 e 1994 no Rio Jundiaí. Tal situação refletiu diretamente na qualidade dos pontos situados a jusante do Rio Tietê, nos

municípios de Tietê e Laranjal Paulista. Além dessas ocorrências, houve registros de concentrações menores do metal ao longo do tempo em toda área abordada nesta pesquisa, com condições melhores, e valores que, na maioria dos registros, atendem aos valores estabelecidos pela legislação vigente, principalmente nos últimos sete anos.

As maiores concentrações estão registradas na Região Metropolitana de São Paulo, onde concentrações elevadas são observadas no Rio Tamanduateí, no Córrego dos Meninos, no Rio Pinheiros e no Rio Tietê, em todo percurso da capital até o Reservatório de Pirapora. No Médio Tietê, as maiores concentrações abrangem o Reservatório de Rasgão, o Rio Jundiaí, o Rio Tietê, em seu trecho nos municípios de Tietê e Laranjal Paulista, o Rio Sorocaba e o Reservatório de Barra Bonita. E no trecho do Baixo Tietê são observadas concentrações elevadas no Rio Tietê, junto aos municípios de Barra Bonita e Promissão, no Rio Jacaré-Guaçu, e nos Reservatórios de Ibitinga e Três Irmãos.

Como foram considerados no cálculo das médias os valores registrados como limites de quantificação do metal, os resultados não permitem afirmar que havia concentrações de mercúrio nos pontos localizados em todo percurso do rio, no período estudado.

No Gráfico 32, pode-se visualizar os resultados de mercúrio no compartimento água, observando-se o comportamento desse elemento ao longo do trecho estudado, no período de 1978 a 2010, em gráfico de superfície tridimensional.

A análise comparativa das médias da concentração de mercúrio no período entre 2005 e 2009, em relação ao ano de 2010, demonstra que as concentrações de mercúrio no compartimento água do ano de 2010 foram superiores à média dos últimos cinco anos e apresentam tendência de aumento na concentração nos trechos da Região Metropolitana de São Paulo e do Médio Tietê, até o Reservatório de Barra Bonita, bem como no Reservatório Três Irmãos, no Baixo Tietê. Tais informações podem ser visualizadas na ilustração apresentada no Gráfico 34.

Gráfico 34 – Comparativo de médias da variável mercúrio em água

As médias anuais dos pontos de amostragem estudados para mercúrio no compartimento água, para o período entre 1978 e 2010, estão apresentadas na Tabela 19.

Tabela 19 – Médias anuais de concentrações de mercúrio (mg/L) em água do período de 1978 a 2010.

Nascente	Código Ponto CETESB	Código Diagrama Unifilar	Ano	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010			
			Classe																																				
Alto Tietê (Região Metropolitana de São Paulo)	Tiet02050 R. Tietê - Bir. Mirim	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓ 0,0002	✗ 0,0002	✗ 0,0006	✗ 0,0006	✗ 0,0005	✗ 0,0006	✓ 0,0001	✓ 0,0001	✓ 0,0001	✓ 0,0002	✓ 0,0002	✓ 0,0002	✓ 0,0002			
	BMR02800 R. Biribita Mirim	I-1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓ 0,0002	✗ 0,0002	✗ 0,0006	✗ 0,0006	✓ 0,0001	✗ 0,0006	✓ 0,0001	✓ 0,0001	✓ 0,0001	✓ 0,0002	✓ 0,0002	✓ 0,0002	✓ 0,0002			
	Tiet02090 R. Tietê /M. Cruzes	2	2	-	-	✓ 0,0002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✗ 0,0007	✗ 0,0004	✗ 0,0006	✗ 0,0006	✗ 0,0004	✗ 0,0005	✓ 0,0001	✓ 0,0001	✓ 0,0001	✓ 0,0002	✓ 0,0002	✓ 0,0002	✓ 0,0002			
	TAIA 02800 R. Taliaçupeba	II-1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓ 0,0002	✗ 0,0003	✗ 0,0006	✗ 0,0006	✓ 0,0002	✗ 0,0004	✓ 0,0001	✓ 0,0001	✓ 0,0001	✓ 0,0002	✓ 0,0002	✓ 0,0002	✓ 0,0002			
	Tiet03120 R. Tietê /Suzano	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓ 0,0007	✓ 0,0003	✓ 0,0004	✓ 0,0001	✓ 0,0001	✓ 0,0002	✓ 0,0002	✓ 0,0002	✓ 0,0002		
	Tiet04150 R. Tietê /Guarulhos	4	4	0,0006	0,0004	0,0005	0,0003	0,0002	#NOME?	0,0003	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0002	0,0048	0,0001	0,0002	0,0002	0,0001	0,0001	0,0002	0,0006	0,0002	0,0002	0,0002	0,0007	0,0007	0,0004	0,0003	0,0001	0,0001	0,0001	0,0002	0,0002	0,0002	0,0003		
	CABU 04700 R. Cabuçu	III-1	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002			
	Tiet04170 R. Tietê /São Paulo	5	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0016	0,0004	0,0004	0,0002	0,0001	0,0001	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002		
	DUVA 04900 R. Arcanduva	IV-1	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0009	0,0005	0,0004	0,0001	0,0001	0,0001	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
	Tiet04180 R. Tietê /São Paulo	6	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0004	0,0002	0,0007	0,0011	0,0006	0,0005	0,0001	0,0001	0,0001	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002		
	TAMT 04500 R. Tamanduatei	VI-2	4	0,0004	0,0006	0,0007	0,0045	0,0015	#NOME?	0,0006	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0004	0,0005	0,0003	0,0004	0,0002	0,0007	0,0002	0,0002	0,0006	0,0002	0,0003	0,0001	0,0003	0,0010	0,0004	0,0006	0,0003	0,0001	0,0001	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	
	NINO 04900 Rib. Meninos	V-1	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0010	0,0004	0,0008	0,0003	0,0001	0,0001	0,0002	0,0003	0,0004	0,0003		
	TAMT 04900 R. Tamanduatei	VI-1	4	0,0118	0,0060	0,0081	0,0029	0,0035	#NOME?	0,0006	0,0005	0,0006	0,0005	0,0005	0,0004	0,0003	0,0012	0,0002	0,0002	0,0001	0,0001	0,0002	0,0002	0,0004	0,0026	0,0007	0,0017	0,0012	0,0004	0,0001	0,0001	0,0002	0,0002	0,0003	0,0004	0,0002			
	Tiet04200 R. Tietê /São Paulo	7	4	0,0011	0,0007	0,0010	0,0008	0,0004	0,0005	0,0007	0,0003	0,0001	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0004	0,0001	0,0001	0,0002	0,0001	0,0003	0,0004	0,0001	0,0002	0,0003	0,0008	0,0005	0,0006	0,0003	0,0002	0,0001	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002		
	PIINH 04200 R. Pinheiros	VII-1	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0002	0,0002	-	0,0002		
	PIINH 04900 R. Pinheiros	VII-2	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0002	0,0002	0,0007	0,0015	0,0004	0,0003	0,0001	0,0001	0,0001	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002		
	COTI 03800 R. Cotia	X-1	3	✓ 0,0002	✓ 0,0002	✓ 0,0004	✓ 0,0003	✓ 0,0002	✓ 0,0007	✓ 0,0003	✓ 0,0002	✓ 0,0001	✓ 0,0001	✓ 0,0001	✓ 0,0001	✓ 0,0001	✓ 0,0001	✓ 0,0002	✓ 0,0001	✓ 0,0002	✓ 0,0001	✓ 0,0002	✓ 0,0005	✓ 0,0003	✓ 0,0002	✓ 0,0002	✓ 0,0005	✓ 0,0010	✓ 0,0002	✓ 0,0006	✓ 0,0003	✓ 0,0001	✓ 0,0007	✓ 0,0002	✓ 0,0002	✓ 0,0002	✓ 0,0002		
	MOVE 03500 Rib. Moinho Velho	VIII-1	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	PEDA 03900 Rib. Pedras	IX-1	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	COTI 03900 R. Cotia	X-2	3	-	-	-	-	✓ 0,0002	✓ 0,0002	✓ 0,0002	✓ 0,0002	✓ 0,0001	✓ 0,0001	✓ 0,0001	✓ 0,0001	✓ 0,0001	✓ 0,0001	✓ 0,0002	✓ 0,0001	✓ 0,0001	✓ 0,0001	✓ 0,0002	✓ 0,0003	✓ 0,0006	✓ 0,0002	✓ 0,0002	✓ 0,0004	✓ 0,0007	✓ 0,0003	✓ 0,0005	✓ 0,0003	✓ 0,0001	✓ 0,0002	✓ 0,0002	✓ 0,0002	✓ 0,0002	✓ 0,0002		
	JORI 03800 R. Juqueri	XII-1	3	✓ 0,0003	✓ 0,0002	✓ 0,0002	✓ 0,0004	✓ 0,0002	✓ 0,0002	✓ 0,0002	✓ 0,0001	✓ 0,0001	✓ 0,0002	✓ 0,0001	✓ 0,0002	✓ 0,0002	✓ 0,0002	✓ 0,0002	✓ 0,0001	✓ 0,0003	✓ 0,0001	✓ 0,0001	✓ 0,0001	✓ 0,0001	✓ 0,0002	✓ 0,0002	✓ 0,0003	✓ 0,0007	✓ 0,0008	✓ 0,0004	✓ 0,0005	✓ 0,0001	✓ 0,0001	✓ 0,0001	✓ 0,0002	✓ 0,0002	✓ 0,0002	✓ 0,0002	
	CRIS 03400 Rib. Cristais	XI-1	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓ 0,0002	✓ 0,0003	✓ 0,0006	✓ 0,0008	✓ 0,0001	✓ 0,0003	✓ 0,0001	✓ 0,0001	✓ 0,0001	✓ 0,0002	✓ 0,0002	✓ 0,0002	✓ 0,0002			
	TIES04900 Res. Edgard Souza	8	4	0,0002	0,0004	0,0003	0,0006	0,0002	0,0002	0,0002	0,0003	0,0001	0,0001	0,0001	0,0006	0,0003	0,0005	0,0001	0,0002	0,0001	0,0007	0,0004	0,0001	0,0001	0,0002	0,0007	0,0008	0,0006	0,0003	0,0001	0,0001	0,0001	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002			
	TIPI04900 Res. Pirapora	9	4	0,0002	0,0003	0,0002	0,0002	0,0002	0,0006	0,0002	0,0003	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0002	0,0001	0,0002	0,0001	0,0001	0,0003	0,0001	0,0001	0,0002	0,0007	0,0009	0,0015	0,0004	0,0001	0,0001	0,0001	0,0002	0,0003	0,0002	0,0002			
	TIRG02900 Res. Rasgão	10	2	✓ 0,0002	✗ 0,0003	✓ 0,0002	✓ 0,0002	✓ 0,0002	#NOME?	✓ 0,0002	✓ 0,0001	✓ 0,0001	✓ 0,0001	✓ 0,0001	✓ 0,0001	✗ 0,0003	✗ 0,0003	✓ 0,0001	✓ 0,0002	✓ 0,0001	✓ 0,0001	✗ 0,0004	✗ 0,0002	✓ 0,0002	✗ 0,0003	✗ 0,0007	✗ 0,0013	✗ 0,0005	✗ 0,0004	✓ 0,0001	✓ 0,0001	✓ 0,0001	✓ 0,0002	✗ 0,0002	✗ 0,0003	✓ 0,0002			
	JUNA 04900 R. Jundiá	XIII-1	4	-																																			

5.1.6.2 Mercúrio no compartimento sedimento

Os dados obtidos no compartimento sedimento demonstram registros pontuais de concentrações mais elevadas de mercúrio no Reservatório de Pirapora, no ano de 2004, e nos pontos do Rio Tietê em São Paulo e do Reservatório de Pirapora, no ano de 2008. Tais condições, entretanto, apresentaram melhora posterior.

Verifica-se, entretanto, que no compartimento sedimento os valores de mercúrio apresentam maior tendência de concentração e acumulação na Região Metropolitana de São Paulo.

No Gráfico 35, pode-se visualizar os resultados de mercúrio no compartimento sedimento para a área de estudo, no período de 2002 a 2010, em gráfico de superfície tridimensional.

Gráfico 35 – Superfície tridimensional dos resultados de mercúrio em sedimento no período de 2002 a 2010

No Gráfico 36, tais informações podem ser visualizadas em gráfico de contorno delineado dos resultados.

Gráfico 36 – Contorno delineado dos resultados de mercúrio em sedimento no período de 2002 a 2010

De forma geral, as médias da concentração de mercúrio no compartimento sedimento, demonstram condições favoráveis em todo período estudado, com concentrações inferiores ao estabelecido pela legislação para o nível TEL, ou seja, com baixa probabilidade de causar efeitos biológicos adversos aos compartimentos.

As médias anuais dos pontos de amostragem estudados para mercúrio no compartimento sedimento para o período entre 2002 e 2010, estão apresentadas na Tabela 20.

Tabela 20 – Valores anuais de concentrações de mercúrio em sedimento do período de 2002 a 2010 (µg/g)

Nascente	Código Ponto CETESB	Código Diagrama Unifilar	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Alto Tietê (Região Metropolitana de São Paulo)	TIET 02050 <i>Rio Tietê - Biritiba Mirim</i>	S-1	0,10 ✓	0,10 ✓	0,04 ✓	0,01 ✓	–	–	–	–	–
	TIET 04160 <i>Rio Tietê - Guarulhos</i>	S-2	–	–	–	–	–	–	0,82 ✗	0,10 ✓	0,10 ✓
	PINH 09100 <i>Rio Pinheiros</i>	S-I-1	0,10 ✓	–	–	–	–	–	–	–	–
	COTI 03840 <i>Rio Cotia</i>	S-II-1	–	–	–	–	0,10 ✓	–	–	–	–
	CRIS 03400 <i>Ribeirão dos Cristais</i>	S-III-1	–	0,10 ✓	0,06 ✓	–	–	–	–	–	–
	TIPI 04850 <i>Reservatório de Pirapora</i>	S-3	–	–	0,46 !	–	–	0,31 !	0,52 ✗	0,21 !	0,10 ✓
	JUNA 04900 <i>Rio Jundiá</i>	S-IV-1	–	–	–	–	0,10 ✓	–	–	–	–
	SORO 02700 <i>Rio Sorocaba</i>	S-V-1	–	0,10 ✓	0,01 ✓	–	–	–	–	–	–
	TIBB 02100 <i>Reservatório de Barra Bonita</i>	S-4	–	0,10 ✓	–	0,05 ✓	–	–	–	–	–
	TIBB 02900 <i>Reservatório de Barra Bonita</i>	S-5	–	–	–	–	0,10 ✓	0,10 ✓	0,10 ✓	0,10 ✓	0,10 ✓
	TIBA 02800 <i>Reservatório de Bariri</i>	S-6	–	–	–	–	0,12 ✓	0,10 ✓	–	–	–
	TIBI 02900 <i>Reservatório de Ibitinga</i>	S-7	–	–	–	–	–	–	0,15 ✓	–	–
	TIPR 02800 <i>Reservatório de Promissão</i>	S-8	–	–	–	–	–	0,10 ✓	–	0,10 ✓	0,10 ✓
	TITR 02100 <i>Reservatório Três Irmãos</i>	S-9	–	–	–	0,13 ✓	0,10 ✓	0,10 ✓	0,10 ✓	0,10 ✓	–

Legenda:

Rio Tietê Rios afluentes
 – : Dados inexistentes nos relatórios pesquisados.
 ✓ Valores inferiores ao nível TEL ! Valores entre níveis TEL e PEL ✗ Valores superiores ao nível PEL
 Legislação atual: CONAMA 344/2004 TEL (nível 1): 0,17 µg/g PEL (nível 2): 0,486 µg/g

Fonte: Dados dos Relatórios de Qualidade das Águas Interiores da CETESB^{11, 15, 16, 28 a 18} no período de 2002 a 2010.

5.1.6.3 Considerações

A análise dos dados levantados permite identificar que, para o período estudado, as maiores concentrações de mercúrio no compartimento água estão registradas na Região Metropolitana de São Paulo e em trechos do Médio e Baixo Tietê.

Ocorrências pontuais de aumento na concentração de mercúrio nas águas são observadas ao longo do tempo em toda área abordada nesta pesquisa, no entanto, a maioria dos registros atende aos valores estabelecidos pela legislação vigente, principalmente nos últimos sete anos.

No compartimento sedimento, ainda que tenham sido observados registros pontuais de concentrações mais elevadas no Reservatório de Pirapora, no ano de 2004, e nos pontos do Rio Tietê em São Paulo e do Reservatório de Pirapora, em 2008, condições favoráveis são observadas em todo período estudado, com concentrações inferiores ao estabelecido pela legislação para o nível TEL, ou seja, com baixa probabilidade de causar efeitos biológicos adversos aos compartimentos.

É possível afirmar que, no compartimento sedimento, os valores de mercúrio apresentam maior tendência de concentração e acumulação na Região Metropolitana de São Paulo.

5.1.7. Resultados e avaliação do níquel

O níquel é um metal flexível, cuja origem relaciona-se com processos químicos e físicos ocorridos no solo, na água, no ar e na biosfera. Relaciona-se também, com a queima de combustíveis fósseis e com a incineração de resíduos sólidos.

Como traço, é considerado elemento essencial para muitas espécies, sendo que, nos seres humanos, possui efeitos deletérios, especialmente na forma níquel-carbonílico, que é a sua forma mais volátil, tóxica e insolúvel na água. A exposição humana pode ocorrer por inalação,

ingestão de água e alimentos ou contato com a pele, podendo causar dermatites de contato, dores de estômago, alterações sanguíneas e renais, danos aos nervos cardíacos e respiratórios, e câncer nos pulmões e seios nasais^{10, 13, 68,74}.

O níquel é bastante utilizado em processos produtivos industriais, sendo largamente empregado nas atividades de mineração, fundição de metais, galvanoplastia, fusão e modelagem de ligas de aço, eletrodeposição, na fabricação de moedas, de baterias alcalinas e de cofres de segurança, na confecção de equipamentos de computador, de próteses clínicas e dentárias, de pigmentos inorgânicos, além de ser utilizado em indústrias de alimentos, artigos de panificadoras, refrigerantes e sorvetes, dentre outros.

Além da atmosfera, pode atingir os ambientes aquáticos especialmente a partir do solo, em decorrência dos processos erosivos, bem como da disposição inadequada de resíduos municipais e efluentes industriais. Nesse meio, deposita-se nos sedimentos por precipitação, complexação, adsorção em argila ou de forma agregada à biota.

5.1.7.1 Níquel no compartimento água

No compartimento água, registros de concentrações elevadas e pontuais de níquel são observados em 1979 no Rio Tamanduateí; em 1986 no Rio Tamanduateí, no Rio Tietê, em Guarulhos e em São Paulo, no Rio Cotia e no Rio Juqueri, bem como nos Reservatórios Edgard Souza e Pirapora; em 1995 no Rio Tietê, em Guarulhos, e no Rio Sorocaba. Exceto essas ocorrências, os registros demonstram que as concentrações do metal são menores ao longo do tempo, em toda área abordada nesta pesquisa.

Na ilustração do Gráfico 37 pode-se visualizar os resultados de níquel no compartimento água, observando-se o comportamento desse elemento ao longo do trecho estudado, no período de 1978 a 2010, em gráfico de superfície tridimensional.

Gráfico 38 – Contorno delineado dos resultados de níquel em água no período de 1978 a 2010

Avaliando-se os dados relativos ao período de 2005 a 2010, pode-se verificar que as concentrações de níquel no compartimento água do ano de 2010 são menores que a média dos últimos cinco anos. Como exceção, com concentrações em 2010 maiores que a média, destacam-se o ponto localizado no Rio Tietê, próximo à nascente, o ponto situado no Reservatório de Pirapora, o ponto em Laranjal Paulista, no Médio Tietê, bem como os pontos localizados no Baixo Tietê, a partir do Reservatório de Ibitinga.

Entretanto, condições mais favoráveis são verificadas a partir da Região Metropolitana de São Paulo até o Reservatório de Edgard Souza, e, na sequência, nos pontos situados no médio Tietê, desde o Reservatório de Rasgão até o município de Tietê, bem como nos Reservatórios de Barra Bonita e de Promissão. Tais dados demonstram tendência de valores decrescentes nas concentrações de níquel, que podem ser observados até a foz, e concentrações que, na maioria dos registros, atendem aos limites estabelecidos pela legislação vigente para corpos d'água classes 1 e 2. Tais informações podem ser visualizadas no Gráfico 39.

Gráfico 39 – Comparativo de médias da variável níquel em água

De forma geral, as maiores concentrações de níquel estão registradas no trecho metropolitano do Tietê e nos pontos do Rio em todo percurso da capital, até o Reservatório de Pirapora, no Rio Tamanduateí, no Córrego dos Meninos, bem como nos Rios Cabuçu, Pinheiros, Cotia e Juqueri. No Médio Tietê, concentrações superiores ao estabelecido pela legislação vigente estão registradas no Reservatório de Rasgão, no Rio Sorocaba, e no trecho do Rio Tietê junto ao município de Tietê. No Baixo Tietê, verificam-se registros de concentrações menores no Rio Tietê, em Promissão, e no Reservatório Três Irmãos.

As médias anuais dos pontos de amostragem estudados para níquel no compartimento água, para o período entre 1978 e 2010, estão apresentadas na Tabela 21.

Tabela 21 – Médias anuais de concentrações de níquel (mg/L) em água do período de 1978 a 2010.

Nascente	Código Ponto CETESB	Código Diagrama Unifilar	Ano	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
			Classe																																	
Alto Tietê (Região Metropolitana de São Paulo)	Tiet02050 R. Tietê - Bir. Mirim	1	2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,0150	0,0100	0,0383	0,0100	0,0133	0,0183	0,1000	0,0217	0,0200	0,0200	0,0200	0,0217	
	BMR02800 R. Biribita Mirim	I-1	2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,0283	0,0100	0,0100	0,0100	0,0150	0,0183	0,0200	0,0200	0,0200	0,0200	0,0200	0,0200	
	Tiet02090 R. Tietê /M. Cruzes	2	2	–	–	0,0020	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,0100	0,0100	0,0117	0,0100	0,0150	0,0183	0,0200	0,0200	0,0200	0,0200	0,0200	0,0200	
	TAIA 02800 R. Taiaçupeba	II-1	2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,0100	0,0150	0,0100	0,0100	0,0167	0,0200	0,0200	0,0200	0,0200	0,0200	0,0200	0,0200	
	Tiet03120 R. Tietê /Suzano	3	3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,0133	0,0283	0,0300	0,0200	0,0217	0,0200	0,0233	0,0200	0,0200
	Tiet04150 R. Tietê /Guarulhos	4	4	0,0446	0,0406	0,0178	0,0213	0,0725	0,1064	0,1009	0,0633	0,3175	0,0917	0,0600	0,0767	0,0617	0,0270	0,0783	0,0917	0,0717	0,3738	0,1167	0,1583	0,1100	0,0100	0,0150	0,0217	0,0483	0,0800	0,0267	0,0333	0,0217	0,0483	0,0317	0,0283	0,0217
	CABU 04700 R. Cabuçu	III-1	4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,0600	0,0317	0,0250	0,0233	
	Tiet04170 R. Tietê /São Paulo	5	4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,0420	0,0517	0,0567	0,0483	0,0333	0,0267	0,0333	0,0583	0,0267	0,0250
	DUVA 04900 R. Arcanduba	IV-1	4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,0440	0,0533	0,0483	0,0467	0,0367	0,0283	0,0567	0,0717	0,0650	0,0417
	Tiet04180 R. Tietê /São Paulo	6	4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,0400	0,0200	0,0250	0,0350	0,0583	0,0417	0,0333	0,0450	0,0333	0,0483	0,0350	0,0317	0,0283
	TAMT 04500 R. Tamanduatei	VI-1	4	0,0200	0,3266	0,0130	0,2460	0,1975	0,0933	0,0720	0,1280	0,5075	0,1317	0,0550	0,0617	0,0967	0,0383	0,0750	0,0350	0,0253	0,0413	0,0686	0,0367	0,0350	0,0350	0,0300	0,0817	0,0633	0,0533	0,1383	0,0250	0,0233	0,0217	0,0333	0,0317	0,0567
	NINO 04900 Rib. Meninos	V-1	4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,1300	0,0683	0,1050	0,1000	0,0467	0,0233	0,0417	0,0500	0,0517	0,0483
	TAMT 04900 R. Tamanduatei	VI-2	4	0,1392	0,1449	0,0526	0,2600	0,1042	0,0736	0,0746	0,0840	0,4425	0,0920	0,0667	0,0583	0,0517	0,0717	0,0750	0,0400	0,0370	0,0374	0,0900	0,0350	0,1350	0,0450	0,0550	0,0600	0,0500	0,0567	0,0767	0,0483	0,0550	0,0400	0,0383	0,0360	0,0500
	Tiet04200 R. Tietê /São Paulo	7	4	0,0967	0,1025	0,0236	0,0950	0,1108	0,1145	0,0867	0,0967	0,6300	0,0467	0,0567	0,0683	0,0633	0,0667	0,0558	0,0408	0,0580	0,1514	0,0900	0,0945	0,0725	0,0200	0,0400	0,0367	0,0467	0,0433	0,0433	0,0500	0,0250	0,0300	0,0300	0,0317	0,0333
	PINH 04200 R. Pinheiros	VII-1	4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,0200	0,0200	–	0,0367
	PINH 04900 R. Pinheiros	VII-2	4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,0300	0,0250	0,0250	0,0300	0,0200	0,0183	0,0233	0,0333	0,0250	0,0280	0,0392	0,0250	0,0217
	COTI 03800 R. Cotia	X-1	3	0,0100	0,0035	0,0020	0,0350	0,0200	0,0120	0,0900	–	0,2200	0,0100	0,0200	0,0200	0,0217	0,0433	0,0233	0,0045	0,0093	0,0120	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100	0,0125	0,0100	0,0100	0,0100	0,0183	0,0200	0,0200	0,0200	0,0200	0,0200	0,0200
	MOVE 03500 Rib. Moinho Velho	VIII-1	3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	PEDA 03900 Rib. Pedras	IX-1	3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	COTI 03900 R. Cotia	X-2	3	–	–	–	–	0,0100	0,0171	0,0100	0,0100	0,7100	0,0133	0,0150	0,0250	0,0250	0,0383	0,0233	0,0037	0,0077	0,0163	0,0100	0,0100	0,0150	0,0100	0,0117	0,0183	0,0100	0,0167	0,0200	0,0200	0,0200	0,0200	0,0300	0,0200	0,0200
	JORI 03800 R. Juqueri	XII-1	3	0,0280	0,0177	0,0057	0,0200	0,0217	0,0818	0,0250	0,0300	0,8800	0,0200	0,0100	0,0217	0,0317	0,0233	0,0320	0,0110	0,0067	0,0163	0,0150	0,0133	0,1075	0,0125	0,0100	0,0100	0,0100	0,0183	0,0217	0,0200	0,0200	0,0200	0,0233	0,0200	0,0200
	CRIS 03400 Rib. Cristais	XI-1	3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,0100	0,0100	0,0117	0,0100	0,0100	0,0183	0,0233	0,0200	0,0200	0,0200	0,0200	0,0200	0,0200
	TIES04900 Res. Edgard Souza	8	4	0,0183	0,0170	0,0093	0,0533	0,0313	0,0708	0,1200	0,0683	0,3067	0,0333	0,0300	0,0500	0,0483	0,0650	0,0525	0,0308	0,0323	0,1375	0,0617	0,0555	0,0525	0,0300	0,0350	0,0300	0,0283	0,0300	0,0383	0,0267	0,0283	0,0333	0,0267	0,0200	0,0217
	TIPI04900 Res. Pirapora	9	4	0,0200	0,0128	0,0010	–	0,0250	0,0445	0,0157	0,0400	0,3100	0,0167	0,0183	0,0250	0,0367	0,0333	0,0408	0,0225	0,0237	0,0463	0,0367	0,0364	0,0475	0,0150	0,0300	0,0150	0,0217	0,0250	0,0333	0,0217	0,0217	0,0300	0,0200	0,0250	0,0250
	TIRG02900 Res. Rasgão	10	2	0,0200	0,0106	0,0040	0,0133	0,0200	0,0975	0,0275	0,0200	0,1800	0,0183	0,0183	0,0233	0,0317	0,0383	0,0425	0,0208	0,0203	0,0527	0,0800	0,0427	0,0583	0,1000	0,0200	0,0167	0,0317	0,0183	0,0267	0,0250	0,0250	0,0417	0,0267	0,0317	0,0233
	JUNA 04900 R. Jundiá	XIII-1	4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,0305	0,0023	0,0141	0,0175	0,0127	0,0100	0,0150	0,0150	0,0133	0,0100	0,0233	0,0217	0,0233	0,0333	0,0287	0,0300	0,0183	0,0133	
	Tiet02350 R. Tietê /Salto	1																																		

5.1.7.2 Níquel no compartimento sedimento

Os dados obtidos no compartimento sedimento, no período estudado, e para o trecho analisado, demonstram nítidas características de acumulação, uma vez que, nos últimos quatro anos, em quase todos os pontos as concentrações de níquel no sedimento foram superiores ao limite estabelecido pela legislação para o nível PEL, ou seja, com alta probabilidade de causar efeitos biológicos adversos aos compartimentos.

Maior tendência de concentração e acumulação pode ser observada na Região Metropolitana de São Paulo, bem como em todos os Reservatórios existentes em todo percurso do Rio Tietê. Tal comportamento, oposto às condições observadas no compartimento água, é decorrente da afinidade do metal com o material particulado presente nesse ambiente.

No Gráfico 40, visualiza-se os resultados de níquel no sedimento, para a área de estudo, no período de 2002 a 2010, em gráfico de superfície tridimensional.

Gráfico 40 – Superfície tridimensional dos resultados de níquel em sedimento no período de 2002 a 2010

Na ilustração do Gráfico 41, tais informações podem ser visualizadas em gráfico de contorno delineado dos resultados.

Gráfico 41 – Contorno delineado dos resultados de níquel em sedimento no período de 2002 a 2010

Tal situação pode ser visualizada também com a apresentação dos valores médios da concentração de níquel no sedimento, onde se verifica maior tendência de acumulação e precipitação ao longo dos anos, destacando-se que para os trechos situados a jusante do Reservatório de Barra Bonita, especialmente aqueles localizados no baixo Tietê, os resultados foram disponibilizados somente a partir do ano de 2005.

As médias anuais dos pontos de amostragem estudados para níquel no compartimento sedimento para o período entre 2002 e 2010, estão apresentadas na Tabela 22.

Tabela 22 – Valores anuais de concentrações de níquel em sedimento do período de 2002 a 2010 (µg/g)

Nascente	Código Ponto CETESB	Código Diagrama Unifilar	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Alto Tietê (Região Metropolitana de São Paulo)	TIET 02050 Rio Tietê - Biritiba Mirim	S-1	7,00 ✓	3,50 ✓	8,25 ✓	4,00 ✓	–	–	–	–	–
	TIET 04160 Rio Tietê - Guarulhos	S-2	–	–	–	–	–	–	94,20 ✗	120,00 ✗	64,70 ✗
	PINH 09100 Rio Pinheiros	S-I-1	22,40 !	–	–	–	–	–	–	–	–
	COTI 03840 Rio Cotia	S-II-1	–	–	–	–	8,50 ✓	–	–	–	–
	CRIS 03400 Ribeirão dos Cristais	S-III-1	–	3,50 ✓	14,60 ✓	–	–	–	–	–	–
	TIPI 04850 Reservatório de Pirapora	S-3	–	–	81,50 ✗	–	–	64,00 ✗	72,10 ✗	56,70 ✗	29,40 !
	JUNA 04900 Rio Jundiá	S-IV-1	–	–	–	–	4,50 ✓	–	–	–	–
	SORO 02700 Rio Sorocaba	S-V-1	–	3,50 ✓	9,34 ✓	–	–	–	–	–	–
	TIBB 02100 Reservatório de Barra Bonita	S-4	–	7,00 ✓	–	30,30 !	–	–	–	–	–
	TIBB 02900 Reservatório de Barra Bonita	S-5	–	–	–	–	23,50 !	39,50 ✗	43,70 ✗	51,00 ✗	49,60 ✗
	TIBA 02800 Reservatório de Bariri	S-6	–	–	–	–	55,80 ✗	39,20 ✗	–	–	–
	TIBI 02900 Reservatório de Ibitinga	S-7	–	–	–	–	–	–	36,00 ✗	–	–
	TIPR 02800 Reservatório de Promissão	S-8	–	–	–	–	–	6,04 ✓	–	12,60 ✓	46,10 ✗
	TITR 02100 Reservatório Três Irmãos	S-9	–	–	–	14,10 ✓	27,60 !	26,10 !	44,30 ✗	46,50 ✗	–

Legenda:

Rio Tietê Rios afluentes
 – : Dados inexistentes nos relatórios pesquisados.
 ✓ Valores inferiores ao nível TEL ! Valores entre níveis TEL e PEL ✗ Valores superiores ao nível PEL
 Legislação atual: CONAMA 344/2004 TEL (nível 1): 18 µg/g PEL (nível 2): 35,9 µg/g

Fonte: Dados dos Relatórios de Qualidade das Águas Interiores da CETESB^{11, 15, 16, 28 a 18} no período de 2002 a 2010.

5.1.7.3 Considerações

No compartimento água, verifica-se que o níquel apresenta uma tendência de redução nas concentrações, no decorrer dos anos e ao longo do percurso Rio Tietê, com registros de concentrações mais elevadas de forma pontual. Diante dessa situação, é possível identificar que os valores registrados, em sua maioria, atendem aos limites estabelecidos pela legislação vigente.

Situação inversa pode ser observada no compartimento sedimento, onde os dados obtidos demonstram uma tendência de acumulação para o trecho analisado, em todo período estudado, sendo que nos últimos quatro anos, as concentrações de níquel no sedimento foram superiores ao limite estabelecido pela legislação para o nível PEL em quase todos os pontos analisados.

Observa-se também, maior tendência de concentração e acumulação desse metal ao longo da Região Metropolitana de São Paulo, bem como nos Reservatórios existentes em todo percurso do Rio Tietê.

5.1.8. Resultados e avaliação do zinco

O zinco, em quantidades adequadas, é considerado elemento essencial e benéfico para o metabolismo humano, com importante atuação no controle da atividade da insulina e de compostos enzimáticos, e auxílio na síntese de substâncias que atuam no crescimento. É necessário para a produção da clorofila e para a formação dos carboidratos, sendo essencial ao organismo dos animais e das plantas.

Elevadas concentrações de zinco podem causar efeitos tóxicos às algas e sobre o sistema respiratório dos peixes. Para o homem, a ingestão de altas concentrações diárias de zinco tende a ser prejudicial à saúde, podendo provocar intoxicação e acúmulo nos tecidos do organismo. Nas

águas, a presença desse metal em concentração superior a 5 mg/L, confere-lhe sabor.

Apesar de ser encontrado naturalmente nos ambientes aquáticos, o zinco pode atingir esse meio também por processos antrópicos, especialmente devido ao lançamento de efluentes industriais, em decorrência de sua utilização em processos produtivos diversos. Além de ser amplamente utilizado em galvanoplastia, é empregado na fabricação de moedas, pigmentos, tintas, cosméticos, sabões, produção de zinco primário, e origina-se também da combustão de madeira, incineração de resíduos, e produção de ferro e aço^{10, 68, 69, 72, 74}.

5.1.8.1 Zinco no compartimento água

Alguns registros de concentrações elevadas e pontuais de zinco podem ser observados no Rio Tamanduateí no período de 1978 a 1982, bem como nos anos de 1984, 1987, 1994, 1997 e 2001. Houve também, registros de concentrações elevadas no Rio Sorocaba, em 1984, e no Reservatório Três Irmãos, em 1985. Exceto essas ocorrências, verifica-se que os registros de concentrações de zinco são menores ao longo do tempo, em toda área abordada nesta pesquisa.

As maiores concentrações de zinco estão registradas no trecho metropolitano do Rio Tietê, nos Rios Cabuçu, Aricanduva e Tamanduateí, no Córrego dos Meninos, e nos pontos do Rio Tietê em todo percurso da capital até o Reservatório de Pirapora. No Médio Tietê, as maiores concentrações estão registradas no Reservatório de Rasgão, Rio Jundiaí, Rio Tietê em Salto, Tietê e Laranjal Paulista e Rio Sorocaba. No trecho do Baixo Tietê, há registros de concentrações mais reduzidas no Ribeirão Grande, no Rio Tietê em Barra Bonita, Ibitinga e Promissão e no Reservatório Três Irmãos.

Na ilustração do Gráfico 42, pode-se visualizar os resultados de zinco total no compartimento água, observando-se o comportamento desse

elemento ao longo do trecho estudado, no período de 1978 a 2010, em gráfico de superfície tridimensional.

Gráfico 42 – Superfície tridimensional dos resultados de zinco em água no período de 1978 a 2010

No Gráfico 43, a seguir, tais informações podem ser visualizadas em gráfico de contorno delineado dos resultados.

Gráfico 43 – Contorno delineado dos resultados de zinco em água no período de 1978 a 2010

Os dados relativos ao período de 2005 a 2010 demonstram que as concentrações de zinco total no compartimento água do ano de 2010 são menores que a média dos últimos 5 anos, exceto para os pontos do Rio Tietê nos municípios de Suzano, Guarulhos e Laranjal Paulista, bem como para os pontos situados nos Reservatórios Edgard de Souza, Pirapora, Ibitinga e Promissão. Verifica-se também, uma tendência de redução na concentração desse elemento, desde a Região Metropolitana de São Paulo até o trecho do médio Tietê, local em que passam a ser atendidos os limites estabelecidos pela legislação vigente para corpos d'água classes 1 e 2, com registro de valores decrescentes desse ponto até a foz.

O comparativo das concentrações de zinco total nas águas, considerando-se a média observada no período entre 2005 e 2009 e os valores registrados no ano de 2010 pode ser visualizado na ilustração apresentada no Gráfico 44.

Gráfico 44 – Comparativo de médias da variável zinco em água

A avaliação dos dados relativos à concentração média de zinco nas águas para o período estudado e ao longo do trecho objeto deste trabalho, permite visualizar a tendência de que as concentrações mais elevadas desse elemento sejam pontuais, estando registradas principalmente no trecho metropolitano do Rio Tietê, com alguns pontos localizados no médio Tietê, como no Reservatório de Rasgão, Rio Jundiaí, Rio Sorocaba e Rio Tietê, em sua passagem em Salto, Tietê e Laranjal Paulista.

Na Tabela 23, estão apresentadas as médias anuais dos pontos de amostragem estudados para zinco no compartimento água, para o período entre 1978 e 2010.

Tabela 23 – Médias anuais de concentrações de zinco (mg/L) em água do período de 1978 a 2010.

Nascente	Código Ponto CETESB	Código Diagrama Unifilar	Ano Classe	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010		
Alto Tietê (Região Metropolitana de São Paulo)	T1ET02050 R. Tietê - Br. Mirim	1	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	✓ 0,0150	✓ 0,0117	✓ 0,0167	✓ 0,0133	✓ 0,0117	✓ 0,0183	✓ 0,0533	✓ 0,0250	✓ 0,0433	✓ 0,0283	✓ 0,0367	✓ 0,0217	✓ 0,0583	
	BMIR02800 R. Biriliba Mirim	I-1	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	✓ 0,0117	✓ 0,0133	✓ 0,0150	✓ 0,0133	✓ 0,0133	✓ 0,0183	✓ 0,0433	✓ 0,0267	✓ 0,0450	✓ 0,0333	✓ 0,0200	✓ 0,0200	✓ 0,0350	
	T1ET02090 R. Tietê M. Cruzes	2	2	—	—	✓ 0,0100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	✓ 0,0100	✓ 0,0150	✓ 0,0117	✓ 0,0167	✓ 0,0183	✓ 0,0217	✓ 0,0250	✓ 0,0217	✓ 0,0583	✓ 0,0283	✓ 0,0233	✓ 0,0200	✓ 0,0283	
	TAIA 02800 R. Taiapuêba	II-1	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	✓ 0,0450	✓ 0,1367	✓ 0,0467	✓ 0,0180	✓ 0,0200	✓ 0,0450	✓ 0,0383	✓ 0,0250	✓ 0,0420	✓ 0,0450	✓ 0,0300	✓ 0,0217	✓ 0,0200	
	T1ET03120 R. Tietê /Suzano	3	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	✓ 0,0483	✓ 0,0867	✓ 0,3900	✓ 0,1900	✓ 0,1867	✓ 0,1483	✓ 0,1383	✓ 0,1600	✓ 0,0417	✓ 0,5317
	T1ET04150 R. Tietê /Guarulhos	4	4	0,2167	0,2017	0,1567	0,1600	0,1992	0,1133	0,3442	0,1933	0,2683	0,1400	0,1750	0,1100	0,1605	0,0727	0,0875	0,3433	0,2000	0,0505	0,0733	0,0817	0,0300	0,0400	0,0600	0,2700	0,2317	0,4033	0,3917	0,3100	0,2850	0,3233	0,4100	0,4083	0,3650		
	CABU 04700 R. Cabuçu	III-1	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,1233	0,1700	0,2633	0,1133		
	T1ET04170 R. Tietê /São Paulo	5	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,2580	0,1900	0,1833	0,3550	0,2583	0,1950	0,1600	0,2900	0,3900	0,2500	
	DUVA 04900 R. Aricanduva	IV-1	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,1020	0,0650	0,1450	0,1050	0,0600	0,1800	0,1867	0,1467	0,0750	0,1117		
	T1ET04180 R. Tietê /São Paulo	6	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,1100	0,0850	0,1650	0,2883	0,2117	0,1533	0,2533	0,2950	0,2333	0,2300	0,1767	0,2933	0,2400	
	TAMT 04500 R. Tamanduatei	VI-1	4	0,8650	2,5750	1,9683	3,5200	1,1683	0,7617	1,3600	0,7150	0,5783	1,0250	0,4583	0,6300	0,3050	0,6867	0,5950	0,3883	0,3233	0,3813	0,6329	0,9100	0,4000	0,3000	0,5200	0,5617	0,4817	0,4917	0,5433	0,4283	0,3683	0,3767	0,4283	0,4983	0,4417		
	NINO 04900 Rib. Meninos	V-1	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,5240	0,4583	0,7650	0,4550	0,3067	0,3383	0,3600	0,5267	0,3533	0,5350	
	TAMT 04900 R. Tamanduatei	VI-2	4	2,2700	0,8092	0,6708	0,8792	0,5342	0,4875	0,8117	0,3850	0,7550	0,5283	0,6050	0,3883	0,6050	0,4617	0,5950	0,3785	1,0833	0,5600	0,5833	1,1883	0,3000	0,9450	0,4200	1,8817	0,4467	0,4000	0,3517	0,2283	0,4283	0,3717	0,5567	0,3167	0,3883		
	T1ET04200 R. Tietê /São Paulo	7	4	0,5333	0,2817	0,3542	0,3667	0,2625	0,2217	0,6300	0,3250	0,2833	0,2217	0,2533	0,2017	0,3950	0,2450	0,6267	0,2050	0,2180	0,2743	0,3950	0,2682	0,2875	0,2450	0,5600	0,2067	0,2783	0,1967	0,3133	0,6367	0,1883	0,1833	0,2600	0,1900	0,2317		
	PINH 04200 R. Pinheiros	VII-1	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,1120	0,1517	—	0,4350		
	PINH 04900 R. Pinheiros	VII-2	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,1100	0,0650	0,0750	0,1167	0,1650	0,0517	0,0800	0,0567	0,0967	0,0700	0,1283	0,0700	0,0483	
	COTI 03800 R. Cotia	X-1	3	✓ 0,0158	✓ 0,0137	✓ 0,0063	✓ 0,0187	✓ 0,0087	✓ 0,0120	✓ 0,0320	✓ 0,0030	✓ 0,0120	✓ 0,0350	✓ 0,0717	✓ 0,0132	✓ 0,2322	✓ 0,0898	✓ 0,2452	✓ 0,0350	✓ 0,0287	✓ 0,0414	✓ 0,0317	✓ 0,0167	✓ 0,0275	✓ 0,0325	✓ 0,0375	✓ 0,0625	✓ 0,0917	✓ 0,0433	✓ 0,0383	✓ 0,0250	✓ 0,0617	✓ 0,0400	✓ 0,0383	✓ 0,0450	✓ 0,0367		
	MOVE 03500 Rib. Moinho Velho	VIII-1	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
	PEDA 03900 Rib. Pedras	IX-1	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
	COTI 03900 R. Cotia	X-2	3	—	—	—	—	✓ 0,0140	✓ 0,0443	✓ 0,0204	✓ 0,0137	✓ 0,0042	✓ 0,0293	✓ 0,0722	✓ 0,0555	✓ 0,3438	✓ 0,1048	✓ 0,2085	✓ 0,0467	✓ 0,0420	✓ 0,0343	✓ 0,0350	✓ 0,0217	✓ 0,0100	✓ 0,0183	✓ 0,0217	✓ 0,0283	✓ 0,0233	✓ 0,0200	✓ 0,0317	✓ 0,0233	✓ 0,0500	✓ 0,0767	✓ 0,0417	✓ 0,0667	✓ 0,0200		
	JORI 03800 R. Juqueri	XII-1	3	✓ 0,0222	✓ 0,0218	✓ 0,0209	✓ 0,0168	✓ 0,0367	✓ 0,0426	✓ 0,0260	✓ 0,0250	✓ 0,0610	✓ 0,0550	✓ 0,0555	✓ 0,0438	✓ 0,1505	✓ 0,1355	✓ 0,1725	✓ 0,0385	✓ 0,0193	✓ 0,0471	✓ 0,0617	✓ 0,0633	✓ 0,0700	✓ 0,0150	✓ 0,0325	✓ 0,0400	✓ 0,0367	✓ 0,0683	✓ 0,1017	✓ 0,0683	✓ 0,0567	✓ 0,0633	✓ 0,0750	✓ 0,0467	✓ 0,0850		
	CRIS 03400 Rib. Cristais	XI-1	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	✓ 0,0100	✓ 0,0117	✓ 0,0133	✓ 0,0200	✓ 0,0317	✓ 0,0217	✓ 0,0300	✓ 0,0233	✓ 0,0340	✓ 0,0333	✓ 0,0300	✓ 0,0400	✓ 0,0217	
	T1ES04900 Res. Edgard Souza	8	4	0,0467	0,0276	0,0475	0,0492	0,0592	0,1392	0,1275	0,2167	0,0438	0,1950	0,1583	0,2517	0,3533	0,1917	0,2468	0,1450	0,1667	0,2388	0,2633	0,1955	0,1700	0,3550	0,2200	0,1633	0,1817	0,1350	0,2117	0,1133	0,1400	0,2417	0,1333	0,1100	0,1533		
	TIPI04900 Res. Pirapora	9	4	0,0363	0,0130	0,0100	0,0229	0,0200	0,0764	0,1040	0,0398	0,0243	0,0538	0,0817	0,0272	0,3417	0,0948	0,1783	0,0900	0,0917	0,0850	0,1433	0,0964	0,0675	0,1000	0,1100	0,0817	0,1083	0,1183	0,1900	0,0867	0,1050	0,2033	0,1133	0,1733	0,1400		
	TIRG02900 Res. Rasgão	10	2	✓ 0,0848	✓ 0,0080	✓ 0,0104	✓ 0,0161	✓ 0,0110	✗ 0,3283	✓ 0,0518	✓ 0,0288	✓ 0,0248	✓ 0,0538	✓ 0,1583	✓ 0,0210	✗ 0,3000																						

5.1.8.2 Zinco no compartimento sedimento

No período estudado, e para o trecho analisado no compartimento sedimento, os dados demonstram características de acumulação de zinco no Rio Tietê, no município de São Paulo e no Reservatório de Pirapora. Nesses locais as concentrações do metal são superiores ao limite estabelecido pela legislação para o nível PEL, ou seja, com alta probabilidade de causar efeitos biológicos adversos aos compartimentos. No Rio Pinheiros, ainda que tenha sido realizada somente uma coleta nesse período, ocorrida no ano de 2002, o valor registrado situa-se entre os níveis TEL e PEL, podendo, ocasionalmente, causar efeitos biológicos adversos aos compartimentos.

Nos demais pontos analisados, todos os valores estão em concentrações inferiores ao limite estabelecido pela legislação para o nível TEL, ou seja, com baixa probabilidade de causar efeitos biológicos adversos aos compartimentos.

Na ilustração do Gráfico 45, visualiza-se os resultados de zinco no sedimento, para a área de estudo, no período de 2002 a 2010, em gráfico de superfície tridimensional.

Gráfico 45 – Superfície tridimensional dos resultados de zinco em sedimento no período de 2002 a 2010

Na ilustração do Gráfico 46, tais informações podem ser visualizadas em gráfico de contorno delineado dos resultados.

Gráfico 46 – Contorno delineado dos resultados de zinco em sedimento no período de 2002 a 2010

Na apresentação das médias anuais dos pontos de amostragem estudados no sedimento, para o período estudado neste compartimento, pode-se visualizar as maiores concentrações de zinco, identificando aquelas que se encontram acima do nível PEL e possibilitando visualizar os pontos com tendência de acumulação ao longo dos anos, especialmente na Região Metropolitana de São Paulo. Tais informações estão apresentadas na Tabela 24.

Tabela 24 – Valores anuais de concentrações de zinco em sedimento do período de 2002 a 2010 (µg/g)

Nascente	Código Ponto CETESB	Código Diagrama Unifilar	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Alto Tietê (Região Metropolitana de São Paulo)	TIET 02050 Rio Tietê - Biritiba Mirim	S-1	10,20 ✓	14,50 ✓	65,30 ✓	19,30 ✓	–	–	–	–	–
	TIET 04160 Rio Tietê - Guarulhos	S-2	–	–	–	–	–	–	569,00 ✗	259,00 !	417,00 ✗
	PINH 09100 Rio Pinheiros	S-I-1	159,00 !	–	–	–	–	–	–	–	–
	COTI 03840 Rio Cotia	S-II-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	CRIS 03400 Ribeirão dos Cristais	S-III-1	–	44,30 ✓	88,60 ✓	–	–	–	–	–	–
	TIPI 04850 Reservatório de Pirapora	S-3	–	–	18500,00 ✗	–	–	644,00 ✗	665,00 ✗	546,00 ✗	202,00 !
	JUNA 04900 Rio Jundiá	S-IV-1	–	–	–	–	59,10 ✓	–	–	–	–
	SORO 02700 Rio Sorocaba	S-V-1	–	23,60 ✓	43,50 ✓	–	–	–	–	–	–
	TIBB 02100 Reservatório de Barra Bonita	S-4	–	15,30 ✓	–	72,50 ✓	–	–	–	–	–
	TIBB 02900 Reservatório de Barra Bonita	S-5	–	–	–	–	71,40 ✓	78,60 ✓	97,70 ✓	101,00 ✓	98,10 ✓
Médio Tietê	TIBA 02800 Reservatório de Bariri	S-6	–	–	–	–	115,00 ✓	96,00 ✓	–	–	–
	TIBI 02900 Reservatório de Ibitinga	S-7	–	–	–	–	–	–	57,20 ✓	–	–
	TIPR 02800 Reservatório de Promissão	S-8	–	–	–	–	–	8,84 ✓	–	21,90 ✓	58,90 ✓
	TITR 02100 Reservatório Três Irmãos	S-9	–	–	–	32,00 ✓	27,90 ✓	41,60 ✓	58,70 ✓	63,70 ✓	–
Baixo Tietê											

Legenda:

– : Dados inexistentes nos relatórios pesquisados.
 ✓ Valores inferiores ao nível TEL
 ! Valores entre níveis TEL e PEL
 ✗ Valores superiores ao nível PEL
 Legislação atual: CONAMA 344/2004
 TEL (nível 1): 123 µg/g
 PEL (nível 2): 315 µg/g

Fonte: Dados dos Relatórios de Qualidade das Águas Interiores da CETESB^{11, 15, 16, 28 a 18} no período de 2002 a 2010.

5.1.8.3 Considerações

Os dados demonstram que, no compartimento água, as concentrações de zinco tendem a ser mais reduzidas ao longo do tempo, em toda área abordada nesta pesquisa, com valores que, em sua maioria, atendem aos limites estabelecidos pela legislação vigente.

As maiores concentrações de zinco nas águas estão registradas no trecho metropolitano do Rio Tietê e em alguns pontos do médio Tietê, sendo que no Baixo Tietê, nos pontos mais próximos da foz, os valores registrados são mais reduzidos.

No compartimento sedimento, devido à afinidade do metal com o material particulado presente nesse ambiente, os dados levantados demonstram tendência de acumulação de zinco na Região Metropolitana de São Paulo até o Reservatório de Pirapora, onde as concentrações do metal são superiores ao limite estabelecido pela legislação para o nível PEL. No Rio Pinheiros, a única coleta realizada nesse período, ocorrida no ano de 2002, registra valor situado entre os níveis TEL e PEL.

5.2. Resultados dos hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA)

Os hidrocarbonetos são constituídos por átomos de carbono e hidrogênio arranjados em vários tipos de configurações estruturais, basicamente divididos em dois grupos, os alifáticos e os aromáticos. Na classificação estrutural dos alifáticos existem quatro classes denominadas alcanos, alcenos, alcinos e cicloalcanos. Os aromáticos são divididos em monoaromáticos e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos, sendo que estes últimos estão abordados a seguir².

Os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) representam uma importante classe de carcinógenos químicos formados durante a combustão incompleta de material orgânico.

Segundo DONAIRE⁵³, estes hidrocarbonetos pertencem a uma classe de moléculas orgânicas de alta estabilidade construídas de carbono e hidrogênio. As moléculas são planas sendo que cada carbono é coordenado por três átomos muito parecidos com grafite. As moléculas são altamente carcinogênicas, mas muito comuns no ambiente.

A absorção dos HPA e seus derivados pode ocorrer pela pele, por ingestão ou inalação, são rapidamente distribuídos pelo organismo, e possuem tendência de bioacumulação.

5.2.1. Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) no compartimento água

Os dados apresentados para hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) no compartimento água referem-se somente ao ponto do Rio Pinheiros, com coletas realizadas em 2007 e 2008. Os compostos acenafteno, antraceno, benzo(a)antraceno, benzo(b)fluoranteno, benzo(k)fluoranteno, benzo(g,h,i)perileno, benzo(a)pireno, dibenzo(a,h)antraceno, fluoreno, indeno(1,2,3-cd)pireno, naftaleno e pireno tiveram concentrações aumentadas de um ano para outro, situação que demonstra preocupação e necessidade de acompanhamento, por causa da

característica de solubilidade limitada em ambientes aquáticos, principalmente para os compostos benzo, dibenzo e indeno, que são extremamente tóxicos e carcinogênicos. Situação oposta ocorreu com os compostos criseno, fenantreno e fluoranteno, compostos de toxicidade mais leve, que tiveram concentrações diminuídas de um ano para outro, porém pouco significativas.

O comportamento das concentrações de HPA no compartimento água está demonstrado na ilustração de colunas do Gráfico 47, obtido da relação entre o tipo de composto químico orgânico e a concentração da variável, em mg/L.

Gráfico 47 – Gráfico dos resultados de HPA em água do período de 2007 a 2008

Os dados relativos às médias anuais para hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) para o compartimento água, do período de 2007 a 2008, estão apresentadas na Tabela 25.

Tabela 25 – Médias anuais de concentrações de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (mg/L) em água do período de 2007 a 2008.

		Concentração (mg/L)	
Código do Ponto		PINH 04200 Rio Pinheiros	PINH 04200 Rio Pinheiros
Classe		4	4
Ano			
Composto		2007	2008
Acenafteno		0,0200	0,0257
Acenaftileno		–	–
Antraceno		0,0200	0,0257
Benzo(a) antraceno		0,0250	0,0257
Benzo(b) fluoranteno		0,0200	0,0257
Benzo(k) fluoranteno		0,0100	0,0129
Benzo(g,h,i) perileno		0,0800	0,1029
Benzo(a) pireno		0,0100	0,0129
Criseno		0,0350	0,0300
Dibenzo(a,h) antraceno		0,0300	0,0386
Fenantreno		0,1200	0,1000
Fluoranteno		0,0500	0,0357
Fluoreno		0,0250	0,0386
Indeno(1,2,3-cd) pireno		0,0800	0,1029
Naftaleno		0,1700	0,3729
Pireno		0,0250	0,0343

Legenda:

– : dados inexistentes nos relatórios pesquisados.

Fonte: Dados dos Relatórios de Qualidade das Águas Interiores da CETESB^{11, 15, 16, 30 a 18}.

5.2.2. Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) no compartimento sedimento

No período estudado não houve monitoramento de HPA de 2002 a 2004 e em 2006. Nos demais anos, houve monitoramento somente dos pontos do Rio Tietê – Guarulhos e nos Reservatórios de Pirapora, Barra Bonita e Três Irmãos, cujos comportamentos dos três primeiros estão resumidos no Quadro 10 a seguir.

Quadro 10 – Comportamento dos compostos HPA no compartimento sedimento

Composto	Rio Tietê Guarulhos 2008 a 2010	Res. Pirapora 2009 a 2010	Res. Barra Bonita 2007 a 2009
<i>Tóxicos leves</i>			
Acenafteno	traços	traços	traços
Antraceno	redução	redução	redução
Criseno	redução	redução	traços
Fenantreno	redução	redução	redução
Fluoranteno	aumento	redução	redução
Fluoreno	redução	redução	traços
Naftaleno	redução	redução	redução
Pireno	redução	redução	redução
<i>Tóxicos e carcinogênicos</i>			
Benzo(a)antraceno	redução	aumento	traços
Benzo(a)pireno	aumento	aumento	traços
Benzo(b)fluoranteno	redução	aumento	traços
Benzo(g,h,i)perileno	traços	redução	traços
Benzo(k)fluoranteno	redução	redução	traços
Dibenzo(a,h)antraceno	traços	traços	traços
Indeno(1,2,3-CD)pireno	traços	redução	traços

Em 2005 houve monitoramento somente no ponto do Reservatório Três Irmãos e foram encontrados valores absolutos para os compostos leves, porém tóxicos: fenantreno, fluoranteno e pireno, em concentrações com baixa probabilidade de causar efeitos tóxicos ao ambiente aquático. Os valores para os demais compostos considerados leves, e também para os carcinogênicos, foram os limites de quantificação. Não é possível avaliar a evolução deste ponto, pois não houve nenhuma outra coleta depois dessa.

Os valores anuais para HPA no compartimento sedimento do período de 2002 a 2010 estão apresentados da Tabela 26 à Tabela 40 e para ilustrar os resultados apresentados nas tabelas, o comportamento das concentrações de cada composto está demonstrado nas ilustrações do Gráfico 48 ao Gráfico 77.

Em todas as tabelas são encontrados valores com a nomenclatura “<”, que significa o limite de quantificação do composto analisado pelo

método utilizado naquele momento e nas condições do ensaio, os quais podem ser relativos e variáveis, devido às características e interferências da matriz analisada. Em muitos casos, as amostras coletadas demandam diluições, a fim de que se tenha o extrato em condições adequadas para ser injetado no equipamento. Vale ressaltar que essas diluições podem acarretar em perda de compostos. .

Gráfico 48 – Superfície tridimensional dos resultados de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) – Acenafteno em sedimento no período de 2002 a 2010

Gráfico 49 – Contorno delineado dos resultados de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) – Acenafteno em sedimento no período de 2002 a 2010

Tabela 26 – Valores anuais de concentrações de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) – Acenafteno em sedimento do período de 2002 a 2010 (µg/kg)

Nascente	Código Ponto CETESB	Código Diagrama Unifilar	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Alto Tietê (Região Metropolitana de São Paulo)	<i>TIET 02050</i>	S-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Rio Tietê - Biritiba Mirim</i>										
	<i>TIET 04160</i>	S-2	–	–	–	–	–	–	< 40,00 🚩	< 40,00 🚩	< 20,00 🚩
	<i>Rio Tietê - Guarulhos</i>										
	PINH 09100	S-I-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	Rio Pinheiros	S-II-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	COTI 03840										
	Rio Cotia	S-III-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	CRIS 03400										
	Ribeirão dos Cristais	S-3	–	–	–	–	–	–	–	< 20,00 🚩	< 20,00 🚩
	<i>TIPI 04850</i>										
	<i>Reservatório de Pirapora</i>										
	JUNA 04900	S-IV-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	Rio Jundiá	S-V-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	SORO 02700										
	Rio Sorocaba	S-4	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>TIBB 02100</i>										
	<i>Reservatório de Barra Bonita</i>										
Médio Tietê	<i>TIBB 02900</i>	S-5	–	–	–	–	–	< 30,00 🚩	< 80,00 🚩	< 40,00 🚩	–
	<i>Reservatório de Barra Bonita</i>										
	<i>TIBA 02800</i>	S-6	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Reservatório de Bariri</i>										
Baixo Tietê	<i>TIBI 02900</i>	S-7	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Reservatório de Ibitinga</i>	S-8	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>TIPR 02800</i>										
	<i>Reservatório de Promissão</i>	S-9	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>TITR 02100</i>										
	<i>Reservatório Três Irmãos</i>					< 20,00 🚩	–	–	–	–	–

Legenda:

- Rio Tietê Rios afluentes
 – : Dados inexistentes nos relatórios pesquisados.
 < : Valores inferiores aos limites de quantificação das metodologias utilizadas pelo laboratório.
 🚩 : Valores inferiores ao nível TEL 🚩 : Valores entre níveis TEL e PEL ✖ : Valores superiores ao nível PEL
 Legislação atual: CONAMA 344/2004 TEL (nível 1): 6,71 µg/kg PEL (nível 2): 88,9 µg/kg

Fonte: Dados dos Relatórios de Qualidade das Águas Interiores da CETESB^{11, 15, 16, 28 a 18} no período de 2002 a 2010.

Gráfico 50 – Superfície tridimensional dos resultados de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) – Antraceno em sedimento no período de 2002 a 2010

Gráfico 51 – Contorno delineado dos resultados de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) – Antraceno em sedimento no período de 2002 a 2010

PAH - Antraceno
Sedimento

Tabela 27 – Valores anuais de concentrações de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) – Antraceno em sedimento do período de 2002 a 2010 (µg/kg)

Nascente	Código Ponto CETESB	Código Diagrama Unifilar	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Alto Tietê (Região Metropolitana de São Paulo)	TIET 02050	S-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	Rio Tietê - Biritiba Mirim										
	TIET 04160	S-2	–	–	–	–	–	–	45,20 ✓	128,00 !	68,60 !
	Rio Tietê - Guarulhos										
	PINH 09100	S-I-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	Rio Pinheiros										
	COTI 03840	S-II-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	Rio Cotia										
	CRIS 03400	S-III-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	Ribeirão dos Cristais										
	TIPI 04850	S-3	–	–	–	–	–	–	–	118,00 !	3,41 ✓
	Reservatório de Pirapora										
	JUNA 04900	S-IV-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	Rio Jundiá										
	SORO 02700	S-V-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	Rio Sorocaba										
	TIBB 02100	S-4	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	Reservatório de Barra Bonita										
Médio Tietê	TIBB 02900	S-5	–	–	–	–	–	< 30,00 ✓	91,10 !	< 40,00 ✓	–
	Reservatório de Barra Bonita										
	TIBA 02800	S-6	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	Reservatório de Bariri										
	TIBI 02900	S-7	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	Reservatório de Ibitinga										
Baixo Tietê	TIPR 02800	S-8	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	Reservatório de Promissão										
	TITR 02100	S-9	–	–	–	< 20,00 ✓	–	–	–	–	–
	Reservatório Três Irmãos										

Legenda:

Rio Tietê Rios afluentes
 – : Dados inexistentes nos relatórios pesquisados.
 < : Valores inferiores aos limites de quantificação das metodologias utilizadas pelo laboratório.
 ✓ Valores inferiores ao nível TEL ! Valores entre níveis TEL e PEL ✗ Valores superiores ao nível PEL
 Legislação atual: CONAMA 344/2004 TEL (nível 1): 46,9 µg/kg PEL (nível 2): 245 µg/kg

Fonte: Dados dos Relatórios de Qualidade das Águas Interiores da CETESB^{11, 15, 16, 28 a 18} no período de 2002 a 2010.

Gráfico 52 – Superfície tridimensional dos resultados de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) – Criseno em sedimento no período de 2002 a 2010

Gráfico 53 – Contorno delineado dos resultados de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) – Criseno em sedimento no período de 2002 a 2010

Tabela 28 – Valores anuais de concentrações de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) – Criseno em sedimento do período de 2002 a 2010 (µg/kg)

Nascente	Código Ponto CETESB	Código Diagrama Unifilar	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Alto Tietê (Região Metropolitana de São Paulo)	<i>TIET 02050</i> <i>Rio Tietê - Biritiba Mirim</i>	S-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>TIET 04160</i> <i>Rio Tietê - Guarulhos</i>	S-2	–	–	–	–	–	–	138,00 🚩	94,50 🚩	86,50 🚩
	<i>PINH 09100</i> <i>Rio Pinheiros</i>	S-I-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>COTI 03840</i> <i>Rio Cotia</i>	S-II-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>CRIS 03400</i> <i>Ribeirão dos Cristais</i>	S-III-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>TUPI 04850</i> <i>Reservatório de Pirapora</i>	S-3	–	–	–	–	–	–	–	148,00 🚩	139,00 🚩
	<i>JUNA 04900</i> <i>Rio Jundiá</i>	S-IV-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>SORO 02700</i> <i>Rio Sorocaba</i>	S-V-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>TIBB 02100</i> <i>Reservatório de Barra Bonita</i>	S-4	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>TIBB 02900</i> <i>Reservatório de Barra Bonita</i>	S-5	–	–	–	–	–	< 30,00 ✅	< 80,00 🚩	< 40,00 ✅	–
Médio Tietê	<i>TIBA 02800</i> <i>Reservatório de Bariri</i>	S-6	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>TIBI 02900</i> <i>Reservatório de Ibitinga</i>	S-7	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>TIPR 02800</i> <i>Reservatório de Promissão</i>	S-8	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>TITR 02100</i> <i>Reservatório Três Irmãos</i>	S-9	–	–	–	< 20,00 ✅	–	–	–	–	–
Baixo Tietê											

Legenda:

– : Rio Tietê
 – : Dados inexistentes nos relatórios pesquisados.
 < : Rios afluentes
 < : Valores inferiores aos limites de quantificação das metodologias utilizadas pelo laboratório.
 ✅ : Valores inferiores ao nível TEL
 🚩 : Valores entre níveis TEL e PEL
 ❌ : Valores superiores ao nível PEL
 Legislação atual: CONAMA 344/2004
 TEL (nível 1): 57,1 µg/kg
 PEL (nível 2): 862 µg/kg

Fonte: Dados dos Relatórios de Qualidade das Águas Interiores da CETESB^{11, 15, 16, 28 a 18} no período de 2002 a 2010.

Gráfico 54 – Superfície tridimensional dos resultados de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) – Fenantreno em sedimento no período de 2002 a 2010

Gráfico 55 – Contorno delineado dos resultados de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) – Fenantreno em sedimento no período de 2002 a 2010

Tabela 29 – Valores anuais de concentrações de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) – Fenantreno em sedimento do período de 2002 a 2010 (µg/kg)

Nascente	Código Ponto CETESB	Código Diagrama Unifilar	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Alto Tietê (Região Metropolitana de São Paulo)	TIET 02050 <i>Rio Tietê - Biritiba Mirim</i>	S-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	TIET 04160 <i>Rio Tietê - Guarulhos</i>	S-2	–	–	–	–	–	–	489,00 !	380,00 !	176,00 !
	IPINH 09100 <i>Rio Pinheiros</i>	S-I-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	COTI 03840 <i>Rio Cotia</i>	S-II-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	CRIS 03400 <i>Ribeirão dos Cristais</i>	S-III-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	TUPI 04850 <i>Reservatório de Pirapora</i>	S-3	–	–	–	–	–	–	–	294,00 !	153,00 !
	JUNA 04900 <i>Rio Jundiaí</i>	S-IV-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	SORO 02700 <i>Rio Sorocaba</i>	S-V-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	TIBB 02100 <i>Reservatório de Barra Bonita</i>	S-4	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	TIBB 02900 <i>Reservatório de Barra Bonita</i>	S-5	–	–	–	–	–	107,00 !	99,00 !	< 40,00 ✓	–
	TIBA 02800 <i>Reservatório de Bariri</i>	S-6	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	TIBI 02900 <i>Reservatório de Ibitinga</i>	S-7	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	TIPR 02800 <i>Reservatório de Promissão</i>	S-8	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	TITR 02100 <i>Reservatório Três Irmãos</i>	S-9	–	–	–	42,90 !	–	–	–	–	–

Legenda:

Rio Tietê Rios afluentes
 – : Dados inexistentes nos relatórios pesquisados.
 < : Valores inferiores aos limites de quantificação das metodologias utilizadas pelo laboratório.
 ✓ Valores inferiores ao nível TEL ! Valores entre níveis TEL e PEL ✗ Valores superiores ao nível PEL
 Legislação atual: CONAMA 344/2004 TEL (nível 1): 41,9 µg/kg PEL (nível 2): 515 µg/kg

Fonte: Dados dos Relatórios de Qualidade das Águas Interiores da CETESB^{11, 15, 16, 28 a 18} no período de 2002 a 2010.

Gráfico 56 – Superfície tridimensional dos resultados de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) – Fluoranteno em sedimento no período de 2002 a 2010

Gráfico 57 – Contorno delineado dos resultados de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) – Fluoranteno em sedimento no período de 2002 a 2010

PAH - Fluoranteno
Sedimento

Tabela 30 – Valores anuais de concentrações de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) – Fluorantreno em sedimento do período de 2002 a 2010 (µg/kg)

Nascente	Código Ponto CETESB	Código Diagrama Unifilar	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Alto Tietê (Região Metropolitana de São Paulo)	TIET 02050	S-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	Rio Tietê - Biritiba Mirim										
	TIET 04160	S-2	–	–	–	–	–	–	100,00 ✓	116,00 !	233,00 !
	Rio Tietê - Guarulhos										
	PINH 09100	S-I-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	Rio Pinheiros	S-II-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	COTI 03840										
	Rio Cotia	S-III-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	CRIS 03400										
	Ribeirão dos Cristais	S-3	–	–	–	–	–	–	–	263,00 !	218,00 !
	TUPI 04850										
	Reservatório de Pirapora										
	JUNA 04900	S-IV-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	Rio Jundiá	S-V-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	SORO 02700										
Médio Tietê	Rio Sorocaba										
	TIBB 02100	S-4	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	Reservatório de Barra Bonita										
	TIBB 02900	S-5	–	–	–	–	–	93,00 ✓ <	80,00 ✓ <	40,00 ✓ <	–
	Reservatório de Barra Bonita										
Baixo Tietê	TIBA 02800	S-6	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	Reservatório de Bariri										
	TIBI 02900	S-7	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	Reservatório de Ibitinga										
	TIPR 02800	S-8	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	Reservatório de Promissão										
	TITR 02100	S-9	–	–	–	39,80 ✓	–	–	–	–	–
	Reservatório Três Irmãos										

Legenda:

Rio Tietê Rios afluentes
 – : Dados inexistentes nos relatórios pesquisados.
 < : Valores inferiores aos limites de quantificação das metodologias utilizadas pelo laboratório.
 ✓ Valores inferiores ao nível TEL ! Valores entre níveis TEL e PEL ✗ Valores superiores ao nível PEL
 Legislação atual: CONAMA 344/2004 TEL (nível 1): 111 µg/kg PEL (nível 2): 2355 µg/kg

Fonte: Dados dos Relatórios de Qualidade das Águas Interiores da CETESB^{11, 15, 16, 28 a 18} no período de 2002 a 2010.

Gráfico 58 – Superfície tridimensional dos resultados de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) – Fluoreno em sedimento no período de 2002 a 2010

Gráfico 59 – Contorno delineado dos resultados de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) – Fluoreno em sedimento no período de 2002 a 2010

PAH - Fluoreno
Sedimento

Tabela 31 – Valores anuais de concentrações de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) – Fluoreno em sedimento do período de 2002 a 2010 (µg/kg)

Nascente	Código Ponto CETESB	Código Diagrama Unifilar	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Alto Tietê (Região Metropolitana de São Paulo)	TIET 02050	S-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	Rio Tietê - Biritiba Mirim										
	TIET 04160	S-2	–	–	–	–	–	–	67,30 !	40,20 !	30,00 !
	Rio Tietê - Guarulhos										
	PINH 09100	S-I-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	Rio Pinheiros										
	COTI 03840	S-II-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	Rio Cotia										
	CRIS 03400	S-III-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	Ribeirão dos Cristais										
	TIPI 04850	S-3	–	–	–	–	–	–	–	45,30 !	31,20 !
	Reservatório de Pirapora										
	JUNA 04900	S-IV-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	Rio Jundiá										
	SORO 02700	S-V-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	Rio Sorocaba										
	TIBB 02100	S-4	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	Reservatório de Barra Bonita										
Médio Tietê	TIBB 02900	S-5	–	–	–	–	–	< 30,00 !	< 80,00 !	< 40,00 !	–
	Reservatório de Barra Bonita										
	TIBA 02800	S-6	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	Reservatório de Bariri										
	TIBI 02900	S-7	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	Reservatório de Ibitinga										
Baixo Tietê	TIPR 02800	S-8	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	Reservatório de Promissão										
	TITR 02100	S-9	–	–	–	< 20,00 ✓	–	–	–	–	–
	Reservatório Três Irmãos										

Legenda:

Rio Tietê Rios afluentes
 – : Dados inexistentes nos relatórios pesquisados.
 < : Valores inferiores aos limites de quantificação das metodologias utilizadas pelo laboratório.
 ✓ : Valores inferiores ao nível TEL ! : Valores entre níveis TEL e PEL ✗ : Valores superiores ao nível PEL
 Legislação atual: CONAMA 344/2004 TEL (nível 1): 21,2 µg/kg PEL (nível 2): 144 µg/kg

Fonte: Dados dos Relatórios de Qualidade das Águas Interiores da CETESB^{11, 15, 16, 28 a 18} no período de 2002 a 2010.

Gráfico 60 – Superfície tridimensional dos resultados de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) – Naftaleno em sedimento no período de 2002 a 2010

Gráfico 61 – Contorno delineado dos resultados de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) – Naftaleno em sedimento no período de 2002 a 2010

Tabela 32 – Valores anuais de concentrações de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) – Naftaleno em sedimento do período de 2002 a 2010 (µg/kg)

Nascente	Código Ponto CETESB	Código Diagrama Unifilar	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Alto Tietê (Região Metropolitana de São Paulo)	TIET 02050	S-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	Rio Tietê - Biritiba Mirim										
	TIET 04160	S-2	–	–	–	–	–	–	< 400,00 ✖	299,00 !	226,00 !
	Rio Tietê - Guarulhos										
	PINH 09100	S-I-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	Rio Pinheiros										
	COTI 03840	S-II-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	Rio Cotia										
	CRIS 03400	S-III-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	Ribeirão dos Cristais										
	TUPI 04850	S-3	–	–	–	–	–	–	–	136,00 !	105,00 !
	Reservatório de Pirapora										
	JUNA 04900	S-IV-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	Rio Jundiá										
	SORO 02700	S-V-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Médio Tietê	Rio Sorocaba										
	TIBB 02100	S-4	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	Reservatório de Barra Bonita										
	TIBB 02900	S-5	–	–	–	–	–	< 45,00 !	151,00 !	< 60,00 !	–
	Reservatório de Barra Bonita										
Baixo Tietê	TIBA 02800	S-6	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	Reservatório de Bariri										
	TIBI 02900	S-7	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	Reservatório de Ibitinga										
	TIPR 02800	S-8	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	Reservatório de Promissão										
	TITR 02100	S-9	–	–	–	< 60,00 !	–	–	–	–	–
	Reservatório Três Irmãos										

Legenda:

Rio Tietê Rios afluentes
 – : Dados inexistentes nos relatórios pesquisados.
 < : Valores inferiores aos limites de quantificação das metodologias utilizadas pelo laboratório.
Valores inferiores ao nível TEL ! Valores entre níveis TEL e PEL ✖ Valores superiores ao nível PEL
 Legislação atual: CONAMA 344/2004 TEL (nível 1): 34,6 µg/kg PEL (nível 2): 391 µg/kg

Fonte: Dados dos Relatórios de Qualidade das Águas Interiores da CETESB^{11, 15, 16, 28 a 18} no período de 2002 a 2010.

Gráfico 62 – Superfície tridimensional dos resultados de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) – Pireno em sedimento no período de 2002 a 2010

Gráfico 63 – Contorno delineado dos resultados de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) – Pireno em sedimento no período de 2002 a 2010

Tabela 33 – Valores anuais de concentrações de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) – Pireno em sedimento do período de 2002 a 2010 (µg/kg)

Nascente	Código Ponto CETESB	Código Diagrama Unifilar	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Alto Tietê (Região Metropolitana de São Paulo)	TIET 02050	S-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	Rio Tietê - Biritiba Mirim										
	TIET 04160	S-2	–	–	–	–	–	–	< 300,00 !	238,00 !	132,00 !
	Rio Tietê - Guarulhos										
	PINH 09100	S-I-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	Rio Pinheiros										
	COTI 03840	S-II-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	Rio Cotia										
	CRIS 03400	S-III-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	Ribeirão dos Cristais										
	TUPI 04850	S-3	–	–	–	–	–	–	–	369,00 !	240,00 !
	Reservatório de Pirapora										
	JUNA 04900	S-IV-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	Rio Jundiá										
	SORO 02700	S-V-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Médio Tietê	Rio Sorocaba										
	TIBB 02100	S-4	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	Reservatório de Barra Bonita										
	TIBB 02900	S-5	–	–	–	–	–	193,00 !	192,00 !	< 40,00 ✓	–
	Reservatório de Barra Bonita										
Baixo Tietê	TIBA 02800	S-6	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	Reservatório de Bariri										
	TIBI 02900	S-7	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	Reservatório de Ibitinga										
	TIPR 02800	S-8	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	Reservatório de Promissão										
	TITR 02100	S-9	–	–	–	46,00 ✓	–	–	–	–	–
	Reservatório Três Irmãos										

Legenda:

– : Rio Tietê - - - - - Rios afluentes
 – : Dados inexistentes nos relatórios pesquisados.
 < : Valores inferiores aos limites de quantificação das metodologias utilizadas pelo laboratório.
 ✓ : Valores inferiores ao nível TEL ! : Valores entre níveis TEL e PEL ✗ : Valores superiores ao nível PEL
 Legislação atual: CONAMA 344/2004 TEL (nível 1): 53 µg/kg PEL (nível 2): 875 µg/kg

Fonte: Dados dos Relatórios de Qualidade das Águas Interiores da CETESB^{11, 15, 16, 28 a 18} no período de 2002 a 2010.

Gráfico 64 – Superfície tridimensional dos resultados de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) – Benzo(a)Antraceno em sedimento no período de 2002 a 2010

Gráfico 65 – Contorno delineado dos resultados de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) – Benzo(a)Antraceno em sedimento no período de 2002 a 2010

Tabela 34 – Valores anuais de concentrações de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) – Benzo(a)Antraceno em sedimento do período de 2002 a 2010 (µg/kg)

Nascente	Código Ponto CETESB	Código Diagrama Unifilar	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Alto Tietê (Região Metropolitana de São Paulo)	<i>TIET 02050</i>	S-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Rio Tietê - Biritiba Mirim</i>										
	<i>TIET 04160</i>	S-2	–	–	–	–	–	–	< 300,00 🚨	< 40,00 🚨	< 20,00 ✅
	<i>Rio Tietê - Guarulhos</i>										
	<i>IPINH 09100</i>	S-I-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Rio Pinheiros</i>										
	<i>COTI 03840</i>	S-II-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Rio Cotia</i>										
	<i>CRIS 03400</i>	S-III-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Ribeirão dos Cristais</i>										
Médio Tietê	<i>TIPI 04850</i>	S-3	–	–	–	–	–	–	–	71,40 🚨	121,00 🚨
	<i>Reservatório de Pirapora</i>										
	<i>JUNA 04900</i>	S-IV-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Rio Jundiá</i>										
	<i>SORO 02700</i>	S-V-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Rio Sorocaba</i>										
	<i>TIBB 02100</i>	S-4	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Reservatório de Barra Bonita</i>										
	<i>TIBB 02900</i>	S-5	–	–	–	–	–	< 30,00 ✅	< 80,00 🚨	< 40,00 🚨	–
	<i>Reservatório de Barra Bonita</i>										
Baixo Tietê	<i>TIBA 02800</i>	S-6	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Reservatório de Bariri</i>										
	<i>TIBI 02900</i>	S-7	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Reservatório de Ibitinga</i>										
	<i>TIPR 02800</i>	S-8	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Reservatório de Promissão</i>										
	<i>TITR 02100</i>	S-9	–	–	–	< 20,00 ✅	–	–	–	–	–
	<i>Reservatório Três Irmãos</i>										

Legenda:

– : Dados inexistentes nos relatórios pesquisados.
 < : Valores inferiores aos limites de quantificação das metodologias utilizadas pelo laboratório.
 ✅ : Valores inferiores ao nível TEL
 🚨 : Valores entre níveis TEL e PEL
 ❌ : Valores superiores ao nível PEL

Legislação atual: CONAMA 344/2004
 Rio Tietê
 Rios afluentes

Valores entre níveis TEL e PEL
 TEL (nível 1): 31,7 µg/kg
 Valores superiores ao nível PEL
 PEL (nível 2): 385 µg/kg

Fonte: Dados dos Relatórios de Qualidade das Águas Interiores da CETESB^{11, 15, 16, 28 a 18} no período de 2002 a 2010.

Gráfico 66 – Superfície tridimensional dos resultados de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) – Benzo(a)pireno em sedimento no período de 2002 a 2010

Gráfico 67 – Contorno delineado dos resultados de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) – Benzo(a)pireno em sedimento no período de 2002 a 2010

Tabela 35 – Valores anuais de concentrações de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) – Benzo(a)pireno em sedimento do período de 2002 a 2010 (µg/kg)

Nascente	Código Ponto CETESB	Código Diagrama Unifilar	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Alto Tietê (Região Metropolitana de São Paulo)	<i>TIET 02050</i>	S-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Rio Tietê - Biritiba Mirim</i>										
	<i>TIET 04160</i>	S-2	–	–	–	–	–	–	96,30 🚩	29,70 ✅	60,80 🚩
	<i>Rio Tietê - Guarulhos</i>										
	PINH 09100	S-I-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	Rio Pinheiros	S-II-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	COTI 03840										
	Rio Cotia	S-III-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	CRIS 03400										
	Ribeirão dos Cristais										
	<i>TIPI 04850</i>	S-3	–	–	–	–	–	–	–	59,70 🚩	107,00 🚩
	<i>Reservatório de Pirapora</i>										
	JUNA 04900	S-IV-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	Rio Jundiá	S-V-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	SORO 02700										
Médio Tietê	Rio Sorocaba										
	<i>TIBB 02100</i>	S-4	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Reservatório de Barra Bonita</i>										
	<i>TIBB 02900</i>	S-5	–	–	–	–	–	< 15,00 ✅	< 40,00 🚩	< 20,00 ✅	–
	<i>Reservatório de Barra Bonita</i>										
Baixo Tietê	<i>TIBA 02800</i>	S-6	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Reservatório de Bariri</i>										
	<i>TIBI 02900</i>	S-7	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Reservatório de Ibitinga</i>										
	<i>TIPR 02800</i>	S-8	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Reservatório de Promissão</i>										
	<i>TITR 02100</i>	S-9	–	–	–	< 10,00 ✅	–	–	–	–	–
	<i>Reservatório Três Irmãos</i>										

Legenda:

– : Dados inexistentes nos relatórios pesquisados.
 < : Valores inferiores aos limites de quantificação das metodologias utilizadas pelo laboratório.
 ✅ : Valores inferiores ao nível TEL
 🚩 : Valores entre níveis TEL e PEL
 ❌ : Valores superiores ao nível PEL

Legislação atual: CONAMA 344/2004
 TEL (nível 1): 31,9 µg/kg
 PEL (nível 2): 782 µg/kg

Fonte: Dados dos Relatórios de Qualidade das Águas Interiores da CETESB^{11, 15, 16, 28 a 18} no período de 2002 a 2010.

Gráfico 68 – Superfície tridimensional dos resultados de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) – Benzo(b)fluoranteno em sedimento no período de 2002 a 2010

Gráfico 69 – Contorno delineado dos resultados de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) – Benzo(b)fluoranteno em sedimento no período de 2002 a 2010

Tabela 36 – Valores anuais de concentrações de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) – Benzo(b)fluoranteno em sedimento do período de 2002 a 2010 (µg/kg)

Nascente	Código Ponto CETESB	Código Diagrama Unifilar	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Alto Tietê (Região Metropolitana de São Paulo)	<i>TIET 02050</i>	S-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Rio Tietê - Biritiba Mirim</i>										
	<i>TIET 04160</i>	S-2	–	–	–	–	–	–	< 40,00	< 40,00	36,40
	<i>Rio Tietê - Guarulhos</i>										
	<i>PINH 09100</i>	S-I-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Rio Pinheiros</i>										
	<i>COTI 03840</i>	S-II-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Rio Cotia</i>										
	<i>CRIS 03400</i>	S-III-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Ribeirão dos Cristais</i>										
	<i>TIPI 04850</i>	S-3	–	–	–	–	–	–	–	38,80	96,40
	<i>Reservatório de Pirapora</i>										
	<i>JUNA 04900</i>	S-IV-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Rio Jundiá</i>										
	<i>SORO 02700</i>	S-V-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Rio Sorocaba</i>										
	<i>TIBB 02100</i>	S-4	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Reservatório de Barra Bonita</i>										
Médio Tietê	<i>TIBB 02900</i>	S-5	–	–	–	–	–	< 30,00	< 80,00	< 40,00	–
	<i>Reservatório de Barra Bonita</i>										
	<i>TIBA 02800</i>	S-6	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Reservatório de Bariri</i>										
	<i>TIBI 02900</i>	S-7	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Reservatório de Ibitinga</i>										
Baixo Tietê	<i>TIPR 02800</i>	S-8	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Reservatório de Promissão</i>										
	<i>TITR 02100</i>	S-9	–	–	–	< 20,00	–	–	–	–	–
	<i>Reservatório Três Irmãos</i>										

Legenda:

— Rio Tietê [---] Rios afluentes

– : Dados inexistentes nos relatórios pesquisados.

< : Valores inferiores aos limites de quantificação das metodologias utilizadas pelo laboratório.

Legislação atual: CONAMA 344/2004

TEL (nível 1): indefinido

PEL (nível 2):

indefinido

Fonte: Dados dos Relatórios de Qualidade das Águas Interiores da CETESB^{11, 15, 16, 28 a 18} no período de 2002 a 2010.

Gráfico 70 – Superfície tridimensional dos resultados de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) – Benzo(g,h,i)perileno em sedimento no período de 2002 a 2010

Gráfico 71 – Contorno delineado dos resultados de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) – Benzo(g,h,i)perileno em sedimento no período de 2002 a 2010

Tabela 37 – Valores anuais de concentrações de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) – Benzo(g,h,i)perileno em sedimento do período de 2002 a 2010 (µg/kg)

Nascente	Código Ponto CETESB	Código Diagrama Unifilar	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Alto Tietê (Região Metropolitana de São Paulo)	<i>TIET 02050</i>	S-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Rio Tietê - Biritiba Mirim</i>										
	<i>TIET 04160</i>	S-2	–	–	–	–	–	–	< 160,00	< 160,00	< 80,00
	<i>Rio Tietê - Guarulhos</i>										
	<i>PINH 09100</i>	S-I-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Rio Pinheiros</i>	S-II-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>COTI 03840</i>										
	<i>Rio Cotia</i>	S-III-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>CRIS 03400</i>										
	<i>Ribeirão dos Cristais</i>										
	<i>TIPI 04850</i>	S-3	–	–	–	–	–	–	–	124,00	37,70
	<i>Reservatório de Pirapora</i>										
	<i>JUNA 04900</i>	S-IV-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Rio Jundiá</i>										
	<i>SORO 02700</i>	S-V-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Rio Sorocaba</i>										
	<i>TIBB 02100</i>	S-4	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Reservatório de Barra Bonita</i>										
Médio Tietê	<i>TIBB 02900</i>	S-5	–	–	–	–	–	< 120,00	< 320,00	< 160,00	–
	<i>Reservatório de Barra Bonita</i>										
	<i>TIBA 02800</i>	S-6	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Reservatório de Bariri</i>										
	<i>TIBI 02900</i>	S-7	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Reservatório de Ibitinga</i>										
Baixo Tietê	<i>TIPR 02800</i>	S-8	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Reservatório de Promissão</i>										
	<i>TITR 02100</i>	S-9	–	–	–	< 80,00	–	–	–	–	–
	<i>Reservatório Três Irmãos</i>										

Legenda:

— Rio Tietê [---] Rios afluentes

– : Dados inexistentes nos relatórios pesquisados.

< : Valores inferiores aos limites de quantificação das metodologias utilizadas pelo laboratório.

Legislação atual: CONAMA 344/2004

TEL (nível 1): indefinido

PEL (nível 2):

indefinido

Fonte: Dados dos Relatórios de Qualidade das Águas Interiores da CETESB^{11, 15, 16, 28 a 18} no período de 2002 a 2010.

Gráfico 72 – Superfície tridimensional dos resultados de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) – Benzo(k)fluoranteno em sedimento no período de 2002 a 2010

Gráfico 73 – Contorno delineado dos resultados de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) – Benzo(k)fluoranteno em sedimento no período de 2002 a 2010

Tabela 38 – Valores anuais de concentrações de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) – Benzo(k)fluoranteno em sedimento do período de 2002 a 2010 (µg/kg)

Nascente	Código Ponto CETESB	Código Diagrama Unifilar	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Alto Tietê (Região Metropolitana de São Paulo)	<i>TIET 02050</i>	S-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Rio Tietê - Biritiba Mirim</i>										
	<i>TIET 04160</i>	S-2	–	–	–	–	–	–	< 20,00	< 20,00	13,80
	<i>Rio Tietê - Guarulhos</i>										
	<i>PINH 09100</i>	S-I-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Rio Pinheiros</i>										
	<i>COTI 03840</i>	S-II-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Rio Cotia</i>										
	<i>CRIS 03400</i>	S-III-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Ribeirão dos Cristais</i>										
	<i>TIPI 04850</i>	S-3	–	–	–	–	–	–	–	17,90	< 7,13
	<i>Reservatório de Pirapora</i>										
	<i>JUNA 04900</i>	S-IV-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Rio Jundiá</i>										
	<i>SORO 02700</i>	S-V-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Rio Sorocaba</i>										
	<i>TIBB 02100</i>	S-4	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Reservatório de Barra Bonita</i>										
Médio Tietê	<i>TIBB 02900</i>	S-5	–	–	–	–	–	< 15,00	< 40,00	< 20,00	–
	<i>Reservatório de Barra Bonita</i>										
	<i>TIBA 02800</i>	S-6	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Reservatório de Bariri</i>										
	<i>TIBI 02900</i>	S-7	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Reservatório de Ibitinga</i>										
Baixo Tietê	<i>TIPR 02800</i>	S-8	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Reservatório de Promissão</i>										
	<i>TITR 02100</i>	S-9	–	–	–	< 10,00	–	–	–	–	–
	<i>Reservatório Três Irmãos</i>										

Legenda:

— Rio Tietê [---] Rios afluentes

– : Dados inexistentes nos relatórios pesquisados.

< : Valores inferiores aos limites de quantificação das metodologias utilizadas pelo laboratório.

Legislação atual: CONAMA 344/2004

TEL (nível 1): indefinido

PEL (nível 2):

indefinido

Fonte: Dados dos Relatórios de Qualidade das Águas Interiores da CETESB^{11, 15, 16, 28 a 18} no período de 2002 a 2010.

Gráfico 74 – Superfície tridimensional dos resultados de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) – Dibenzo(a,h)antraceno em sedimento no período de 2002 a 2010

Gráfico 75 – Contorno delineado dos resultados de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) – Dibenzo(a,h)antraceno em sedimento no período de 2002 a 2010

Tabela 39 – Valores anuais de concentrações de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) – Dibenzo(a,h)antraceno em sedimento do período de 2002 a 2010 (µg/kg)

Nascente	Código Ponto CETESB	Código Diagrama Unifilar	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Alto Tietê (Região Metropolitana de São Paulo)	TIET 02050 <i>Rio Tietê - Biritiba Mirim</i>	S-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	TIET 04160 <i>Rio Tietê - Guarulhos</i>	S-2	–	–	–	–	–	–	< 60,00 !	< 60,00 !	< 30,00 !
	PINH 09100 <i>Rio Pinheiros</i>	S-I-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	COTI 03840 <i>Rio Cotia</i>	S-II-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	CRIS 03400 <i>Ribeirão dos Cristais</i>	S-III-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	TUPI 04850 <i>Reservatório de Pirapora</i>	S-3	–	–	–	–	–	–	–	< 30,00 !	< 30,00 !
	JUNA 04900 <i>Rio Jundiá</i>	S-IV-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	SORO 02700 <i>Rio Sorocaba</i>	S-V-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	TIBB 02100 <i>Reservatório de Barra Bonita</i>	S-4	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	TIBB 02900 <i>Reservatório de Barra Bonita</i>	S-5	–	–	–	–	–	< 45,00 !	< 120,00 !	< 60,00 !	–
	TIBA 02800 <i>Reservatório de Bariri</i>	S-6	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	TIBI 02900 <i>Reservatório de Ibitinga</i>	S-7	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Médio Tietê	TIPR 02800 <i>Reservatório de Promissão</i>	S-8	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	TITR 02100 <i>Reservatório Três Irmãos</i>	S-9	–	–	–	< 30,00 !	–	–	–	–	–
Baixo Tietê											

Legenda:

- Rio Tietê Rios afluentes
 – : Dados inexistentes nos relatórios pesquisados.
 < : Valores inferiores aos limites de quantificação das metodologias utilizadas pelo laboratório.
Valores inferiores ao nível TEL Valores entre níveis TEL e PEL Valores superiores ao nível PEL
 Legislação atual: CONAMA 344/2004 TEL (nível 1): 6,22 µg/kg PEL (nível 2): 135 µg/kg

Fonte: Dados dos Relatórios de Qualidade das Águas Interiores da CETESB^{11, 15, 16, 28 a 18} no período de 2002 a 2010.

Gráfico 76 – Superfície tridimensional dos resultados de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) – Indeno(1,2,3-CD)pireno em sedimento no período de 2002 a 2010

Gráfico 77 – Contorno delineado dos resultados de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) – Indeno(1,2,3-CD)pireno em sedimento no período de 2002 a 2010

Tabela 40 – Valores anuais de concentrações de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) – Indeno(1,2,3-CD)pireno em sedimento do período de 2002 a 2010 (µg/kg)

Nascente	Código Ponto CETESB	Código Diagrama Unifilar	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Alto Tietê (Região Metropolitana de São Paulo)	<i>TIET 02050</i>	S-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Rio Tietê - Biritiba Mirim</i>										
	<i>TIET 04160</i>	S-2	–	–	–	–	–	–	< 160,00	< 160,00	< 80,00
	<i>Rio Tietê - Guarulhos</i>										
	<i>PINH 09100</i>	S-I-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Rio Pinheiros</i>										
	<i>COTI 03840</i>	S-II-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Rio Cotia</i>										
	<i>CRIS 03400</i>	S-III-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Ribeirão dos Cristais</i>										
	<i>TIPI 04850</i>	S-3	–	–	–	–	–	–	–	85,30	< 80,00
	<i>Reservatório de Pirapora</i>										
	<i>JUNA 04900</i>	S-IV-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Rio Jundiá</i>										
	<i>SORO 02700</i>	S-V-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Rio Sorocaba</i>										
	<i>TIBB 02100</i>	S-4	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Reservatório de Barra Bonita</i>										
Médio Tietê	<i>TIBB 02900</i>	S-5	–	–	–	–	–	< 120,00	< 320,00	< 160,00	–
	<i>Reservatório de Barra Bonita</i>										
	<i>TIBA 02800</i>	S-6	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Reservatório de Bariri</i>										
	<i>TIBI 02900</i>	S-7	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Reservatório de Ibitinga</i>										
Baixo Tietê	<i>TIPR 02800</i>	S-8	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Reservatório de Promissão</i>										
	<i>TITR 02100</i>	S-9	–	–	–	< 80,00	–	–	–	–	–
	<i>Reservatório Três Irmãos</i>										

Legenda:

Rio Tietê
Rios afluentes
 – : Dados inexistentes nos relatórios pesquisados.
 < : Valores inferiores aos limites de quantificação das metodologias utilizadas pelo laboratório.

Legislação atual: CONAMA 344/2004

TEL (nível 1): indefinido

PEL (nível 2):

indefinido

Fonte: Dados dos Relatórios de Qualidade das Águas Interiores da CETESB^{11, 15, 16, 28 a 18} no período de 2002 a 2010.

5.2.3. Considerações

Considerando que os dados disponíveis para o compartimento água referem-se a apenas um ponto de monitoramento, com coletas realizadas em 2007 e 2008, não há como avaliar os resultados ou tendências de forma representativa.

Da mesma forma, não é possível estabelecer correlação entre os compartimentos água e sedimento, devido à inexistência de dados relativos à HPA em outros pontos do compartimento água em toda série histórica do monitoramento da qualidade das águas superficiais operado pela CETESB.

Para o compartimento sedimento, pode-se verificar que para o composto tóxico Fluoranteno há tendência de acumulação crescente no ponto do Rio Tietê em Guarulhos. Para os compostos tóxicos e carcinogênicos Benzo(a)antraceno e Benzo(b)fluoranteno, os registros apontam para acumulação crescente no Reservatório de Pirapora, e o Benzo(a)pireno aponta acumulação crescente nos dois pontos da Região Metropolitana de São Paulo.

Especialistas dos laboratórios da CETESB afirmam que o órgão ambiental realiza monitoramento de HPA em água, somente em casos emergenciais e suspeitas de contaminação. O monitoramento é realizado preferencialmente no sedimento, devido à tendência de adsorção do composto em partículas sólidas e de possibilitar avaliar a acumulação histórica de poluentes oriundos de fontes pontuais e difusas.

5.3. Resultados dos pesticidas organoclorados

De acordo com a Lei Federal nº 7802 de 1989, pesticidas, agrotóxicos, praguicidas ou defensivos agrícolas são agentes físicos, químicos ou biológicos destinados ao uso nos setores de produção, armazenamento e beneficiamento dos produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas nativas ou implantadas, de outros ecossistemas e de

ambientes urbanos, hídricos e industriais, cuja finalidade é a de alterar a composição da flora e/ou fauna, a fim de preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos⁷.

De acordo com PIVELLI⁷⁴, ainda que seja admitida a necessidade do controle químico de pragas, uma vez que são inúmeros os exemplos de safras integralmente perdidas devido à sua ação predatória, caso as aplicações de tais produtos sejam feitas de forma racionalizada, os problemas ambientais poderiam ser significativamente reduzidos. O que se observa em muitos casos, entretanto, são aspersões sem controle de dosagens, e manuseios indevidos dos recipientes, sendo frequentes as descargas de restos de produtos e lavagens de galões utilizados nas águas naturais. E, principalmente, em alguns casos em que não são observados os afastamentos necessários das plantações das margens dos rios e nem são construídos sistemas de drenagem que impeçam o acesso de águas de enxurradas aos mesmos.

Assim, o problema que inicialmente é de contaminação do solo, passa também a se refletir nos ambientes aquáticos. E esta é uma situação que demonstra claramente que os problemas de contaminação das águas devem ser resolvidos na fonte geradora, uma vez que, atingidas as águas naturais, pouco se pode fazer no sentido de reverter os prejuízos da qualidade que, neste caso, são muito sérios.

Quando usados de forma inadequada, os pesticidas podem causar mortes ou intoxicações graves, destruição da plantação e contaminação ambiental. Mesmo usados corretamente, os pesticidas causam desequilíbrios biológicos, favorecendo o aparecimento de novas pragas pela eliminação de seus predadores naturais, efeitos adversos em insetos polinizadores, contaminação ambiental devido à ação de ventos e águas pluviais, ação residual através dos alimentos e resistência das pragas aos produtos, exigindo paulatinamente o uso de doses maiores ou até mesmo sua substituição^{72, 74, 75}.

5.3.1. Pesticidas organoclorados no compartimento água

Os dados apresentados para pesticidas organoclorados no compartimento água referem-se somente ao ponto do Rio Pinheiros, com coletas realizadas em 2007 e 2008.

O comportamento das concentrações de pesticidas organoclorados no compartimento água está demonstrado na ilustração de colunas do Gráfico 78, obtido da relação entre o tipo de composto químico orgânico e a concentração da variável, em mg/L, com eixo vertical em escala logarítmica de base 10, para melhor visualização e representação dos valores disponíveis.

Gráfico 78 – Gráfico dos resultados de pesticidas organoclorados em água do período de 2007 a 2008

Os dados relativos aos valores anuais para pesticidas organoclorados para o compartimento água, do período de 2007 a 2008, estão apresentados na Tabela 41.

Tabela 41 – Valores anuais de concentrações de pesticidas organoclorados (mg/L) em água do período de 2007 a 2008.

Código do Ponto		Concentração (µg/L)	
Classe		PINH 04200	
		4	
Composto	Ano	2007	2008
Aldrin		0,007	0,726
Dieldrin		0,007	0,727
<i>Total</i>		<i>0,014</i>	<i>1,452</i>
Alfa BHC		0,014	0,736
Beta BHC		0,014	0,850
Delta BHC		0,014	0,738
<i>Total</i>		<i>0,043</i>	<i>2,324</i>
cis Clordano		0,029	0,869
trans Clordano		0,029	0,759
<i>Total</i>		<i>0,057</i>	<i>1,628</i>
pp'DDD		0,017	0,736
pp'DDE		0,014	0,736
pp'DDT		0,014	0,736
<i>Total</i>		<i>0,045</i>	<i>2,208</i>
Endossulfan I		0,029	0,873
Endossulfan II		0,029	0,762
Endossulfan sulfato		0,029	0,762
<i>Total</i>		<i>0,086</i>	<i>2,397</i>
Endrin		0,021	0,862
Heptacloro		0,007	0,726
Hexaclorobenzeno		0,003	0,720
Lindano (γ-HCH)		0,007	0,726
Metoxicloro		0,014	0,852
Mirex		0,014	0,736
Toxafeno		381,333	1,814
Trifluralina		–	0,030

Legenda:

– : dados inexistentes nos relatórios pesquisados.

Fonte: Dados calculados a partir dos Relatórios de Qualidade das Águas Interiores da CETESB^{11, 15, 16, 30 a 18}.

Observa-se que todos os compostos analisados tiveram concentrações aumentadas de um ano para outro. Situação oposta ocorreu com o composto toxafeno, que teve concentração diminuída de um ano para outro. Não foi possível comparar o comportamento do composto trifluralina, pois houve coleta somente em 2008.

5.3.2. Pesticidas organoclorados no compartimento sedimento

Para os dados apresentados para pesticidas organoclorados no compartimento sedimento, pode-se observar que a maioria das concentrações registradas são consideradas provavelmente como traços dos compostos analisados (Aldrin, Dieldrin, Delta HCH(BHC), Lindano – Gama HCH(BHC), Clordano (cis e trans), Heptacloro e Heptacloro epóxido, Endosulfan, Endosulfan I, II e sulfato, Endrin, Mirex e Toxafeno), por apresentarem valores inferiores aos níveis de quantificação das metodologias utilizadas pelo laboratório, com exceção de registros de concentrações absolutas em:

- 2004 para o composto HCH total, analisado à época, em concentração superior ao padrão estabelecido na Resolução 344/2004, para o princípio ativo Lindano (gama HCH), nível PEL, ou seja, com alta probabilidade de causar efeito tóxico à biota aquática, bem como para o composto hexaclorobenzeno, no ponto do Rio Sorocaba. Não é possível afirmar que a presença dos compostos persiste até os dias atuais, pois não houve monitoramentos posteriores a esse;
- 2010 para os produtos secundários do HCH – Alfa e Beta HCH, no ponto do Reservatório de Pirapora;
- 2010 para o organoclorado DDT, proibido para utilização, mas presente no ponto do Reservatório de Pirapora;
- 2009 e 2010 para o organoclorado DDD, produto da biotransformação do DDT, presente no mesmo ponto do Reservatório de Pirapora, em concentrações decrescentes de um ano para outro;
- 2009 para o composto Metoxicloro, no ponto do Rio Tietê em Guarulhos; não há como comparar este valor com a legislação, por não ter padrão estabelecido para o composto.

Especificamente para o composto DDE, organoclorado produto de degradação ambiental no processo de biotransformação do DDT, mais persistente, durável, insolúvel na água, utilizado no controle de vetores, e de prolongada ação residual, houve registros de concentrações crescentes nos

pontos do Rio Tietê em Guarulhos e do Reservatório Três Irmãos, neste último, com valores superiores ao padrão estabelecido na Resolução 344/2004, nível PEL, ou seja, com alta probabilidade de causar efeito tóxico à biota aquática, provavelmente por influência das áreas de vocação agrícola localizadas naquela região. Situação oposta foi observada no ponto do Reservatório de Pirapora, onde houve registros de concentrações decrescentes, com valores que ocasionalmente podem causar efeitos tóxicos à biota aquática. Houve ainda registro, nesse nível, no Reservatório de Promissão, sem possibilidade de comparação, por ter monitoramento apenas em 2010.

Os resultados que representam o comportamento de cada pesticida organoclorado no compartimento sedimento, do período de 2002 a 2010, está demonstrado nas ilustrações do Gráfico 79 ao Gráfico 120.

E os valores anuais estão apresentados da Tabela 42 à Tabela 62. Nestas tabelas, pode-se observar que de 2002 a 2004 o laboratório utilizava a nomenclatura “ND” – não detectado – para as concentrações inferiores aos níveis de quantificação das metodologias utilizadas. Após esse período o laboratório passou a adotar a nomenclatura “<”, que significa o limite de quantificação do composto pelo método utilizado naquele momento e nas condições do ensaio, os quais podem ser relativos e variáveis, devido às características e interferências da matriz analisada, que está presente em todas as tabelas. Em muitos casos, as amostras coletadas para análise de compostos orgânicos demandam diluições, a fim de que se tenha o extrato em condições adequadas para ser injetado no equipamento, as quais podem acarretar em perda de compostos.

Gráfico 79 – Superfície tridimensional dos resultados de pesticidas organoclorados – Aldrin em sedimento no período de 2002 a 2010

Gráfico 80 – Contorno delineado dos resultados de pesticidas organoclorados – Aldrin em sedimento no período de 2002 a 2010

Tabela 42 – Valores anuais de concentrações de pesticidas organoclorados – Aldrin em sedimento do período de 2002 a 2010 (µg/kg)

Nascente	Código Ponto CETESB	Código Diagrama Unifilar	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Alto Tietê (Região Metropolitana de São Paulo)	TIET 02050	S-1	ND	ND	ND	< 1,25	–	–	–	–	–
	Rio Tietê - Biritiba Mirim										
	TIET 04160	S-2	–	–	–	–	–	–	< 31,30	< 0,58	< 0,58
	Rio Tietê - Guarulhos										
	PINH 09100	S-I-1	ND	–	–	–	–	–	–	–	–
	Rio Pinheiros	S-II-1	–	–	–	–	< 1,25	–	–	–	–
	COTI 03840										
	Rio Cotia	S-III-1	–	ND	ND	–	–	–	–	–	–
	CRIS 03400										
	Ribeirão dos Cristais										
	TUPI 04850	S-3	–	–	ND	–	–	< 2,88	< 2,50	< 1,14	< 2,88
	Reservatório de Pirapora										
	JUNA 04900	S-IV-1	–	–	–	–	< 1,25	–	–	–	–
	Rio Jundiá	S-V-1	–	ND	ND	–	–	–	–	–	–
	SORO 02700										
Médio Tietê	Rio Sorocaba										
	TIBB 02100	S-4	–	ND	–	< 1,25	–	–	–	–	–
	Reservatório de Barra Bonita										
	TIBB 02900	S-5	–	–	–	–	< 1,25	–	–	–	–
	Reservatório de Barra Bonita										
Baixo Tietê	TIBA 02800	S-6	–	–	–	–	< 1,25	< 1,25	–	–	–
	Reservatório de Bariri										
	TIBI 02900	S-7	–	–	–	–	–	–	< 1,25	–	–
	Reservatório de Ibitinga										
	TIPR 02800	S-8	–	–	–	–	–	< 2,88	–	–	< 1,25
	Reservatório de Promissão										
	TITR 02100	S-9	–	–	–	< 1,25	< 2,86	< 5,71	< 1,25	< 0,57	–
	Reservatório Três Irmãos										

Legenda:

Rio Tietê
Rios afluentes
 – : Dados inexistentes nos relatórios pesquisados.
 < : Valores inferiores aos limites de quantificação das metodologias utilizadas pelo laboratório.
 ND : Valores não detectados nas condições dos ensaios.

Legislação atual: CONAMA 344/2004

TEL (nível 1): indefinido

PEL (nível 2):

indefinido

Fonte: Dados dos Relatórios de Qualidade das Águas Interiores da CETESB^{11, 15, 16, 28 a 18} no período de 2002 a 2010.

Gráfico 81 – Superfície tridimensional dos resultados de pesticidas organoclorados – Dieldrin em sedimento no período de 2002 a 2010

Gráfico 82 – Contorno delineado dos resultados de pesticidas organoclorados – Dieldrin em sedimento no período de 2002 a 2010

Tabela 43 – Valores anuais de concentrações de pesticidas organoclorados – Dieldrin em sedimento do período de 2002 a 2010 (µg/kg)

Nascente	Código Ponto CETESB	Código Diagrama Unifilar	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Alto Tietê (Região Metropolitana de São Paulo)	TIET 02050	S-1	ND	< 1,25 ✓	ND	< 1,25 ✓	–	–	–	–	–
	Rio Tietê - Biritiba Mirim										
	TIET 04160	S-2	–	–	–	–	–	–	< 31,30 ✗	< 0,58 ✓	< 1,43 ✓
	Rio Tietê - Guarulhos										
	PINH 09100	S-I-1	ND	–	–	–	–	–	–	–	–
	Rio Pinheiros	S-II-1	–	–	–	–	< 1,25 ✓	–	–	–	–
	COTI 03840										
	Rio Cotia	S-III-1	–	ND	ND	–	–	–	–	–	–
	CRIS 03400										
	Ribeirão dos Cristais	S-3	–	–	ND	–	–	< 2,88 ⚠	< 2,50 ✓	< 1,14 ✓	< 1,43 ✓
	TUPI 04850										
	Reservatório de Pirapora										
	JUNA 04900	S-IV-1	–	–	–	–	< 1,25 ✓	–	–	–	–
	Rio Jundiá	S-V-1	–	ND	ND	–	–	–	–	–	–
	SORO 02700										
Médio Tietê	Rio Sorocaba										
	TIBB 02100	S-4	–	ND	–	< 1,25 ✓	–	–	–	–	–
	Reservatório de Barra Bonita										
	TIBB 02900	S-5	–	–	–	–	< 1,25 ✓	< 2,88 ⚠	–	–	–
	Reservatório de Barra Bonita										
Baixo Tietê	TIBA 02800	S-6	–	–	–	–	< 1,25 ✓	< 1,25 ✓	–	–	–
	Reservatório de Bariri										
	TIBI 02900	S-7	–	–	–	–	–	–	< 1,25 ✓	–	–
	Reservatório de Ibitinga										
	TIPR 02800	S-8	–	–	–	–	–	< 2,88 ⚠	–	–	< 1,25 ✓
	Reservatório de Promissão										
	TITR 02100	S-9	–	–	–	< 1,25 ✓	< 2,86 ⚠	< 5,71 ⚠	< 1,25 ✓	< 0,57 ✓	–
	Reservatório Três Irmãos										

Legenda:

- : Dados inexistentes nos relatórios pesquisados.
 < : Valores inferiores aos limites de quantificação das metodologias utilizadas pelo laboratório.
 ND: Valores não detectados nas condições dos ensaios.
 ✓ Valores inferiores ao nível TEL
 ⚠ Valores entre níveis TEL e PEL
 ✗ Valores superiores ao nível PEL
- Rio Tietê
 Rios afluentes
- Legislação atual: CONAMA 344/2004
 TEL (nível 1): 2,85 µg/kg
 PEL (nível 2): 6,67 µg/kg

Fonte: Dados dos Relatórios de Qualidade das Águas Interiores da CETESB 11, 15, 16, 28 a 18 no período de 2002 a 2010.

Gráfico 83 – Superfície tridimensional dos resultados de pesticidas organoclorados – Alfa BHC (HCH) em sedimento no período de 2002 a 2010

Gráfico 84 – Contorno delineado dos resultados de pesticidas organoclorados – Alfa BHC (HCH) em sedimento no período de 2002 a 2010

Tabela 44 – Valores anuais de concentrações de pesticidas organoclorados – Alfa BHC (HCH) em sedimento do período de 2002 a 2010 (µg/kg)

Nascente	Código Ponto CETESB	Código Diagrama Unifilar	2002*	2003*	2004*	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Alto Tietê (Região Metropolitana de São Paulo)	TIET 02050 <i>Rio Tietê - Biritiba Mirim</i>	S-1	–	–	ND	< 2,50	–	–	–	–	–
	TIET 04160 <i>Rio Tietê - Guarulhos</i>	S-2	–	–	–	–	–	–	< 62,50	< 2,88	< 2,88
	PINH 09100 <i>Rio Pinheiros</i>	S-I-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	COTI 03840 <i>Rio Cotia</i>	S-II-1	–	–	–	–	< 2,50	–	–	–	–
	CRIS 03400 <i>Ribeirão dos Cristais</i>	S-III-1	–	–	< 2,50	–	–	–	–	–	–
	TIP1 04850 <i>Reservatório de Pirapora</i>	S-3	–	–	ND	–	–	< 5,75	< 5,00	< 5,69	< 2,88
	JUNA 04900 <i>Rio Jundiá</i>	S-IV-1	–	–	–	–	< 2,50	–	–	–	–
	SORO 02700 <i>Rio Sorocaba</i>	S-V-1	–	ND	3,38	–	–	–	–	–	–
	TIBB 02100 <i>Reservatório de Barra Bonita</i>	S-4	–	–	–	< 2,50	–	–	–	–	–
	TIBB 02900 <i>Reservatório de Barra Bonita</i>	S-5	–	–	–	–	< 2,50	–	–	–	–
	TIBA 02800 <i>Reservatório de Bariri</i>	S-6	–	–	–	–	< 2,50	< 2,50	–	–	–
	TIBI 02900 <i>Reservatório de Ibitinga</i>	S-7	–	–	–	–	–	–	< 2,50	–	–
	TIPR 02800 <i>Reservatório de Promissão</i>	S-8	–	–	–	–	–	< 5,75	–	–	< 6,25
	TITR 02100 <i>Reservatório Três Irmãos</i>	S-9	–	–	–	< 2,50	< 5,71	< 11,40	< 2,50	< 2,86	–

Legenda:

Rio Tietê Rios afluentes
 * : Dados de 2002 a 2004 referem-se ao composto HCH (popularmente conhecido como BHC).
 – : Dados inexistentes nos relatórios pesquisados.
 < : Valores inferiores aos limites de quantificação das metodologias utilizadas pelo laboratório.
 ND : Valores não detectados nas condições dos ensaios.

Legislação atual: CONAMA 344/2004

TEL (nível 1): indefinido

PEL (nível 2): indefinido

Fonte: Dados dos Relatórios de Qualidade das Águas Interiores da CETESB^{11, 15, 16, 28 a 18} no período de 2002 a 2010.

Gráfico 85 – Superfície tridimensional dos resultados de pesticidas organoclorados – Beta BHC (HCH) em sedimento no período de 2002 a 2010

Gráfico 86 – Contorno delineado dos resultados de pesticidas organoclorados – Beta BHC (HCH) em sedimento no período de 2002 a 2010

Tabela 45 – Valores anuais de concentrações de pesticidas organoclorados – Beta BHC (HCH) em sedimento do período de 2002 a 2010 (µg/kg)

Nascente	Código Ponto CETESB	Código Diagrama Unifilar	2002*	2003*	2004*	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Alto Tietê (Região Metropolitana de São Paulo)	<i>TIET 02050</i>	S-1	–	–	ND	< 2,50	–	–	–	–	–
	<i>Rio Tietê - Biritiba Mirim</i>										
	<i>TIET 04160</i>	S-2	–	–	–	–	–	–	< 62,50	< 2,88	< 7,13
	<i>Rio Tietê - Guarulhos</i>										
	PINH 09100	S-I-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	Rio Pinheiros										
	COTI 03840	S-II-1	–	–	–	–	< 2,50	–	–	–	–
	Rio Cotia										
	CRIS 03400	S-III-1	–	–	< 2,50	–	–	–	–	–	–
	Ribeirão dos Cristais										
Médio Tietê	<i>TIPI 04850</i>	S-3	–	–	ND	–	–	< 5,75	< 5,00	< 5,69	0,42
	<i>Reservatório de Pirapora</i>										
	JUNA 04900	S-IV-1	–	–	–	–	< 2,50	–	–	–	–
	Rio Jundiá										
	SORO 02700	S-V-1	–	ND	3,38	–	–	–	–	–	–
	Rio Sorocaba										
	<i>TIBB 02100</i>	S-4	–	–	–	< 2,50	–	–	–	–	–
	<i>Reservatório de Barra Bonita</i>										
	<i>TIBB 02900</i>	S-5	–	–	–	–	< 2,50	< 5,75	–	–	–
	<i>Reservatório de Barra Bonita</i>										
Baixo Tietê	<i>TIBA 02800</i>	S-6	–	–	–	–	< 2,50	< 2,50	–	–	–
	<i>Reservatório de Bariri</i>										
	<i>TIBI 02900</i>	S-7	–	–	–	–	–	–	< 2,50	–	–
	<i>Reservatório de Ibitinga</i>										
	<i>TIPR 02800</i>	S-8	–	–	–	–	–	< 5,75	–	–	< 6,25
	<i>Reservatório de Promissão</i>										
	<i>TITR 02100</i>	S-9	–	–	–	< 2,50	< 5,71	< 11,40	< 2,50	< 2,86	–
	<i>Reservatório Três Irmãos</i>										

Legenda:

Rio Tietê
 * : Dados de 2002 a 2004 referem-se ao composto HCH (popularmente conhecido como BHC).
 – : Dados inexistentes nos relatórios pesquisados.
 < : Valores inferiores aos limites de quantificação das metodologias utilizadas pelo laboratório.
 ND : Valores não detectados nas condições dos ensaios.

Rios afluentes

Legislação atual: CONAMA 344/2004

TEL (nível 1): indefinido

PEL (nível 2):

indefinido

Fonte: Dados dos Relatórios de Qualidade das Águas Interiores da CETESB^{11, 15, 16, 28 a 18} no período de 2002 a 2010.

Gráfico 87 – Superfície tridimensional dos resultados de pesticidas organoclorados – Delta BHC (HCH) em sedimento no período de 2002 a 2010

Gráfico 88 – Contorno delineado dos resultados de pesticidas organoclorados – Delta BHC (HCH) em sedimento no período de 2002 a 2010

Tabela 46 – Valores anuais de concentrações de pesticidas organoclorados – Delta BHC (HCH) em sedimento do período de 2002 a 2010 (µg/kg)

Nascente	Código Ponto CETESB	Código Diagrama Unifilar	2002*	2003*	2004*	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Alto Tietê (Região Metropolitana de São Paulo)	TIET 02050	S-1	–	–	ND	< 2,50	–	–	–	–	–
	Rio Tietê - Biritiba Mirim										
	TIET 04160	S-2	–	–	–	–	–	–	< 62,50	< 2,88	< 7,13
	Rio Tietê - Guarulhos										
	PINH 09100	S-I-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	Rio Pinheiros	S-II-1	–	–	–	–	< 2,50	–	–	–	–
	COTI 03840										
	Rio Cotia	S-III-1	–	–	< 2,50	–	–	–	–	–	–
	CRIS 03400										
	Ribeirão dos Cristais	S-3	–	–	ND	–	–	< 5,75	< 5,00	< 5,69	< 7,13
	TUPI 04850										
	Reservatório de Pirapora										
	JUNA 04900	S-IV-1	–	–	–	–	< 2,50	–	–	–	–
	Rio Jundiá	S-V-1	–	ND	3,38	–	–	–	–	–	–
	SORO 02700										
Médio Tietê	Rio Sorocaba										
	TIBB 02100	S-4	–	–	–	< 2,50	–	–	–	–	–
	Reservatório de Barra Bonita										
	TIBB 02900	S-5	–	–	–	–	< 2,50	< 5,75	–	–	–
	Reservatório de Barra Bonita										
Baixo Tietê	TIBA 02800	S-6	–	–	–	–	< 2,50	< 2,50	–	–	–
	Reservatório de Bariri										
	TIBI 02900	S-7	–	–	–	–	–	–	< 2,50	–	–
	Reservatório de Ibitinga										
	TIPR 02800	S-8	–	–	–	–	–	< 5,75	–	–	< 6,25
	Reservatório de Promissão										
	TITR 02100	S-9	–	–	–	< 2,50	< 5,71	< 11,40	< 2,50	< 2,86	–
	Reservatório Três Irmãos										

Legenda:

Rio Tietê
 Rios afluentes
 *: Dados de 2002 a 2004 referem-se ao composto HCH (popularmente conhecido como BHC).
 –: Dados inexistentes nos relatórios pesquisados.
 <: Valores inferiores aos limites de quantificação das metodologias utilizadas pelo laboratório.
 ND: Valores não detectados nas condições dos ensaios.

Legislação atual: CONAMA 344/2004

TEL (nível 1): indefinido

PEL (nível 2):

indefinido

Fonte: Dados dos Relatórios de Qualidade das Águas Interiores da CETESB^{11, 15, 16, 28 a 18} no período de 2002 a 2010.

Gráfico 89 – Superfície tridimensional dos resultados de pesticidas organoclorados – Lindano (Gama-HCH) em sedimento no período de 2002 a 2010

Gráfico 90 – Contorno delineado dos resultados de pesticidas organoclorados – Lindano (Gama-HCH) em sedimento no período de 2002 a 2010

Tabela 47 – Valores anuais de concentrações de pesticidas organoclorados – Lindano (Gama-HCH) em sedimento do período de 2002 a 2010 (µg/kg)

Nascente	Código Ponto CETESB	Código Diagrama Unifilar	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Alto Tietê (Região Metropolitana de São Paulo)	TIET 02050 <i>Rio Tietê - Biritiba Mirim</i>	S-1	ND	ND	< 1,25 !	< 1,25 !	–	–	–	–	–
	TIET 04160 <i>Rio Tietê - Guarulhos</i>	S-2	–	–	–	–	–	–	< 31,30 ✗	< 1,44 ✗	< 1,44 ✗
	PINH 09100 <i>Rio Pinheiros</i>	S-I-1	ND	–	–	–	–	–	–	–	–
	COTI 03840 <i>Rio Cotia</i>	S-II-1	–	–	–	–	< 1,25 !	–	–	–	–
	CRIS 03400 <i>Ribeirão dos Cristais</i>	S-III-1	–	ND	< 1,25 !	–	–	–	–	–	–
	TUPI 04850 <i>Reservatório de Pirapora</i>	S-3	–	–	ND ND	–	–	< 2,88 ✗	< 2,50 ✗	< 2,84 ✗	< 1,44 ✗
	JUNA 04900 <i>Rio Jundiá</i>	S-IV-1	–	–	–	–	< 1,25 !	–	–	–	–
	SORO 02700 <i>Rio Sorocaba</i>	S-V-1	–	ND	3,38 ✗	–	–	–	–	–	–
	TIBB 02100 <i>Reservatório de Barra Bonita</i>	S-4	–	0,79 ✓	–	< 1,25 !	–	–	–	–	–
	TIBB 02900 <i>Reservatório de Barra Bonita</i>	S-5	–	–	–	–	< 1,25 !	< 2,88 ✗	–	–	–
Médio Tietê	TIBA 02800 <i>Reservatório de Bariri</i>	S-6	–	–	–	–	< 1,25 !	< 1,25 !	–	–	–
	TIBI 02900 <i>Reservatório de Ibitinga</i>	S-7	–	–	–	–	–	–	< 1,25 !	–	–
	TIPR 02800 <i>Reservatório de Promissão</i>	S-8	–	–	–	–	–	< 2,88 ✗	–	–	< 3,13 ✗
	TITR 02100 <i>Reservatório Três Irmãos</i>	S-9	–	–	–	< 1,25 !	< 2,86 ✗	< 5,71 ✗	< 1,25 !	2,46 ✗	–

Legenda:

Rio Tietê Rios afluentes
 – : Dados inexistentes nos relatórios pesquisados.
 < : Valores inferiores aos limites de quantificação das metodologias utilizadas pelo laboratório.
 ND: Valores não detectados nas condições dos ensaios.
 ✓ Valores inferiores ao nível TEL ! Valores entre níveis TEL e PEL ✗ Valores superiores ao nível PEL
 Legislação atual: CONAMA 344/2004 TEL (nível 1): 0,94 µg/kg PEL (nível 2): 1,38 µg/kg

Fonte: Dados dos Relatórios de Qualidade das Águas Interiores da CETESB^{11, 15, 16, 28 a 18} no período de 2002 a 2010.

Gráfico 91 – Superfície tridimensional dos resultados de pesticidas organoclorados – Cis-Clordano em sedimento no período de 2002 a 2010

Gráfico 92 – Contorno delineado dos resultados de pesticidas organoclorados – Cis-Clordano em sedimento no período de 2002 a 2010

Tabela 48 – Valores anuais de concentrações de pesticidas organoclorados – Cis-Clordano em sedimento do período de 2002 a 2010 (µg/kg)

Nascente	Código Ponto CETESB	Código Diagrama Unifilar	2002*	2003*	2004*	2005**	2006	2007	2008	2009	2010
Alto Tietê (Região Metropolitana de São Paulo)	<i>TIET 02050</i>	S-1	ND	ND	ND	< 5,00	–	–	–	–	–
	<i>Rio Tietê - Biritiba Mirim</i>										
	<i>TIET 04160</i>	S-2	–	–	–	–	–	–	< 125,00	< 5,75	< 5,75
	<i>Rio Tietê - Guarulhos</i>										
	<i>PINH 09100</i>	S-I-1	ND	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Rio Pinheiros</i>	S-II-1	–	–	–	–	< 5,00	–	–	–	–
	<i>COTI 03840</i>										
	<i>Rio Cotia</i>	S-III-1	–	ND	ND	–	–	–	–	–	–
	<i>CRIS 03400</i>										
	<i>Ribeirão dos Cristais</i>										
Médio Tietê	<i>TIPI 04850</i>	S-3	–	–	ND	–	–	< 11,50	< 10,00	< 11,40	< 5,75
	<i>Reservatório de Pirapora</i>										
	<i>JUNA 04900</i>	S-IV-1	–	–	–	–	< 5,00	–	–	–	–
	<i>Rio Jundiá</i>	S-V-1	–	ND	ND	–	–	–	–	–	–
	<i>SORO 02700</i>										
	<i>Rio Sorocaba</i>										
	<i>TIBB 02100</i>	S-4	–	ND	–	< 5,00	–	–	–	–	–
	<i>Reservatório de Barra Bonita</i>										
	<i>TIBB 02900</i>	S-5	–	–	–	–	< 5,00	< 11,50	–	–	–
	<i>Reservatório de Barra Bonita</i>										
Baixo Tietê	<i>TIBA 02800</i>	S-6	–	–	–	–	< 5,00	< 5,00	–	–	–
	<i>Reservatório de Bariri</i>										
	<i>TIBI 02900</i>	S-7	–	–	–	–	–	–	< 5,00	–	–
	<i>Reservatório de Ibitinga</i>										
	<i>TIPR 02800</i>	S-8	–	–	–	–	–	< 11,50	–	–	< 12,50
	<i>Reservatório de Promissão</i>										
	<i>TITR 02100</i>	S-9	–	–	–	< 5,00	< 11,40	< 22,90	< 5,00	< 5,71	–
	<i>Reservatório Três Irmãos</i>										

Legenda:

- * : Rio Tietê
 ** : Rios afluentes
 : Dados de 2002 a 2004 referem-se ao parâmetro Clordano total.
 : Dados de 2005 referem-se ao composto correspondente Alfa Clordano.
 – : Dados inexistentes nos relatórios pesquisados.
 < : Valores inferiores aos limites de quantificação das metodologias utilizadas pelo laboratório.
 ND: Valores não detectados nas condições dos ensaios.

Legislação atual: CONAMA 344/2004

TEL (nível 1): indefinido

PEL (nível 2): indefinido

Fonte: Dados dos Relatórios de Qualidade das Águas Interiores da CETESB^{11, 15, 16, 28 a 18} no período de 2002 a 2010.

Gráfico 93 – Superfície tridimensional dos resultados de pesticidas organoclorados – Trans-Clordano em sedimento no período de 2002 a 2010

Gráfico 94 – Contorno delineado dos resultados de pesticidas organoclorados – Trans-Clordano em sedimento no período de 2002 a 2010

Tabela 49 – Valores anuais de concentrações de pesticidas organoclorados – Trans-Clordano em sedimento do período de 2002 a 2010 (µg/kg)

Nascente	Código Ponto CETESB	Código Diagrama Unifilar	2002*	2003*	2004*	2005**	2006	2007	2008	2009	2010
Alto Tietê (Região Metropolitana de São Paulo)	<i>TIET 02050</i>	S-1	ND	ND	ND	< 5,00	–	–	–	–	–
	<i>Rio Tietê - Biritiba Mirim</i>										
	<i>TIET 04160</i>	S-2	–	–	–	–	–	–	< 125,00	< 5,75	< 5,75
	<i>Rio Tietê - Guarulhos</i>										
	<i>PINH 09100</i>	S-I-1	ND	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Rio Pinheiros</i>	S-II-1	–	–	–	–	< 5,00	–	–	–	–
	<i>COTI 03840</i>										
	<i>Rio Cotia</i>	S-III-1	–	ND	ND	–	–	–	–	–	–
	<i>CRIS 03400</i>										
	<i>Ribeirão dos Cristais</i>										
Médio Tietê	<i>TIPI 04850</i>	S-3	–	–	ND	–	–	< 11,50	< 10,00	< 11,40	< 5,75
	<i>Reservatório de Pirapora</i>										
	<i>JUNA 04900</i>	S-IV-1	–	–	–	–	< 5,00	–	–	–	–
	<i>Rio Jundiá</i>	S-V-1	–	ND	ND	–	–	–	–	–	–
	<i>SORO 02700</i>										
	<i>Rio Sorocaba</i>										
	<i>TIBB 02100</i>	S-4	–	ND	–	< 5,00	–	–	–	–	–
	<i>Reservatório de Barra Bonita</i>										
	<i>TIBB 02900</i>	S-5	–	–	–	–	< 5,00	< 11,50	–	–	–
	<i>Reservatório de Barra Bonita</i>										
Baixo Tietê	<i>TIBA 02800</i>	S-6	–	–	–	–	< 5,00	< 5,00	–	–	–
	<i>Reservatório de Bariri</i>										
	<i>TIBI 02900</i>	S-7	–	–	–	–	–	–	< 5,00	–	–
	<i>Reservatório de Ibitinga</i>										
	<i>TIPR 02800</i>	S-8	–	–	–	–	–	< 11,50	–	–	< 12,50
	<i>Reservatório de Promissão</i>										
	<i>TITR 02100</i>	S-9	–	–	–	< 5,00	< 11,40	< 22,90	< 5,00	< 5,71	–
	<i>Reservatório Três Irmãos</i>										

Legenda:

- * : Rio Tietê
 ** : Rios afluentes
 : Dados de 2002 a 2004 referem-se ao parâmetro Clordano total.
 : Dados de 2005 referem-se ao composto correspondente Gama Clordano.
 – : Dados inexistentes nos relatórios pesquisados.
 < : Valores inferiores aos limites de quantificação das metodologias utilizadas pelo laboratório.
 ND: Valores não detectados nas condições dos ensaios.

Legislação atual: CONAMA 344/2004

TEL (nível 1): indefinido

PEL (nível 2): indefinido

Fonte: Dados dos Relatórios de Qualidade das Águas Interiores da CETESB^{11, 15, 16, 28 a 18} no período de 2002 a 2010.

Gráfico 95 – Superfície tridimensional dos resultados de pesticidas organoclorados – DDD em sedimento no período de 2002 a 2010

Gráfico 96 – Contorno delineado dos resultados de pesticidas organoclorados – DDD em sedimento no período de 2002 a 2010

Tabela 50 – Valores anuais de concentrações de pesticidas organoclorados – DDD em sedimento do período de 2002 a 2010 (µg/kg)

Nascente	Código Ponto CETESB	Código Diagrama Unifilar	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Alto Tietê (Região Metropolitana de São Paulo)	<i>TIET 02050</i> <i>Rio Tietê - Biritiba Mirim</i>	S-1	ND	ND	ND	< 2,50 ✓	–	–	–	–	–
	<i>TIET 04160</i> <i>Rio Tietê - Guarulhos</i>	S-2	–	–	–	–	–	–	< 62,50 ✗	3,98 !	1,60 ✓
	<i>PINH 09100</i> <i>Rio Pinheiros</i>	S-I-1	ND	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>COTI 03840</i> <i>Rio Cotia</i>	S-II-1	–	–	–	–	< 2,50 ✓	–	–	–	–
	<i>CRIS 03400</i> <i>Ribeirão dos Cristais</i>	S-III-1	–	–	ND	–	–	–	–	–	–
	<i>TIPÍ 04850</i> <i>Reservatório de Pirapora</i>	S-3	–	–	ND	–	–	< 5,75 !	< 5,00 !	5,00 !	1,68 ✓
	<i>JUNA 04900</i> <i>Rio Jundiá</i>	S-IV-1	–	–	–	–	< 2,50 ✓	–	–	–	–
	<i>SORO 02700</i> <i>Rio Sorocaba</i>	S-V-1	–	ND	ND	–	–	–	–	–	–
	<i>TIBB 02100</i> <i>Reservatório de Barra Bonita</i>	S-4	–	ND	–	< 2,50 ✓	–	–	–	–	–
	<i>TIBB 02900</i> <i>Reservatório de Barra Bonita</i>	S-5	–	–	–	–	< 2,50 ✓	< 5,75 !	–	–	–
	<i>TIBA 02800</i> <i>Reservatório de Bariri</i>	S-6	–	–	–	–	< 2,50 ✓	< 2,50 ✓	–	–	–
	<i>TIBI 02900</i> <i>Reservatório de Ibitinga</i>	S-7	–	–	–	–	–	–	< 2,50 ✓	–	–
	<i>TIPR 02800</i> <i>Reservatório de Promissão</i>	S-8	–	–	–	–	–	< 5,75 !	–	–	< 1,25 ✓
	<i>TITR 02100</i> <i>Reservatório Três Irmãos</i>	S-9	–	–	–	< 2,50 ✓	< 5,71 !	< 11,40 ✗	< 2,50 ✓	< 0,57 ✓	–

Legenda:

* : Dados de 2002 a 2005 referem-se ao composto correspondente TDE.
 – : Dados inexistentes nos relatórios pesquisados.
 < : Valores inferiores aos limites de quantificação das metodologias utilizadas pelo laboratório.
 ND: Valores não detectados nas condições dos ensaios.
 ✓ : Valores inferiores ao nível TEL
 ! : Valores entre níveis TEL e PEL
 ✗ : Valores superiores ao nível PEL
 Legislação atual: CONAMA 344/2004
 TEL (nível 1): 3,54 µg/kg
 PEL (nível 2): 8,51 µg/kg

Fonte: Dados dos Relatórios de Qualidade das Águas Interiores da CETESB^{11, 15, 16, 28 a 18} no período de 2002 a 2010.

Gráfico 97 – Superfície tridimensional dos resultados de pesticidas organoclorados – DDT em sedimento no período de 2002 a 2010

Gráfico 98 – Contorno delineado dos resultados de pesticidas organoclorados – DDT em sedimento no período de 2002 a 2010

Tabela 51 – Valores anuais de concentrações de pesticidas organoclorados – DDT em sedimento do período de 2002 a 2010 (µg/kg)

Nascente	Código Ponto CETESB	Código Diagrama Unifilar	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Alto Tietê (Região Metropolitana de São Paulo)	TIET 02050 <i>Rio Tietê - Biritiba Mirim</i>	S-1	ND	ND	ND	< 2,50 !	–	–	–	–	–
	TIET 04160 <i>Rio Tietê - Guarulhos</i>	S-2	–	–	–	–	–	–	< 62,50 ✖	< 1,73 !	< 1,73 !
	PINH 09100 <i>Rio Pinheiros</i>	S-I-1	ND	–	–	–	–	–	–	–	–
	COTI 03840 <i>Rio Cotia</i>	S-II-1	–	–	–	–	< 2,50 !	–	–	–	–
	CRIS 03400 <i>Ribeirão dos Cristais</i>	S-III-1	–	ND	ND	–	–	–	–	–	–
	TUPI 04850 <i>Reservatório de Pirapora</i>	S-3	–	–	ND	–	–	< 5,75 ✖	< 5,00 ✖	< 3,41 !	2,57 !
	JUNA 04900 <i>Rio Jundiá</i>	S-IV-1	–	–	–	–	< 2,50 !	–	–	–	–
	SORO 02700 <i>Rio Sorocaba</i>	S-V-1	–	ND	ND	–	–	–	–	–	–
	TIBB 02100 <i>Reservatório de Barra Bonita</i>	S-4	–	ND	–	< 2,50 !	–	–	–	–	–
	TIBB 02900 <i>Reservatório de Barra Bonita</i>	S-5	–	–	–	–	< 2,50 !	< 5,75 ✖	–	–	–
Médio Tietê	TIBA 02800 <i>Reservatório de Bariri</i>	S-6	–	–	–	–	< 2,50 !	< 2,50 !	–	–	–
	TIBI 02900 <i>Reservatório de Ibitinga</i>	S-7	–	–	–	–	–	–	< 2,50 !	–	–
	TIPR 02800 <i>Reservatório de Promissão</i>	S-8	–	–	–	–	–	< 5,75 ✖	–	–	< 3,75 !
	TITR 02100 <i>Reservatório Três Irmãos</i>	S-9	–	–	–	< 2,50 !	< 5,71 ✖	< 11,40 ✖	< 2,50 !	< 1,71 !	–
Baixo Tietê											

Legenda:

- Rio Tietê
Rios afluentes
 – : Dados inexistentes nos relatórios pesquisados.
 < : Valores inferiores aos limites de quantificação das metodologias utilizadas pelo laboratório.
 ND: Valores não detectados nas condições dos ensaios.
Valores inferiores ao nível TEL
Valores entre níveis TEL e PEL
Valores superiores ao nível PEL
- Legislação atual: CONAMA 344/2004
 TEL (nível 1): 1,19 µg/kg
 PEL (nível 2): 4,77 µg/kg

Fonte: Dados dos Relatórios de Qualidade das Águas Interiores da CETESB 11, 15, 16, 28 a 18 no período de 2002 a 2010.

Gráfico 99 – Superfície tridimensional dos resultados de pesticidas organoclorados – DDE em sedimento no período de 2002 a 2010

Gráfico 100 – Contorno delineado dos resultados de pesticidas organoclorados – DDE em sedimento no período de 2002 a 2010

Tabela 52 – Valores anuais de concentrações de pesticidas organoclorados – DDE em sedimento do período de 2002 a 2010 (µg/kg)

Nascente	Código Ponto CETESB	Código Diagrama Unifilar	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Alto Tietê (Região Metropolitana de São Paulo)	TIET 02050 <i>Rio Tietê - Biritiba Mirim</i>	S-1	ND	< 2,50 !	ND	< 2,50 !	–	–	–	–	–
	TIET 04160 <i>Rio Tietê - Guarulhos</i>	S-2	–	–	–	–	–	–	< 62,50 ✖	4,59 !	4,99 !
	PINH 09100 <i>Rio Pinheiros</i>	S-I-1	ND	–	–	–	–	–	–	–	–
	COTI 03840 <i>Rio Cotia</i>	S-II-1	–	–	–	–	< 2,50 !	–	–	–	–
	CRIS 03400 <i>Ribeirão dos Cristais</i>	S-III-1	–	ND	ND	–	–	–	–	–	–
	TUPI 04850 <i>Reservatório de Pirapora</i>	S-3	–	–	ND	–	–	< 5,75 !	6,12 !	5,18 !	1,62 !
	JUNA 04900 <i>Rio Jundiá</i>	S-IV-1	–	–	–	–	< 2,50 !	–	–	–	–
	SORO 02700 <i>Rio Sorocaba</i>	S-V-1	–	< 2,50 !	ND	–	–	–	–	–	–
	TIBB 02100 <i>Reservatório de Barra Bonita</i>	S-4	–	< 2,50 !	–	< 2,50 !	–	–	–	–	–
	TIBB 02900 <i>Reservatório de Barra Bonita</i>	S-5	–	–	–	–	< 2,50 !	< 5,75 !	–	–	–
	TIBA 02800 <i>Reservatório de Bariri</i>	S-6	–	–	–	–	< 2,50 !	< 2,50 !	–	–	–
	TIBI 02900 <i>Reservatório de Ibitinga</i>	S-7	–	–	–	–	–	–	< 2,50 !	–	–
	TIPR 02800 <i>Reservatório de Promissão</i>	S-8	–	–	–	–	–	< 5,75 !	–	–	4,23 !
	TITR 02100 <i>Reservatório Três Irmãos</i>	S-9	–	–	–	< 2,50 !	11,20 ✖	20,80 ✖	14,90 ✖	32,20 ✖	–

Legenda:

Rio Tietê
Rios afluentes
 – : Dados inexistentes nos relatórios pesquisados.
 < : Valores inferiores aos limites de quantificação das metodologias utilizadas pelo laboratório.
 ND: Valores não detectados nas condições dos ensaios.
Valores inferiores ao nível TEL
Valores entre níveis TEL e PEL
Valores superiores ao nível PEL
 Legislação atual: CONAMA 344/2004
 TEL (nível 1): 1,42 mg/kg
 PEL (nível 2): 6,75 mg/kg

Fonte: Dados dos Relatórios de Qualidade das Águas Interiores da CETESB^{11, 15, 16, 28 a 18} no período de 2002 a 2010.

Gráfico 101 – Superfície tridimensional dos resultados de pesticidas organoclorados – Endosulfan I em sedimento no período de 2002 a 2010

Gráfico 102 – Contorno delineado dos resultados de pesticidas organoclorados – Endosulfan I em sedimento no período de 2002 a 2010

Tabela 53 – Valores anuais de concentrações de pesticidas organoclorados – Endosulfan I em sedimento do período de 2002 a 2010 (µg/kg)

Nascente	Código Ponto CETESB	Código Diagrama Unifilar	2002	2003*	2004*	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Alto Tietê (Região Metropolitana de São Paulo)	<i>TIET 02050</i> <i>Rio Tietê - Biritiba Mirim</i>	S-1	–	–	ND	< 5,00	–	–	–	–	–
	<i>TIET 04160</i> <i>Rio Tietê - Guarulhos</i>	S-2	–	–	–	–	–	–	< 125,00	< 5,75	< 14,30
	PINH 09100 Rio Pinheiros	S-I-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	COTI 03840 Rio Cotia	S-II-1	–	–	–	–	< 5,00	–	–	–	–
	CRIS 03400 Ribeirão dos Cristais	S-III-1	–	–	ND	–	–	–	–	–	–
	<i>TUPI 04850</i> <i>Reservatório de Pirapora</i>	S-3	–	–	ND	–	–	< 11,50	< 10,00	< 11,40	< 14,30
	JUNA 04900 Rio Jundiá	S-IV-1	–	–	–	–	< 5,00	–	–	–	–
	SORO 02700 Rio Sorocaba	S-V-1	–	–	ND	–	–	–	–	–	–
	<i>TIBB 02100</i> <i>Reservatório de Barra Bonita</i>	S-4	–	ND	–	< 5,00	–	–	–	–	–
	<i>TIBB 02900</i> <i>Reservatório de Barra Bonita</i>	S-5	–	–	–	–	< 5,00	< 11,50	–	–	–
Baixo Tietê	<i>TIBA 02800</i> <i>Reservatório de Bariri</i>	S-6	–	–	–	–	< 5,00	< 5,00	–	–	–
	<i>TIBI 02900</i> <i>Reservatório de Ibitinga</i>	S-7	–	–	–	–	–	–	< 5,00	–	–
	<i>TIPR 02800</i> <i>Reservatório de Promissão</i>	S-8	–	–	–	–	–	< 11,50	–	–	< 12,50
	<i>TITR 02100</i> <i>Reservatório Três Irmãos</i>	S-9	–	–	–	< 5,00	< 11,40	< 22,90	< 5,00	< 5,71	–

Legenda:

* : Dados de 2003 a 2004 referem-se ao parâmetro Endosulfan total.
 – : Dados inexistentes nos relatórios pesquisados.
 < : Valores inferiores aos limites de quantificação das metodologias utilizadas pelo laboratório.
 ND: Valores não detectados nas condições dos ensaios.

Legislação atual: CONAMA 344/2004

TEL (nível 1): indefinido

PEL (nível 2):

indefinido

Fonte: Dados dos Relatórios de Qualidade das Águas Interiores da CETESB^{11, 15, 16, 28 a 18} no período de 2002 a 2010.

Tabela 54 – Valores anuais de concentrações de pesticidas organoclorados – Endosulfan II em sedimento do período de 2002 a 2010 (µg/kg)

Nascente	Código Ponto CETESB	Código Diagrama Unifilar	2002	2003*	2004*	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Alto Tietê (Região Metropolitana de São Paulo)	TIET 02050 <i>Rio Tietê - Biritiba Mirim</i>	S-1	–	–	ND	< 5,00	–	–	–	–	–
	TIET 04160 <i>Rio Tietê - Guarulhos</i>	S-2	–	–	–	–	–	–	< 125,00	< 5,75	< 14,30
	PINH 09100 <i>Rio Pinheiros</i>	S-I-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	COTI 03840 <i>Rio Cotia</i>	S-II-1	–	–	–	–	< 5,00	–	–	–	–
	CRIS 03400 <i>Ribeirão dos Cristais</i>	S-III-1	–	–	ND	–	–	–	–	–	–
	TIPI 04850 <i>Reservatório de Pirapora</i>	S-3	–	–	ND	–	–	< 11,50	< 10,00	< 11,40	< 14,30
	JUNA 04900 <i>Rio Jundiá</i>	S-IV-1	–	–	–	–	< 5,00	–	–	–	–
	SORO 02700 <i>Rio Sorocaba</i>	S-V-1	–	–	ND	–	–	–	–	–	–
	TIBB 02100 <i>Reservatório de Barra Bonita</i>	S-4	–	ND	–	< 5,00	–	–	–	–	–
	TIBB 02900 <i>Reservatório de Barra Bonita</i>	S-5	–	–	–	–	< 5,00	< 11,50	–	–	–
Médio Tietê	TIBA 02800 <i>Reservatório de Bariri</i>	S-6	–	–	–	–	< 5,00	< 5,00	–	–	–
	TIBI 02900 <i>Reservatório de Ibitinga</i>	S-7	–	–	–	–	–	–	< 5,00	–	–
	TIPR 02800 <i>Reservatório de Promissão</i>	S-8	–	–	–	–	–	< 11,50	–	–	< 12,50
	TITR 02100 <i>Reservatório Três Irmãos</i>	S-9	–	–	–	< 5,00	< 11,40	< 22,90	< 5,00	< 5,71	–
Baixo Tietê											

Legenda:

Rio Tietê
 * : Dados de 2003 a 2004 referem-se ao parâmetro Endosulfan total.
 – : Dados inexistentes nos relatórios pesquisados.
 < : Valores inferiores aos limites de quantificação das metodologias utilizadas pelo laboratório.
 ND: Valores não detectados nas condições dos ensaios.

Legislação atual: CONAMA 344/2004

TEL (nível 1): indefinido

PEL (nível 2):

indefinido

Fonte: Dados dos Relatórios de Qualidade das Águas Interiores da CETESB^{11, 15, 16, 28 a 18} no período de 2002 a 2010.

Gráfico 105 – Superfície tridimensional dos resultados de pesticidas organoclorados – Endosulfan Sulfato em sedimento no período de 2002 a 2010

Gráfico 106 – Contorno delineado dos resultados de pesticidas organoclorados – Endosulfan Sulfato em sedimento no período de 2002 a 2010

Tabela 55 – Valores anuais de concentrações de pesticidas organoclorados – Endosulfan Sulfato em sedimento do período de 2002 a 2010 (µg/kg)

Nascente	Código Ponto CETESB	Código Diagrama Unifilar	2002	2003*	2004*	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Alto Tietê (Região Metropolitana de São Paulo)	<i>TIET 02050</i> <i>Rio Tietê - Biritiba Mirim</i>	S-1	–	–	ND	< 5,00	–	–	–	–	–
	<i>TIET 04160</i> <i>Rio Tietê - Guarulhos</i>	S-2	–	–	–	–	–	–	< 125,00	< 5,75	< 14,30
	<i>PINH 09100</i> <i>Rio Pinheiros</i>	S-I-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>COTI 03840</i> <i>Rio Cotia</i>	S-II-1	–	–	–	–	< 5,00	–	–	–	–
	<i>CRIS 03400</i> <i>Ribeirão dos Cristais</i>	S-III-1	–	–	ND	–	–	–	–	–	–
	<i>TIPI 04850</i> <i>Reservatório de Pirapora</i>	S-3	–	–	ND	–	–	< 11,50	< 10,00	< 11,40	< 14,30
	<i>JUNA 04900</i> <i>Rio Jundiá</i>	S-IV-1	–	–	–	–	< 5,00	–	–	–	–
	<i>SORO 02700</i> <i>Rio Sorocaba</i>	S-V-1	–	–	ND	–	–	–	–	–	–
	<i>TIBB 02100</i> <i>Reservatório de Barra Bonita</i>	S-4	–	ND	–	< 5,00	–	–	–	–	–
	<i>TIBB 02900</i> <i>Reservatório de Barra Bonita</i>	S-5	–	–	–	–	< 5,00	< 11,50	–	–	–
Baixo Tietê	<i>TIBA 02800</i> <i>Reservatório de Bariri</i>	S-6	–	–	–	–	< 5,00	< 5,00	–	–	–
	<i>TIBI 02900</i> <i>Reservatório de Ibitinga</i>	S-7	–	–	–	–	–	–	< 5,00	–	–
	<i>TIPR 02800</i> <i>Reservatório de Promissão</i>	S-8	–	–	–	–	–	< 11,50	–	–	< 12,50
	<i>TITR 02100</i> <i>Reservatório Três Irmãos</i>	S-9	–	–	–	< 5,00	< 11,40	< 22,90	< 5,00	< 5,71	–

Legenda:

Rio Tietê Rios afluentes

* : Dados de 2003 a 2004 referem-se ao parâmetro Endosulfan total.

– : Dados inexistentes nos relatórios pesquisados.

< : Valores inferiores aos limites de quantificação das metodologias utilizadas pelo laboratório.

ND: Valores não detectados nas condições dos ensaios.

Legislação atual: CONAMA 344/2004

TEL (nível 1): indefinido

PEL (nível 2):

indefinido

Fonte: Dados dos Relatórios de Qualidade das Águas Interiores da CETESB^{11, 15, 16, 28 a 18} no período de 2002 a 2010.

Gráfico 107 – Superfície tridimensional dos resultados de pesticidas organoclorados – Endrin em sedimento no período de 2002 a 2010

Gráfico 108 – Superfície tridimensional dos resultados de pesticidas organoclorados – Endrin em sedimento no período de 2002 a 2010

Tabela 56 – Valores anuais de concentrações de pesticidas organoclorados – Endrin em sedimento do período de 2002 a 2010 (µg/kg)

Nascente	Código Ponto CETESB	Código Diagrama Unifilar	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Alto Tietê (Região Metropolitana de São Paulo)	<i>TIET 02050</i> <i>Rio Tietê - Biritiba Mirim</i>	S-1	ND	ND	ND	< 3,75 !	–	–	–	–	–
	<i>TIET 04160</i> <i>Rio Tietê - Guarulhos</i>	S-2	–	–	–	–	–	–	< 93,80 ✖	< 1,15 ✔	< 2,85 !
	<i>PINH 09100</i> <i>Rio Pinheiros</i>	S-I-1	ND	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>COTI 03840</i> <i>Rio Cotia</i>	S-II-1	–	–	–	–	< 3,75 !	–	–	–	–
	<i>CRIS 03400</i> <i>Ribeirão dos Cristais</i>	S-III-1	–	ND	ND	–	–	–	–	–	–
	<i>TUPI 04850</i> <i>Reservatório de Pirapora</i>	S-3	–	–	ND	–	–	< 8,63 !	< 7,50 !	< 2,28 ✔	< 2,85 !
	<i>JUNA 04900</i> <i>Rio Jundiá</i>	S-IV-1	–	–	–	–	< 3,75 !	–	–	–	–
	<i>SORO 02700</i> <i>Rio Sorocaba</i>	S-V-1	–	ND	ND	–	–	–	–	–	–
	<i>TIBB 02100</i> <i>Reservatório de Barra Bonita</i>	S-4	–	ND	–	< 3,75 !	–	–	–	–	–
	<i>TIBB 02900</i> <i>Reservatório de Barra Bonita</i>	S-5	–	–	–	–	< 3,75 !	< 8,63 !	–	–	–
Médio Tietê	<i>TIBA 02800</i> <i>Reservatório de Bariri</i>	S-6	–	–	–	–	< 3,75 !	< 3,75 !	–	–	–
	<i>TIBI 02900</i> <i>Reservatório de Ibitinga</i>	S-7	–	–	–	–	–	–	< 3,75 !	–	–
	<i>TIPR 02800</i> <i>Reservatório de Promissão</i>	S-8	–	–	–	–	–	< 8,63 !	–	–	< 2,50 ✔
	<i>TITR 02100</i> <i>Reservatório Três Irmãos</i>	S-9	–	–	–	< 3,75 !	< 8,57 !	< 17,10 !	< 3,75 !	< 1,14 ✔	–
Baixo Tietê											

Legenda:

- : Rio Tietê
 – : Rios afluentes
 – : Dados inexistentes nos relatórios pesquisados.
 < : Valores inferiores aos limites de quantificação das metodologias utilizadas pelo laboratório.
 ND: Valores não detectados nas condições dos ensaios.
 ✔ Valores inferiores ao nível TEL
 ! Valores entre níveis TEL e PEL
 ✖ Valores superiores ao nível PEL

Legislação atual: CONAMA 344/2004

TEL (nível 1):

2,67 µg/kg

PEL (nível 2):

62,4 µg/kg

Fonte: Dados dos Relatórios de Qualidade das Águas Interiores da CETESB^{11, 15, 16, 28 a 18} no período de 2002 a 2010.

Gráfico 109 – Superfície tridimensional dos resultados de pesticidas organoclorados – Heptacloro em sedimento no período de 2002 a 2010

Gráfico 110 – Superfície tridimensional dos resultados de pesticidas organoclorados – Heptacloro em sedimento no período de 2002 a 2010

Tabela 57 – Valores anuais de concentrações de pesticidas organoclorados – Heptacloro em sedimento do período de 2002 a 2010 (µg/kg)

Nascente	Código Ponto CETESB	Código Diagrama Unifilar	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Alto Tietê (Região Metropolitana de São Paulo)	TIET 02050	S-1	ND	ND	ND	< 1,25 !	–	–	–	–	–
	Rio Tietê - Biritiba Mirim										
	TIET 04160	S-2	–	–	–	–	–	–	< 31,30 ✖	< 1,44 !	< 1,44 !
	Rio Tietê - Guarulhos										
	PINH 09100	S-I-1	ND	–	–	–	–	–	–	–	–
	Rio Pinheiros	S-II-1	–	–	–	–	< 1,25 !	–	–	–	–
	COTI 03840										
	Rio Cotia	S-III-1	–	ND	ND	–	–	–	–	–	–
	CRIS 03400										
	Ribeirão dos Cristais	S-3	–	–	ND	–	–	< 2,88 !	< 2,50 !	< 2,84 !	< 1,44 !
	TIPI 04850										
	Reservatório de Pirapora										
	JUNA 04900	S-IV-1	–	–	–	–	< 1,25 !	–	–	–	–
	Rio Jundiá	S-V-1	–	ND	ND	–	–	–	–	–	–
	SORO 02700										
	Rio Sorocaba										
	TIBB 02100	S-4	–	ND	–	< 1,25 !	–	–	–	–	–
	Reservatório de Barra Bonita										
Médio Tietê	TIBB 02900	S-5	–	–	–	–	< 1,25 !	< 2,88 !	–	–	–
	Reservatório de Barra Bonita										
	TIBA 02800	S-6	–	–	–	–	< 1,25 !	< 1,25 !	–	–	–
	Reservatório de Bariri										
	TIBI 02900	S-7	–	–	–	–	–	< 1,25 !	–	–	–
	Reservatório de Ibitinga										
	TIPR 02800	S-8	–	–	–	–	–	< 2,88 !	–	–	< 3,13 !
	Reservatório de Promissão										
	TITR 02100	S-9	–	–	–	< 1,25 !	< 2,86 !	< 5,71 !	< 1,25 !	< 1,43 !	–
	Reservatório Três Irmãos										
Baixo Tietê											

Legenda:

- Rio Tietê Rios afluentes
 – : Dados inexistentes nos relatórios pesquisados.
 < : Valores inferiores aos limites de quantificação das metodologias utilizadas pelo laboratório.
 ND: Valores não detectados nas condições dos ensaios.
 ✓ Valores inferiores ao nível TEL ! Valores entre níveis TEL e PEL ✖ Valores superiores ao nível PEL
 Legislação atual: CONAMA 344/2004 TEL (nível 1): 0,30 µg/kg PEL (nível 2): 10,00 µg/kg

Fonte: Dados dos Relatórios de Qualidade das Águas Interiores da CETESB^{11, 15, 16, 28 a 18} no período de 2002 a 2010.

Gráfico 111 – Superfície tridimensional dos resultados de pesticidas organoclorados – Heptacloro epóxido em sedimento no período de 2002 a 2010

Gráfico 112 – Superfície tridimensional dos resultados de pesticidas organoclorados – Heptacloro epóxido em sedimento no período de 2002 a 2010

Tabela 58 – Valores anuais de concentrações de pesticidas organoclorados – Heptacloro epóxido em sedimento do período de 2002 a 2010 (µg/kg)

Nascente	Código Ponto CETESB	Código Diagrama Unifilar	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Alto Tietê (Região Metropolitana de São Paulo)	<i>TIET 02050</i>	S-1	ND	ND	ND	< 1,25 !	–	–	–	–	–
	<i>Rio Tietê - Biritiba Mirim</i>										
	<i>TIET 04160</i>	S-2	–	–	–	–	–	–	< 31,30 ✖	< 1,44 !	< 3,56 ✖
	<i>Rio Tietê - Guarulhos</i>										
	<i>PINH 09100</i>	S-I-1	ND	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Rio Pinheiros</i>	S-II-1	–	–	–	–	< 1,25 !	–	–	–	–
	<i>COTI 03840</i>										
	<i>Rio Cotia</i>	S-III-1	–	ND	ND	–	–	–	–	–	–
	<i>CRIS 03400</i>										
	<i>Ribeirão dos Cristais</i>										
Médio Tietê	<i>TUPI 04850</i>	S-3	–	–	ND	–	–	< 2,88 ✖	< 2,50 !	< 2,84 ✖	< 3,56 ✖
	<i>Reservatório de Pirapora</i>										
	<i>JUNA 04900</i>	S-IV-1	–	–	–	–	< 1,25 !	–	–	–	–
	<i>Rio Jundiá</i>										
	<i>SORO 02700</i>	S-V-1	–	ND	ND	–	–	–	–	–	–
	<i>Rio Sorocaba</i>										
	<i>TIBB 02100</i>	S-4	–	ND	–	< 1,25 !	–	–	–	–	–
	<i>Reservatório de Barra Bonita</i>										
	<i>TIBB 02900</i>	S-5	–	–	–	–	< 1,25 !	< 2,88 ✖	–	–	–
	<i>Reservatório de Barra Bonita</i>										
Baixo Tietê	<i>TIBA 02800</i>	S-6	–	–	–	–	< 1,25 !	< 1,25 !	–	–	–
	<i>Reservatório de Bariri</i>										
	<i>TIBI 02900</i>	S-7	–	–	–	–	–	–	< 1,25 !	–	–
	<i>Reservatório de Ibitinga</i>										
	<i>TIPR 02800</i>	S-8	–	–	–	–	–	< 2,88 ✖	–	–	< 3,13 ✖
	<i>Reservatório de Promissão</i>										
	<i>TITR 02100</i>	S-9	–	–	–	< 1,25 !	< 2,86 ✖	< 5,71 ✖	< 1,25 !	< 1,43 !	–
	<i>Reservatório Três Irmãos</i>										

Legenda:

- Rio Tietê
Rios afluentes
 – : Dados inexistentes nos relatórios pesquisados.
 < : Valores inferiores aos limites de quantificação das metodologias utilizadas pelo laboratório.
 ND: Valores não detectados nas condições dos ensaios.
Valores inferiores ao nível TEL
Valores entre níveis TEL e PEL
Valores superiores ao nível PEL
- Legislação atual: CONAMA 344/2004
 TEL (nível 1): 0,60 µg/kg
 PEL (nível 2): 2,74 µg/kg

Fonte: Dados dos Relatórios de Qualidade das Águas Interiores da CETESB 11, 15, 16, 28 a 18 no período de 2002 a 2010.

Gráfico 113 – Superfície tridimensional dos resultados de pesticidas organoclorados – Hexaclorobenzeno em sedimento no período de 2002 a 2010

Gráfico 114 – Contorno delineado dos resultados de pesticidas organoclorados – Hexaclorobenzeno em sedimento no período de 2002 a 2010

Tabela 59 – Valores anuais de concentrações de pesticidas organoclorados – Hexaclorobenzeno em sedimento do período de 2002 a 2010 (µg/kg)

Nascente	Código Ponto CETESB	Código Diagrama Unifilar	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Alto Tietê (Região Metropolitana de São Paulo)	<i>TIET 02050</i>	S-1	–	–	ND	< 0,50	–	–	–	–	–
	<i>Rio Tietê - Biritiba Mirim</i>										
	<i>TIET 04160</i>	S-2	–	–	–	–	–	–	< 12,50	< 0,86	< 0,86
	<i>Rio Tietê - Guarulhos</i>										
	<i>PINH 09100</i>	S-I-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Rio Pinheiros</i>										
	<i>COTI 03840</i>	S-II-1	–	–	–	–	< 0,50	–	–	–	–
	<i>Rio Cotia</i>										
	<i>CRIS 03400</i>	S-III-1	–	–	ND	–	–	–	–	–	–
	<i>Ribeirão dos Cristais</i>										
	<i>TIPI 04850</i>	S-3	–	–	ND	–	–	< 1,15	< 1,00	< 1,71	< 0,86
	<i>Reservatório de Pirapora</i>										
	<i>JUNA 04900</i>	S-IV-1	–	–	–	–	< 0,50	–	–	–	–
	<i>Rio Jundiá</i>										
	<i>SORO 02700</i>	S-V-1	–	–	2,46	–	–	–	–	–	–
	<i>Rio Sorocaba</i>										
Médio Tietê	<i>TIBB 02100</i>	S-4	–	< 0,50	–	< 0,50	–	–	–	–	–
	<i>Reservatório de Barra Bonita</i>										
	<i>TIBB 02900</i>	S-5	–	–	–	–	< 0,50	< 1,15	–	–	–
	<i>Reservatório de Barra Bonita</i>										
	<i>TIBA 02800</i>	S-6	–	–	–	–	< 0,50	< 0,50	–	–	–
Baixo Tietê	<i>Reservatório de Bariri</i>										
	<i>TIBI 02900</i>	S-7	–	–	–	–	–	–	< 0,50	–	–
	<i>Reservatório de Ibitinga</i>										
	<i>TIPR 02800</i>	S-8	–	–	–	–	–	< 1,15	–	–	< 1,88
	<i>Reservatório de Promissão</i>										
	<i>TITR 02100</i>	S-9	–	–	–	< 0,50	< 1,14	< 2,28	< 0,50	< 0,86	–
	<i>Reservatório Três Irmãos</i>										

Legenda:

Rio Tietê
Rios afluentes
 – : Dados inexistentes nos relatórios pesquisados.
 < : Valores inferiores aos limites de quantificação das metodologias utilizadas pelo laboratório.
 ND: Valores não detectados nas condições dos ensaios.

Legislação atual: CONAMA 344/2004

TEL (nível 1): indefinido

PEL (nível 2):

indefinido

Fonte: Dados dos Relatórios de Qualidade das Águas Interiores da CETESB^{11, 15, 16, 28 a 18} no período de 2002 a 2010.

Gráfico 115 – Superfície tridimensional dos resultados de pesticidas organoclorados – Metoxicloro em sedimento no período de 2002 a 2010

Gráfico 116 – Contorno delineado dos resultados de pesticidas organoclorados – Metoxicloro em sedimento no período de 2002 a 2010

Tabela 60 – Valores anuais de concentrações de pesticidas organoclorados – Metoxicloro em sedimento do período de 2002 a 2010 (µg/kg)

Nascente	Código Ponto CETESB	Código Diagrama Unifilar	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Alto Tietê (Região Metropolitana de São Paulo)	<i>TIET 02050</i>	S-1	–	–	ND	< 2,50	–	–	–	–	–
	<i>Rio Tietê - Biritiba Mirim</i>										
	<i>TIET 04160</i>	S-2	–	–	–	–	–	–	< 62,50	17,50	< 7,13
	<i>Rio Tietê - Guarulhos</i>										
	<i>PINH 09100</i>	S-I-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Rio Pinheiros</i>										
	<i>COTI 03840</i>	S-II-1	–	–	–	–	< 2,50	–	–	–	–
	<i>Rio Cotia</i>										
	<i>CRIS 03400</i>	S-III-1	–	–	ND	–	–	–	–	–	–
	<i>Ribeirão dos Cristais</i>										
	<i>TIPI 04850</i>	S-3	–	–	ND	–	–	< 5,75	< 5,00	< 5,69	< 7,13
	<i>Reservatório de Pirapora</i>										
	<i>JUNA 04900</i>	S-IV-1	–	–	–	–	< 2,50	–	–	–	–
	<i>Rio Jundiá</i>										
Médio Tietê	<i>SORO 02700</i>	S-V-1	–	–	ND	–	–	–	–	–	–
	<i>Rio Sorocaba</i>										
	<i>TIBB 02100</i>	S-4	–	–	–	< 2,50	–	–	–	–	–
	<i>Reservatório de Barra Bonita</i>										
	<i>TIBB 02900</i>	S-5	–	–	–	–	< 2,50	< 5,75	–	–	–
Baixo Tietê	<i>Reservatório de Barra Bonita</i>										
	<i>TIBA 02800</i>	S-6	–	–	–	–	< 2,50	< 2,50	–	–	–
	<i>Reservatório de Bariri</i>										
	<i>TIBI 02900</i>	S-7	–	–	–	–	–	–	< 2,50	–	–
	<i>Reservatório de Ibitinga</i>										
	<i>TIPR 02800</i>	S-8	–	–	–	–	–	< 5,75	–	–	< 6,25
	<i>Reservatório de Promissão</i>										
	<i>TITR 02100</i>	S-9	–	–	–	< 2,50	< 5,71	< 11,40	< 2,50	< 2,86	–
	<i>Reservatório Três Irmãos</i>										

Legenda:

Rio Tietê
Rios afluentes
 – : Dados inexistentes nos relatórios pesquisados.
 < : Valores inferiores aos limites de quantificação das metodologias utilizadas pelo laboratório.
 ND: Valores não detectados nas condições dos ensaios.

Legislação atual: CONAMA 344/2004

TEL (nível 1): indefinido

PEL (nível 2):

indefinido

Fonte: Dados dos Relatórios de Qualidade das Águas Interiores da CETESB^{11, 15, 16, 28 a 18} no período de 2002 a 2010.

Gráfico 117 – Superfície tridimensional dos resultados de pesticidas organoclorados – Mirex em sedimento no período de 2002 a 2010

Gráfico 118 – Contorno delineado dos resultados de pesticidas organoclorados – Mirex em sedimento no período de 2002 a 2010

Tabela 61 – Valores anuais de concentrações de pesticidas organoclorados – Mirex em sedimento do período de 2002 a 2010 (µg/kg)

Nascente	Código Ponto CETESB	Código Diagrama Unifilar	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Alto Tietê (Região Metropolitana de São Paulo)	TIET 02050	S-1	–	–	ND	< 2,50 ✓	–	–	–	–	–
	Rio Tietê - Biritiba Mirim										
	TIET 04160	S-2	–	–	–	–	–	–	< 62,50 !	< 0,58 ✓	< 0,58 ✓
	Rio Tietê - Guarulhos										
	PINH 09100	S-I-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	Rio Pinheiros										
	COTI 03840	S-II-1	–	–	–	–	< 2,50 ✓	–	–	–	–
	Rio Cotia										
	CRIS 03400	S-III-1	–	–	ND	–	–	–	–	–	–
	Ribeirão dos Cristais										
Médio Tietê	TIPI 04850	S-3	–	–	ND	–	–	< 5,75 ✓	< 5,00 ✓	< 1,14 ✓	< 0,58 ✓
	Reservatório de Pirapora										
	JUNA 04900	S-IV-1	–	–	–	–	< 2,50 ✓	–	–	–	–
	Rio Jundiá										
	SORO 02700	S-V-1	–	–	ND	–	–	–	–	–	–
	Rio Sorocaba										
	TIBB 02100	S-4	–	–	–	< 2,50 ✓	–	–	–	–	–
	Reservatório de Barra Bonita										
	TIBB 02900	S-5	–	–	–	–	< 2,50 ✓	< 5,75 ✓	–	–	–
	Reservatório de Barra Bonita										
Baixo Tietê	TIBA 02800	S-6	–	–	–	–	< 2,50 ✓	< 2,50 ✓	–	–	–
	Reservatório de Bariri										
	TIBI 02900	S-7	–	–	–	–	–	< 2,50 ✓	–	–	–
	Reservatório de Ibitinga										
	TIPR 02800	S-8	–	–	–	–	–	< 5,75 ✓	–	–	< 1,25 ✓
	Reservatório de Promissão										
	TITR 02100	S-9	–	–	–	< 2,50 ✓	< 5,71 ✓	< 11,40 !	< 2,50 ✓	< 0,57 ✓	–
	Reservatório Três Irmãos										

Legenda: Rio Tietê Rios afluentes

– : Dados inexistentes nos relatórios pesquisados.

< : Valores inferiores aos limites de quantificação das metodologias utilizadas pelo laboratório.

ND: Valores não detectados nas condições dos ensaios.

✓ Valores inferiores ao nível TEL

! Valores entre níveis TEL e PEL

✗ Valores superiores ao nível PEL

Legislação atual: CONAMA 344/2004

TEL (nível 1): 7 µg/kg

PEL (nível 2): 1300 µg/kg

Fonte: Dados dos Relatórios de Qualidade das Águas Interiores da CETESB^{11, 15, 16, 28 a 18} no período de 2002 a 2010.

Gráfico 119 – Superfície tridimensional dos resultados de pesticidas organoclorados – Toxafeno em sedimento no período de 2002 a 2010

Gráfico 120 – Contorno delineado dos resultados de pesticidas organoclorados – Toxafeno em sedimento no período de 2002 a 2010

Tabela 62 – Valores anuais de concentrações de pesticidas organoclorados – Toxafeno em sedimento do período de 2002 a 2010 (µg/kg)

Nascente	Código Ponto CETESB	Código Diagrama Unifilar	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Alto Tietê (Região Metropolitana de São Paulo)	TIET 02050 <i>Rio Tietê - Biritiba Mirim</i>	S-1	–	–	ND	< 50,00	–	–	–	–	–
	TIET 04160 <i>Rio Tietê - Guarulhos</i>	S-2	–	–	–	–	–	–	< 125,00	< 115,00	< 115,00
	PINH 09100 <i>Rio Pinheiros</i>	S-I-1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	COTI 03840 <i>Rio Cotia</i>	S-II-1	–	–	–	–	< 50,00	–	–	–	–
	CRIS 03400 <i>Ribeirão dos Cristais</i>	S-III-1	–	–	ND	–	–	–	–	–	–
	TUPI 04850 <i>Reservatório de Pirapora</i>	S-3	–	–	ND	–	–	< 115,00	< 100,00	< 228,00	< 115,00
	JUNA 04900 <i>Rio Jundiá</i>	S-IV-1	–	–	–	–	< 50,00	–	–	–	–
	SORO 02700 <i>Rio Sorocaba</i>	S-V-1	–	–	ND	–	–	–	–	–	–
	TIBB 02100 <i>Reservatório de Barra Bonita</i>	S-4	–	–	–	< 50,00	–	–	–	–	–
	TIBB 02900 <i>Reservatório de Barra Bonita</i>	S-5	–	–	–	–	< 50,00	< 115,00	–	–	–
Médio Tietê	TIBA 02800 <i>Reservatório de Bariri</i>	S-6	–	–	–	–	< 50,00	< 50,00	–	–	–
	TIBI 02900 <i>Reservatório de Ibitinga</i>	S-7	–	–	–	–	–	–	< 50,00	–	–
	TIPR 02800 <i>Reservatório de Promissão</i>	S-8	–	–	–	–	–	< 115,00	–	< 114,00	< 250,00
	TITR 02100 <i>Reservatório Três Irmãos</i>	S-9	–	–	–	< 50,00	< 114,00	< 228,00	< 50,00	< 114,00	–

Legenda:

Rio Tietê
Rios afluentes
 – : Dados inexistentes nos relatórios pesquisados.
 < : Valores inferiores aos limites de quantificação das metodologias utilizadas pelo laboratório.
 ND: Valores não detectados nas condições dos ensaios.

Legislação atual: CONAMA 344/2004

TEL (nível 1): indefinido

PEL (nível 2): indefinido

Fonte: Dados dos Relatórios de Qualidade das Águas Interiores da CETESB^{11, 15, 16, 28 a 18} no período de 2002 a 2010.

5.3.3. Considerações

Considerando que os dados disponíveis para o compartimento água referem-se a apenas um ponto de monitoramento, com coletas realizadas em 2007 e 2008, não há como avaliar os resultados ou tendências de forma representativa.

Não é possível estabelecer correlação entre os compartimentos água e sedimento, devido à inexistência de dados relativos a pesticidas organoclorados em outros pontos do compartimento água em toda série histórica do monitoramento da qualidade das águas superficiais operado pela CETESB.

O monitoramento de pesticidas organoclorados em água é realizado pela CETESB somente em casos emergenciais e de suspeitas de contaminação, devido à elevada solubilidade dos compostos orgânicos em ambiente aquático, segundo relatos de especialistas dos laboratórios. Dada a tendência de adsorção do composto em partículas sólidas e de possibilitar avaliar a acumulação histórica de poluentes oriundos de fontes pontuais e difusas, o monitoramento é realizado preferencialmente no compartimento sedimento.

5.4. Resultados das bifenilas policloradas (PCB)

Bifenila policlorada, é o nome genérico atribuído à classe de compostos organoclorados com alta estabilidade química, resistência ao fogo, capacidade de troca de calor e de difícil degradação pela insolubilidade em água, por sua característica oleosa, que resulta da reação do grupo bifenila com cloro anidro em presença de catalisador. Utiliza-se o composto no setor elétrico-eletrônico, em transformadores, capacitores e trocadores de calor e como aditivos na formulação de plastificantes, tintas, adesivos e pesticidas.

O ambiente pode ser contaminado pelo PCB por intermédio de acidente ou perda no manuseio, ou por fluidos contendo o composto,

vaporização de componentes contaminados, vazamentos em transformadores, capacitores ou trocadores de calor, armazenamento irregular de resíduo contaminado, emissões atmosféricas oriundas da incineração de plásticos, resíduos, combustíveis, florestas e cana-de-açúcar, e lançamento de efluentes industriais nos rios e lagos.

Os compostos PCB fazem parte da lista dos poluentes orgânicos persistentes da Convenção de Estocolmo, são tóxicos, persistentes no meio ambiente e tendem a bioacumular no sedimento, contaminar a biota aquática, entrar na cadeia alimentar e ocorrer acúmulo do contaminante por rápida absorção nos tecidos dos organismos vivos. Os seres humanos estão sujeitos a risco de exposição por ingestão, respiração e absorção por contato direto com água, alimento ou sedimento contaminados. Hiper pigmentação, problemas oculares e aumento do índice de mortalidade por câncer no fígado e vesícula biliar já foram observados em casos de exposições acidentais ou ocupacionais^{51, 71, 77, 89}.

5.4.1. Bifenilas policloradas (PCB) no compartimento água

Os dados secundários disponíveis para bifenilas policloradas (PCB) monitorados pela CETESB são somente para o compartimento sedimento, devido à característica oleosa do composto, que tem tendência de adsorção nesse compartimento e permite avaliar a acumulação histórica desses poluentes oriundos de fontes pontuais ou difusas. O monitoramento em água é realizado eventualmente em casos de vazamentos ou lançamentos pontuais do composto.

5.4.2. Bifenilas policloradas (PCB) no compartimento sedimento

Os resultados apresentados para o comportamento das concentrações de bifenilas policloradas (PCB) no compartimento sedimento, do período de 2002 a 2010, está demonstrado nas ilustrações do Gráfico 121 ao Gráfico 134.

Os valores anuais para PCB estão apresentados da Tabela 63 à Tabela 69, sendo que de 2002 a 2006 os dados referem-se ao parâmetro PCB totais. A partir de 2007 o laboratório passou a analisar os PCB congêneres 28, 52, 101, 118, 138, 153 e 180, que, dos 209 congêneres, são os sete indicadores de contaminação mais tóxicos, de maior facilidade analítica e mais abundantes nas misturas comerciais existentes, para a mistura denominada Aroclor.

Em todas as tabelas são encontrados valores com a nomenclatura “<”, que significa o limite de quantificação do composto analisado pelo método utilizado naquele momento e nas condições do ensaio, os quais podem ser relativos e variáveis, devido às características e interferências da matriz analisada. Em muitos casos, as amostras coletadas para compostos orgânicos demandam diluições, a fim de que se tenha o extrato em condições adequadas para ser injetado no equipamento. Essas diluições podem acarretar em perda de compostos

Pode-se observar que valores absolutos de concentrações de PCB totais foram registrados somente em 2002, no Rio Pinheiros, em 2003, no Rio Tietê – Biritiba Mirim, e em 2004, no Reservatório de Pirapora. Quando o laboratório passou a analisar os congêneres, a partir de 2007, foram registrados valores absolutos de concentrações de seis dos sete compostos congêneres (28, 101, 118, 138, 153 e 180), somente em 2007, no ponto do Reservatório de Pirapora. Após esses registros e em todos os outros foram encontrados provavelmente apenas traços dos compostos e, em alguns casos, como por exemplo, Ribeirão dos Cristais e Rio Sorocaba (em 2003 e 2004), não foram detectados nas condições dos ensaios.

Gráfico 121 – Superfície tridimensional dos resultados de bifenilas policloradas – Congênere 28 em sedimento no período de 2002 a 2010

Gráfico 122 – Contorno delineado dos resultados de bifenilas policloradas – Congênere 28 em sedimento no período de 2002 a 2010

Tabela 63 – Valores anuais de concentrações de bifenilas policloradas – Congênere 28 em sedimento do período de 2002 a 2010 (µg/kg)

Nascente	Código Ponto CETESB	Código Diagrama Unifilar	2002*	2003*	2004*	2005*	2006*	2007	2008	2009	2010
Alto Tietê (Região Metropolitana de São Paulo)	TIET 02050 <i>Rio Tietê - Biritiba Mirim</i>	S-1	ND	75,30	ND	< 20,00	–	–	–	–	–
	TIET 04160 <i>Rio Tietê - Guarulhos</i>	S-2	–	–	–	–	–	–	< 62,50	< 2,88	< 2,88
	IPINH 09100 <i>Rio Pinheiros</i>	S-I-1	50,40	–	–	–	–	–	–	–	–
	COTI 03840 <i>Rio Cotia</i>	S-II-1	–	–	–	–	< 2,50	–	–	–	–
	CRIS 03400 <i>Ribeirão dos Cristais</i>	S-III-1	–	ND	ND	–	–	–	–	–	–
	TUPI 04850 <i>Reservatório de Pirapora</i>	S-3	–	–	54,00	–	–	58,70	–	< 5,69	< 2,88
	JUNA 04900 <i>Rio Jundiá</i>	S-IV-1	–	–	–	–	< 2,50	–	–	–	–
	SORO 02700 <i>Rio Sorocaba</i>	S-V-1	–	ND	ND	–	–	–	–	–	–
	TIBB 02100 <i>Reservatório de Barra Bonita</i>	S-4	–	< 20,00	–	< 20,00	–	–	–	–	–
	TIBB 02900 <i>Reservatório de Barra Bonita</i>	S-5	–	–	–	–	< 2,50	< 5,75	–	–	–
Médio Tietê	TIBA 02800 <i>Reservatório de Bariri</i>	S-6	–	–	–	–	< 2,50	< 2,50	–	–	–
	TIBI 02900 <i>Reservatório de Ibitinga</i>	S-7	–	–	–	–	–	< 2,50	–	–	–
	TIPR 02800 <i>Reservatório de Promissão</i>	S-8	–	–	–	–	–	< 5,75	–	–	–
	TITR 02100 <i>Reservatório Três Irmãos</i>	S-9	–	–	–	< 20,00	< 5,71	< 11,40	< 2,50	< 2,86	–
Baixo Tietê											

Legenda:

Rio Tietê

Rios afluentes

*: Dados de 2002 a 2006 referem-se ao parâmetro PCB - Bifenilas policloradas totais.

–: Dados inexistentes nos relatórios pesquisados.

<: Valores inferiores aos limites de quantificação das metodologias utilizadas pelo laboratório.

ND: Valores não detectados nas condições dos ensaios.

Legislação atual: CONAMA 344/2004

TEL (nível 1): indefinido para os congêneres
TEL (nível 1): 34,1 µg/kg

TEL (nível 2): indefinido para os congêneres
TEL (nível 2): 277 µg/kg

Fonte: Dados dos Relatórios de Qualidade das Águas Interiores da CETESB^{11, 15, 16, 28 a 18} no período de 2002 a 2010.

Gráfico 123 – Superfície tridimensional dos resultados de bifenilas policloradas – Congênere 52 em sedimento no período de 2002 a 2010

Gráfico 124 – Contorno delineado dos resultados de bifenilas policloradas – Congênere 52 em sedimento no período de 2002 a 2010

Tabela 64 – Valores anuais de concentrações de bifenilas policloradas – Congênere 52 em sedimento do período de 2002 a 2010 (µg/kg)

Nascente	Código Ponto CETESB	Código Diagrama Unifilar	2002*	2003*	2004*	2005*	2006*	2007	2008	2009	2010
Alto Tietê (Região Metropolitana de São Paulo)	<i>TIET 02050</i> <i>Rio Tietê - Biritiba Mirim</i>	S-1	ND	75,30	ND	< 20,00	–	–	–	–	–
	<i>TIET 04160</i> <i>Rio Tietê - Guarulhos</i>	S-2	–	–	–	–	–	–	< 62,50	< 2,88	< 2,88
	<i>IPINH 09100</i> <i>Rio Pinheiros</i>	S-I-1	50,40	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>COTI 03840</i> <i>Rio Cotia</i>	S-II-1	–	–	–	–	< 2,50	–	–	–	–
	<i>CRIS 03400</i> <i>Ribeirão dos Cristais</i>	S-III-1	–	ND	ND	–	–	–	–	–	–
	<i>TIPI 04850</i> <i>Reservatório de Pirapora</i>	S-3	–	–	54,00	–	–	< 5,75	–	< 5,69	< 2,88
	<i>JUNA 04900</i> <i>Rio Jundiá</i>	S-IV-1	–	–	–	–	< 2,50	–	–	–	–
	<i>SORO 02700</i> <i>Rio Sorocaba</i>	S-V-1	–	ND	ND	–	–	–	–	–	–
	<i>TIBB 02100</i> <i>Reservatório de Barra Bonita</i>	S-4	–	< 20,00	–	< 20,00	–	–	–	–	–
	<i>TIBB 02900</i> <i>Reservatório de Barra Bonita</i>	S-5	–	–	–	–	< 2,50	< 5,75	–	–	–
	<i>TIBA 02800</i> <i>Reservatório de Bariri</i>	S-6	–	–	–	–	< 2,50	< 2,50	–	–	–
	<i>TIBI 02900</i> <i>Reservatório de Ibitinga</i>	S-7	–	–	–	–	–	–	< 2,50	–	–
	<i>TIPR 02800</i> <i>Reservatório de Promissão</i>	S-8	–	–	–	–	–	< 5,75	–	–	–
	<i>TITR 02100</i> <i>Reservatório Três Irmãos</i>	S-9	–	–	–	< 20,00	< 5,71	< 11,40	< 2,50	< 2,86	–

Legenda:

- Rio Tietê
Rios afluentes
 * : Dados de 2002 a 2006 referem-se ao parâmetro PCB - Bifenilas policloradas totais.
 – : Dados inexistentes nos relatórios pesquisados.
 < : Valores inferiores aos limites de quantificação das metodologias utilizadas pelo laboratório.
 ND : Valores não detectados nas condições dos ensaios.

Legislação atual: CONAMA 344/2004

TEL (nível 1): indefinido para os congêneres
 PCB total: TEL (nível 1): 34,1 µg/kg
 PEL (nível 2): indefinido para os congêneres
 PEL (nível 2): 277 µg/kg

Fonte: Dados dos Relatórios de Qualidade das Águas Interiores da CETESB^{11, 15, 16, 28 a 18} no período de 2002 a 2010.

Gráfico 125 – Superfície tridimensional dos resultados de bifenilas policloradas – Congênere 101 em sedimento no período de 2002 a 2010

Gráfico 126 – Contorno delineado dos resultados de bifenilas policloradas – Congênere 101 em sedimento no período de 2002 a 2010

Tabela 65 – Valores anuais de concentrações de bifenilas policloradas – Congênere 101 em sedimento do período de 2002 a 2010 (µg/kg)

Nascente	Código Ponto CETESB	Código Diagrama Unifilar	2002*	2003*	2004*	2005*	2006*	2007	2008	2009	2010
Alto Tietê (Região Metropolitana de São Paulo)	<i>TIET 02050</i> <i>Rio Tietê - Biritiba Mirim</i>	S-1	ND	75,30	ND	< 20,00	–	–	–	–	–
	<i>TIET 04160</i> <i>Rio Tietê - Guarulhos</i>	S-2	–	–	–	–	–	–	< 62,50	< 2,88	< 2,88
	<i>PINH 09100</i> <i>Rio Pinheiros</i>	S-I-1	50,40	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>COTI 03840</i> <i>Rio Cotia</i>	S-II-1	–	–	–	–	< 2,50	–	–	–	–
	<i>CRIS 03400</i> <i>Ribeirão dos Cristais</i>	S-III-1	–	ND	ND	–	–	–	–	–	–
	<i>TIPI 04850</i> <i>Reservatório de Pirapora</i>	S-3	–	–	54,00	–	–	104,00	–	< 5,69	3,29
	<i>JUNA 04900</i> <i>Rio Jundiá</i>	S-IV-1	–	–	–	–	< 2,50	–	–	–	–
	<i>SORO 02700</i> <i>Rio Sorocaba</i>	S-V-1	–	ND	ND	–	–	–	–	–	–
	<i>TIBB 02100</i> <i>Reservatório de Barra Bonita</i>	S-4	–	< 20,00	–	< 20,00	–	–	–	–	–
	<i>TIBB 02900</i> <i>Reservatório de Barra Bonita</i>	S-5	–	–	–	–	< 2,50	< 5,75	–	–	–
Médio Tietê	<i>TIBA 02800</i> <i>Reservatório de Bariri</i>	S-6	–	–	–	–	< 2,50	< 2,50	–	–	–
	<i>TIBI 02900</i> <i>Reservatório de Ibitinga</i>	S-7	–	–	–	–	–	< 2,50	–	–	–
	<i>TIPR 02800</i> <i>Reservatório de Promissão</i>	S-8	–	–	–	–	–	< 5,75	–	–	–
	<i>TITR 02100</i> <i>Reservatório Três Irmãos</i>	S-9	–	–	–	< 20,00	< 5,71	< 11,40	< 2,50	< 2,86	–
Baixo Tietê											

Legenda:

- * : Rio Tietê
 – : Rios afluentes
 – : Dados de 2002 a 2006 referem-se ao parâmetro PCB - Bifenilas policloradas totais.
 – : Dados inexistentes nos relatórios pesquisados.
 < : Valores inferiores aos limites de quantificação das metodologias utilizadas pelo laboratório.
 ND : Valores não detectados nas condições dos ensaios.

Legislação atual: CONAMA 344/2004

PCB total: TEL (nível 1): indefinido para os congêneres
 TEL (nível 1): 34,1 µg/kg
 PEL (nível 2): indefinido para os congêneres
 PEL (nível 2): 277 µg/kg

Fonte: Dados dos Relatórios de Qualidade das Águas Interiores da CETESB^{11, 15, 16, 28 a 18} no período de 2002 a 2010.

Gráfico 127 – Superfície tridimensional dos resultados de bifenilas policloradas – Congêner 118 em sedimento no período de 2002 a 2010

Gráfico 128 – Contorno delineado dos resultados de bifenilas policloradas – Congêner 118 em sedimento no período de 2002 a 2010

Tabela 66 – Valores anuais de concentrações de bifenilas policloradas – Congênere 118 em sedimento do período de 2002 a 2010 (µg/kg)

Nascente	Código Ponto CETESB	Código Diagrama Unifilar	2002*	2003*	2004*	2005*	2006*	2007	2008	2009	2010
Alto Tietê (Região Metropolitana de São Paulo)	TIET 02050	S-1	ND	75,30	ND	< 20,00	–	–	–	–	–
	Rio Tietê - Biritiba Mirim										
	TIET 04160	S-2	–	–	–	–	–	–	< 62,50	< 2,88	< 2,88
	Rio Tietê - Guarulhos										
	PINH 09100	S-I-1	50,40	–	–	–	–	–	–	–	–
	Rio Pinheiros	S-II-1	–	–	–	–	< 2,50	–	–	–	–
	COTI 03840										
	Rio Cotia	S-III-1	–	ND	ND	–	–	–	–	–	–
	CRIS 03400										
	Ribeirão dos Cristais										
Médio Tietê	TUPI 04850	S-3	–	–	54,00	–	–	60,10	–	< 5,69	< 2,88
	Reservatório de Pirapora										
	JUNA 04900	S-IV-1	–	–	–	–	< 2,50	–	–	–	–
	Rio Jundiá	S-V-1	–	ND	ND	–	–	–	–	–	–
	SORO 02700										
	Rio Sorocaba	S-4	–	< 20,00	–	< 20,00	–	–	–	–	–
	TIBB 02100										
	Reservatório de Barra Bonita	S-5	–	–	–	–	< 2,50	< 5,75	–	–	–
	TIBB 02900										
	Reservatório de Barra Bonita										
Baixo Tietê	TIBA 02800	S-6	–	–	–	–	< 2,50	< 2,50	–	–	–
	Reservatório de Bariri										
	TIBI 02900	S-7	–	–	–	–	–	< 2,50	–	–	–
	Reservatório de Ibitinga										
	TIPR 02800	S-8	–	–	–	–	–	< 5,75	–	–	–
	Reservatório de Promissão										
	TITR 02100	S-9	–	–	–	< 20,00	< 5,71	< 11,40	< 2,50	< 2,86	–
	Reservatório Três Irmãos										

Legenda:

Rio Tietê
 Rios afluentes
 *: Dados de 2002 a 2006 referem-se ao parâmetro PCB - Bifenilas policloradas totais.
 –: Dados inexistentes nos relatórios pesquisados.
 <: Valores inferiores aos limites de quantificação das metodologias utilizadas pelo laboratório.
 ND: Valores não detectados nas condições dos ensaios.

Legislação atual: CONAMA 344/2004

PCB total: TEL (nível 1): indefinido para os congêneres
 TEL (nível 1): 34,1 µg/kg
 PEL (nível 2): indefinido para os congêneres
 PEL (nível 2): 277 µg/kg

Fonte: Dados dos Relatórios de Qualidade das Águas Interiores da CETESB no período de 2002 a 2010.

Gráfico 129 – Superfície tridimensional dos resultados de bifenilas policloradas – Congênere 138 em sedimento no período de 2002 a 2010

Gráfico 130 – Contorno delineado dos resultados de bifenilas policloradas – Congênere 138 em sedimento no período de 2002 a 2010

Tabela 67 – Valores anuais de concentrações de bifenilas policloradas – Congênere 138 em sedimento do período de 2002 a 2010 (µg/kg)

Nascente	Código Ponto CETESB	Código Diagrama Unifilar	2002*	2003*	2004*	2005*	2006*	2007	2008	2009	2010
Alto Tietê (Região Metropolitana de São Paulo)	<i>TIET 02050</i> <i>Rio Tietê - Biritiba Mirim</i>	S-1	ND	75,30	ND	< 20,00	–	–	–	–	–
	<i>TIET 04160</i> <i>Rio Tietê - Guarulhos</i>	S-2	–	–	–	–	–	–	< 62,50	< 2,88	< 2,88
	<i>IPINH 09100</i> <i>Rio Pinheiros</i>	S-I-1	50,40	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>COTI 03840</i> <i>Rio Cotia</i>	S-II-1	–	–	–	–	< 2,50	–	–	–	–
	<i>CRIS 03400</i> <i>Ribeirão dos Cristais</i>	S-III-1	–	ND	ND	–	–	–	–	–	–
	<i>TIPI 04850</i> <i>Reservatório de Pirapora</i>	S-3	–	–	54,00	–	–	138,00	–	< 5,69	3,93
	<i>JUNA 04900</i> <i>Rio Jundiá</i>	S-IV-1	–	–	–	–	< 2,50	–	–	–	–
	<i>SORO 02700</i> <i>Rio Sorocaba</i>	S-V-1	–	ND	ND	–	–	–	–	–	–
	<i>TIBB 02100</i> <i>Reservatório de Barra Bonita</i>	S-4	–	< 20,00	–	< 20,00	–	–	–	–	–
	<i>TIBB 02900</i> <i>Reservatório de Barra Bonita</i>	S-5	–	–	–	–	< 2,50	< 5,75	–	–	–
	<i>TIBA 02800</i> <i>Reservatório de Bariri</i>	S-6	–	–	–	–	< 2,50	< 2,50	–	–	–
	<i>TIBI 02900</i> <i>Reservatório de Ibitinga</i>	S-7	–	–	–	–	–	–	< 2,50	–	–
	<i>TIPR 02800</i> <i>Reservatório de Promissão</i>	S-8	–	–	–	–	–	< 5,75	–	–	–
	<i>TITR 02100</i> <i>Reservatório Três Irmãos</i>	S-9	–	–	–	< 20,00	< 5,71	< 11,40	< 2,50	< 2,86	–

Legenda:

- Rio Tietê [---] Rios afluentes
 *: Dados de 2002 a 2006 referem-se ao parâmetro PCB - Bifenilas policloradas totais.
 –: Dados inexistentes nos relatórios pesquisados.
 <: Valores inferiores aos limites de quantificação das metodologias utilizadas pelo laboratório.
 ND: Valores não detectados nas condições dos ensaios.

Legislação atual: CONAMA 344/2004

TEL (nível 1): indefinido para os congêneres
 PCB total: TEL (nível 1): 34,1 µg/kg
 PEL (nível 2): indefinido para os congêneres
 PEL (nível 2): 277 µg/kg

Fonte: Dados dos Relatórios de Qualidade das Águas Interiores da CETESB^{11, 15, 16, 28 a 18} no período de 2002 a 2010.

Gráfico 131 – Superfície tridimensional dos resultados de bifenilas policloradas – Congênere 153 em sedimento no período de 2002 a 2010

Gráfico 132 – Contorno delineado dos resultados de bifenilas policloradas – Congênere 153 em sedimento no período de 2002 a 2010

Tabela 68 – Valores anuais de concentrações de bifenilas policloradas – Congênere 153 em sedimento do período de 2002 a 2010 (µg/kg)

Nascente	Código Ponto CETESB	Código Diagrama Unifilar	2002*	2003*	2004*	2005*	2006*	2007	2008	2009	2010
Alto Tietê (Região Metropolitana de São Paulo)	TIET 02050	S-1	ND	75,30	ND	< 20,00	–	–	–	–	–
	Rio Tietê - Biritiba Mirim										
	TIET 04160	S-2	–	–	–	–	–	–	< 62,50	< 2,88	< 2,88
	Rio Tietê - Guarulhos										
	PINH 09100	S-I-1	50,40	–	–	–	–	–	–	–	–
	Rio Pinheiros	S-II-1	–	–	–	–	< 2,50	–	–	–	–
	COTI 03840										
	Rio Cotia	S-III-1	–	ND	ND	–	–	–	–	–	–
	CRIS 03400										
	Ribeirão dos Cristais										
Médio Tietê	TUPI 04850	S-3	–	–	54,00	–	–	71,80	–	< 5,69	3,73
	Reservatório de Pirapora										
	JUNA 04900	S-IV-1	–	–	–	–	< 2,50	–	–	–	–
	Rio Jundiá	S-V-1	–	ND	ND	–	–	–	–	–	–
	SORO 02700										
	Rio Sorocaba	S-4	–	< 20,00	–	< 20,00	–	–	–	–	–
	TIBB 02100										
	Reservatório de Barra Bonita	S-5	–	–	–	–	< 2,50	< 5,75	–	–	–
	TIBB 02900										
	Reservatório de Barra Bonita										
Baixo Tietê	TIBA 02800	S-6	–	–	–	–	< 2,50	< 2,50	–	–	–
	Reservatório de Bariri										
	TIBI 02900	S-7	–	–	–	–	–	< 2,50	–	–	–
	Reservatório de Ibitinga										
	TIPR 02800	S-8	–	–	–	–	–	< 5,75	–	–	–
	Reservatório de Promissão										
	TITR 02100	S-9	–	–	–	< 20,00	< 5,71	< 11,40	< 2,50	< 2,86	–
	Reservatório Três Irmãos										

Legenda:

Rio Tietê
 Rios afluentes
 *: Dados de 2002 a 2006 referem-se ao parâmetro PCB - Bifenilas policloradas totais.
 –: Dados inexistentes nos relatórios pesquisados.
 <: Valores inferiores aos limites de quantificação das metodologias utilizadas pelo laboratório.
 ND: Valores não detectados nas condições dos ensaios.

Legislação atual: CONAMA 344/2004

PCB total: TEL (nível 1): indefinido para os congêneres
 TEL (nível 1): 34,1 µg/kg
 PEL (nível 2): indefinido para os congêneres
 PEL (nível 2): 277 µg/kg

Fonte: Dados dos Relatórios de Qualidade das Águas Interiores da CETESB no período de 2002 a 2010.

Gráfico 133 – Superfície tridimensional dos resultados de bifenilas policloradas – Congênere 180 em sedimento no período de 2002 a 2010

Gráfico 134 – Contorno delineado dos resultados de bifenilas policloradas – Congênere 180 em sedimento no período de 2002 a 2010

Tabela 69 – Valores anuais de concentrações de bifenilas policloradas – Congênere 180 em sedimento do período de 2002 a 2010 (µg/kg)

Nascente	Código Ponto CETESB	Código Diagrama Unifilar	2002*	2003*	2004*	2005*	2006*	2007	2008	2009	2010
Alto Tietê (Região Metropolitana de São Paulo)	<i>TIET 02050</i> <i>Rio Tietê - Biritiba Mirim</i>	S-1	ND	75,30	ND	< 20,00	–	–	–	–	–
	<i>TIET 04160</i> <i>Rio Tietê - Guarulhos</i>	S-2	–	–	–	–	–	–	< 62,50	< 2,88	< 2,88
	<i>IPINH 09100</i> <i>Rio Pinheiros</i>	S-I-1	50,40	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>COTI 03840</i> <i>Rio Cotia</i>	S-II-1	–	–	–	–	< 2,50	–	–	–	–
	<i>CRIS 03400</i> <i>Ribeirão dos Cristais</i>	S-III-1	–	ND	ND	–	–	–	–	–	–
	<i>TIPI 04850</i> <i>Reservatório de Pirapora</i>	S-3	–	–	54,00	–	–	51,50	–	< 5,69	< 2,88
	<i>JUNA 04900</i> <i>Rio Jundiá</i>	S-IV-1	–	–	–	–	< 2,50	–	–	–	–
	<i>SORO 02700</i> <i>Rio Sorocaba</i>	S-V-1	–	ND	ND	–	–	–	–	–	–
	<i>TIBB 02100</i> <i>Reservatório de Barra Bonita</i>	S-4	–	< 20,00	–	< 20,00	–	–	–	–	–
	<i>TIBB 02900</i> <i>Reservatório de Barra Bonita</i>	S-5	–	–	–	–	< 2,50	< 5,75	–	–	–
	<i>TIBA 02800</i> <i>Reservatório de Bariri</i>	S-6	–	–	–	–	< 2,50	< 2,50	–	–	–
	<i>TIBI 02900</i> <i>Reservatório de Ibitinga</i>	S-7	–	–	–	–	–	–	< 2,50	–	–
	<i>TIPR 02800</i> <i>Reservatório de Promissão</i>	S-8	–	–	–	–	–	< 5,75	–	–	–
	<i>TITR 02100</i> <i>Reservatório Três Irmãos</i>	S-9	–	–	–	< 20,00	< 5,71	< 11,40	< 2,50	< 2,86	–

Legenda:

- Rio Tietê [---] Rios afluentes
 *: Dados de 2002 a 2006 referem-se ao parâmetro PCB - Bifenilas policloradas totais.
 –: Dados inexistentes nos relatórios pesquisados.
 <: Valores inferiores aos limites de quantificação das metodologias utilizadas pelo laboratório.
 ND: Valores não detectados nas condições dos ensaios.

Legislação atual: CONAMA 344/2004

TEL (nível 1): indefinido para os congêneres
 PCB total: TEL (nível 1): 34,1 µg/kg
 PEL (nível 2): indefinido para os congêneres
 PEL (nível 2): 277 µg/kg

Fonte: Dados dos Relatórios de Qualidade das Águas Interiores da CETESB^{11, 15, 16, 28 a 18} no período de 2002 a 2010.

5.4.3. Considerações

Por ser um composto proibido pela Portaria Interministerial nº 19, de 2 de janeiro de 1981, para fabricação, comercialização, uso, descarte do mesmo ou de produtos contaminados por ele nos corpos hídricos e exposição a intempéries de equipamentos que o contenham, caso não ocorram vazamentos ou lançamentos pontuais do composto porventura existente em algum equipamento instalado, que ainda não tenha o fluido substituído por outro produto isento de PCB, os valores encontrados tendem a diminuir com o tempo, pois o ambiente contribuirá para redução das concentrações, apesar de ser um processo lento. Esta tendência já está sendo possível observar nos dados estudados nesta pesquisa, em todos os pontos do monitoramento.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

As águas superficiais do Rio Tietê guardam relação direta com o uso e a ocupação do solo e estão ameaçadas pelo crescente aumento da demanda por água, aumento constante da população, da impermeabilização e erosão dos solos, e redução de coberturas vegetais e matas ciliares, causando degradação da capacidade produtiva dos mananciais e contaminação das águas pelo significativo lançamento dos efluentes domésticos e industriais sem tratamento, pelas atividades agrícolas com uso intensivo e inadequado de agrotóxicos e fertilizantes, e pela poluição difusa, que são carregados para os corpos hídricos e lixiviados para os aquíferos subterrâneos.

Apesar da contribuição recebida dos rios afluentes do Rio Tietê, como Rio Tamanduateí, Córrego dos Meninos, Rio Sorocaba e Rio Piracicaba, entre outros, com o desenvolvimento desta pesquisa foi possível observar que houve avanços positivos na qualidade das águas ao longo do percurso, com relação aos metais pesados, uma vez que, dos oito elementos analisados – alumínio, cádmio, chumbo, cobre, cromo, mercúrio, níquel e zinco – apenas o alumínio demonstrou tendências crescentes de concentrações no compartimento água do rio, e principalmente nos afluentes estudados da Região Metropolitana de São Paulo e da região do Médio Tietê; os demais metais demonstraram tendências estáveis e decrescentes. Mesmo não sendo considerado como elemento tóxico ou prejudicial à saúde no curto prazo e não ser padrão de qualidade de águas para abastecimento público, na sua forma dissolvida é tóxico para peixes. Por isso, deve haver maior controle das fontes de poluição por alumínio, principalmente a jusante da Região Metropolitana de São Paulo, nos trechos do Médio e Baixo Tietê, para evitar o aumento das concentrações em todo o percurso do rio e que isso se torne problema de saúde pública no futuro.

Para os metais cádmio, chumbo e cromo, por terem característica de acumulação ao longo da cadeia alimentar, serem tóxicos e oriundos de

processos antrópicos, que causam efeitos adversos à saúde humana e à vida aquática, é importante rever as condições do monitoramento, para melhor acompanhamento das condições atuais, tanto para o compartimento água, para contemplar o trecho do Baixo Tietê, após Barra Bonita, que não possui registros desde 2001, quanto para o compartimento sedimento nos reservatórios, que aparentemente concentram os metais.

Apesar do cobre não ser considerada substância bioacumulativa na biota aquática nem nos seres humanos, é nociva para os peixes. Por isso, deve haver intensa prevenção e controle de fontes de poluição deste tipo de emissão, tanto na Região Metropolitana de São Paulo, como também a partir do Médio Tietê, para evitar evolução das concentrações em todo o percurso do Rio Tietê e evitar problemas para a pesca, tão comum no interior do Estado.

Quanto ao mercúrio, ainda que as concentrações estejam atualmente sob controle, é importante manter as condições de monitoramento e de prevenção e controle de fontes de poluição atualmente existentes para este tipo de emissão, de forma a evitar um possível retrocesso na qualidade da água e do sedimento, uma vez que este é considerado um metal altamente tóxico, bioacumulativo e carcinogênico.

Com relação ao níquel e ao zinco, recomenda-se manter as condições de monitoramento existentes, principalmente no compartimento sedimento. Além de auxiliar na prevenção e controle das fontes deste tipo de emissão, tal medida visa minimizar os riscos da geração de condições desfavoráveis no ambiente aquático que possam causar prejuízos ao desenvolvimento das comunidades que dele fazem parte, evitando, também neste, um retrocesso na qualidade dos compartimentos.

De modo geral, a condição favorável observada no controle da qualidade das águas, do ponto de vista dos metais pesados, observada principalmente no decorrer da última década, pode ser atribuída tanto às ações voltadas para ampliação do índice de coleta e tratamento dos esgotos sanitários, como da melhora da eficiência das indústrias na emissão de seus efluentes, à padronização das metodologias utilizadas pelos laboratórios

ambientais, por meio da adoção de sistema de acreditação dos métodos analíticos, ocorrida a partir de 2000, ao desenvolvimento de trabalhos voltados para prevenção e controle de fontes de poluição deste tipo de emissão, bem como à redução destas fontes pelo encerramento de atividades industriais na região. Para o compartimento sedimento, é possível concluir que os metais pesados acumulam-se principalmente nos pontos do trecho metropolitano do Rio Tietê em São Paulo, e do Reservatório de Pirapora.

Para os compostos orgânicos não foi possível concluir tendências de comportamento na água, pois o monitoramento é predominante no compartimento sedimento. Como aspecto preventivo a problemas, é importante a inclusão de análises desses compostos no monitoramento da rede básica da CETESB, e não somente em momentos que ocorrem suspeitas de lançamentos.

Há indícios de acumulação dos hidrocarbonetos policíclicos aromáticos – HPA – Fluoranteno, Benzo(a)antraceno, Benzo(a)pireno e Benzo(b)fluoranteno, principalmente nos pontos do Rio Tietê em São Paulo e do Reservatório de Pirapora, no trecho do Alto Tietê, e no Reservatório de Barra Bonita, no trecho do Médio Tietê.

Devido às características potencialmente tóxicas e carcinogênicas dos HPA, por serem substâncias presentes, na maioria dos casos, em combustíveis derivados de petróleo, é preciso intensificar o monitoramento e a fiscalização das fontes de poluição, pois os dados obtidos no compartimento sedimento demonstram tendência de manter ou aumentar as concentrações, principalmente na Região Metropolitana de São Paulo.

Dos pesticidas organoclorados foi detectada presença de Alfa e Beta HCH, DDT, DDD, DDE e Metoxicloro no trecho metropolitano, mas também de DDE no Reservatório Três Irmãos, trecho do Baixo Tietê. Por serem considerados como carga difusa de contaminação química e substâncias persistentes por muitos anos nos ecossistemas e com facilidade de bioacumulação, é importante acompanhar se os compostos encontrados

persistem nos locais monitorados, para localizar as fontes de poluição e tomar as providências cabíveis.

Este acompanhamento torna-se necessário, principalmente porque, na maioria dos casos, as concentrações foram registradas em pontos da Região Metropolitana de São Paulo, que não têm vocação agrícola, mas possui alguns trechos agrícolas com significativa fonte de contaminação, principalmente a jusante da nascente do Rio Tietê, em Biritiba-Mirim e Mogi das Cruzes, tal como ocorre no interior do Estado, onde é constante o uso de fertilizantes e defensivos agrícolas. É importante, também, ampliar o monitoramento para essas regiões agrícolas localizadas no interior.

Para as bifenilas policloradas – PCB – estão registrados apenas valores relativos aos limites de quantificação do composto, o que provavelmente demonstra controle satisfatório deste tipo de poluente.

Em síntese, é possível concluir que a maioria dos contaminantes químicos de baixa solubilidade que sedimentam, acumulam-se no Reservatório de Pirapora, no trecho do Alto Tietê, cujos elementos são transportados por toda Região Metropolitana de São Paulo, e origina-se principalmente dos afluentes Rio Tamanduateí e Córrego dos Meninos, pois nessa região há contribuição de efluentes doméstico e industrial dos municípios de Santo André, São Caetano do Sul e São Paulo. Também há indícios de acumulação destes contaminantes no Reservatório de Barra Bonita, trecho do Médio Tietê, cuja contaminação provavelmente seja oriunda do aporte de substâncias recebidas da Região Metropolitana de São Paulo e dos Rios Sorocaba e Piracicaba, que estão localizados em regiões de atividades industriais diversificadas e também de atividades agrícolas.

Os contaminantes de média e alta solubilidade não são permanentemente fixados e podem retornar à coluna líquida por alterações físicas e biológicas no ambiente aquático, ou por eventuais procedimentos de dragagem de material sedimentar, e podem ser transportados para outros pontos do Rio Tietê, inclusive além da Região Metropolitana de São Paulo, pois existe aporte de poluentes também de rios afluentes do interior do Estado.

As avaliações do monitoramento podem tornar-se mais conclusivas se os limites de quantificação dos compostos químicos orgânicos forem menores e mais uniformes. Por isso, é importante rever as condições de operação da rede nos pontos do compartimento sedimento, para melhor acompanhamento das condições atuais, principalmente nos reservatórios, pois a interação dos compartimentos água e sedimento tem influência direta e fundamental na qualidade das águas, e pode ser considerada como fonte potencial de contaminação dos rios e reservatórios.

A preservação da qualidade das águas deve ter alta prioridade e ser alvo de intensas e constantes ações governamentais por meio de programas de prevenção, controle, fiscalização e desenvolvimento de ações na área de educação ambiental, com a implementação de políticas públicas eficientes e medidas responsáveis com o meio ambiente, para proteger os recursos hídricos das ações antrópicas, como por exemplo, a adoção de projetos amplos de despoluição de rios e córregos, tal como o Projeto Tietê, que contemplem não apenas investimentos em obras de saneamento, mas também enfoquem:

- políticas rígidas que restrinjam ou impeçam a implantação de comércio e indústria com potencial poluidor, no entorno do leito dos rios, visando a preservação ou a melhoria dos padrões de qualidade das águas;
- planejamento habitacional e urbano, para evitar a ocupação irregular das margens dos rios e reservatórios, e conseqüentemente, o extermínio das matas ciliares e as ligações clandestinas de esgotos;
- ação conjunta dos municípios que estão no entorno do Rio Tietê, para combater a poluição do rio e seus afluentes e recuperar o meio ambiente, com ações de melhoria, como recuperação das áreas de várzea, construção de parques, e saneamento nos municípios, para maximizar o tratamento dos efluentes domésticos e industriais produzidos;
- ações de defesa do meio ambiente, para fiscalizar rigorosamente e evitar que os efluentes domésticos, industriais, agrícolas e cargas difusas sejam lançados nos corpos hídricos sem o tratamento adequado. É preciso

ampliar o rigor da legislação e a fiscalização das indústrias, para permanente monitoramento e aperfeiçoamento dos processos industriais, com controle efetivo de fontes dos lançamentos de efluentes, e também das propriedades agrícolas, para evitar a utilização descontrolada e inadequada de defensivos agrícolas e fertilizantes, e proteger os rios desses tipos de contaminantes e o aumento das condições de poluição;

- ações para conscientização da população com o respeito à natureza, à preservação ambiental, e ao próximo, além da importância vital e o uso consciente e racional dos recursos hídricos necessários a diversas formas de uso, tais como, disciplina de uso, preservação da qualidade da água, controle de perdas e desperdícios e reciclagem, a fim de que se possa, por exemplo, evitar o lançamento irregular de resíduos sólidos nas ruas e nos rios, que também são instrumentos prejudiciais à qualidade das águas, principalmente em áreas com elevado grau de urbanização.

O monitoramento da qualidade da água e do sedimento é ferramenta importante para tomadas de decisões no controle e prevenção aos danos causados ao meio ambiente e à saúde pública, porém deve ser frequentemente avaliado, para utilização de métodos mais precisos, incrementado frequentemente com análises de novos e diferentes tipos de poluentes, bem como pelos dados de vazão, para correlacionar a quantidade à qualidade da água em cada ponto de amostragem, a fim de que se possa obter condições reais de avaliação com identificação das possíveis interferências.

Como complemento, deve se aliar o desenvolvimento constante de pesquisas sobre o esgoto doméstico, especificamente sobre a carga orgânica, além de campanhas de educação ambiental, como ações essenciais para alertar governantes, empresários e população que o combate à poluição e a recuperação da vida e da imagem dos rios depende da integração de iniciativas mantidas e aperfeiçoadas permanentemente pelo poder público, privado e sociedade, para que, num esforço conjunto, se perceba a importância e a finitude deste vital recurso natural que é a água.

7. REFERÊNCIAS

1. AGUDO, E.G. (Coord.). **Guia de coleta e preservação de amostras de água**. São Paulo: CETESB, 1987.
2. BAIRD, C. Química Ambiental. 2a ed. Porto Alegre: Bookman 2002. 622p.
3. BEVILACQUA, J.E. **Estudos sobre a caracterização e a estabilizada de amostras de sedimentos do Rio Tietê, S.P.** 1996. 171 p. Tese (Doutorado em Química) – Instituto de Química, Universidade de São Paulo, São Paulo.
4. BRAGA, B; PORTO, M; TUCCI, C.E.M. Monitoramento de quantidade e qualidade das águas. In: REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G. (Coord.). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escrituras: 2002.
5. BRANCO, S.M. Água, meio ambiente e saúde. In: REBOUÇAS, A.C.;BRAGA, B.;TUNDISI, J.G. (Coord.). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escrituras: 2002.
6. BRANCO, S.M. **Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária**. 3.ed. São Paulo: CETESB/ASCETESB, 1986.
7. BRASIL. Decreto nº. 5.472, de 20 de junho de 2005. Promulga o texto da Convenção de Estocolmo sobre Poluentes Orgânicos Persistentes, adotada, naquela cidade, em 22 de maio de 2001. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2005/Decreto/D5472.htm>. Acesso em: 20 jun. 2012.
8. BRASIL. Lei nº. 7.802, de 11 de julho de 1989. Dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L7802.htm>. Acesso em: 17 mai. 2012.
9. CAMARGO, M.S.F.O; TOLEDO, M.C.F. Hidrocarbonetos aromáticos policíclicos em margarina, creme vegetal e maionese. **Rev. Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas v.20, n.1, abr. 2000. Disponível

em:<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612000000100011>. Acesso em: 26 mar. 2009.

10. CASTRO, N. **Cádmio, chumbo, cromo, mercúrio e níquel nos Rios do Estado de São Paulo e em peixes do Rio Sorocaba (São Paulo, Brasil)**. 2002. 107 p. Dissertação (Mestrado em Conservação e Manejo de Recursos) – Centro de Estudos Ambientais, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
11. CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Banco de Dados Relacional Interáguas**. São Paulo, [s.d.]. Disponível em: Redecetesb/CETESB – acesso restrito. Acesso em: 27 ago. 2010 a 14 jul. 2011.
12. CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos**. Coordenação de C. J. Brandão et al. São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011.
13. CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Informações toxicológicas**. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/tecnologia-ambiental/laboratorios/109-informacoes-toxicologicas>> Acesso em: 24 jul. 2011.
14. CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Pesticidas Organoclorados**. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/agua/aguas-superficiais/aguasinteriores/variaveis/aguas/variaveis_quimicas/pesticidas_organoclorados.pdf>. Acesso em: 17 Set. 2011.
15. CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Qualidade das águas superficiais no Estado de São Paulo: 2009**. Série Relatórios. 310 p. São Paulo: CETESB; 2010.
16. CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Qualidade das águas superficiais no Estado de São Paulo: 2010**. Série Relatórios. 298 p. São Paulo: CETESB; 2011.
17. CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Qualidade do solo – Publicações / Relatórios: Relação de Áreas Contaminadas e Reabilitadas**. Maio/2002 a Novembro/2009. Disponível

em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/solo/publicações-e-Relatórios/1-Publicações/-Relatórios>. Acesso em: 03 set. 2011.

18. CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo: 2009**. São Paulo: CETESB; 2010.
19. CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo: 1993**. São Paulo: CETESB; 1994.
20. CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo: 1994**. São Paulo: CETESB; 1995.
21. CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo: 1995**. São Paulo: CETESB; 1996.
22. CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo: 1996**. São Paulo: CETESB; 1997.
23. CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo: 1997**. São Paulo: CETESB; 1998.
24. CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo: 1998**. São Paulo: CETESB; 1999.
25. CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo: 1999**. São Paulo: CETESB; 2000.
26. CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo: 2000**. São Paulo: CETESB; 2001.
27. CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo: 2001**. São Paulo: CETESB; 2002.

28. CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo: 2002.** São Paulo: CETESB; 2003.
29. CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo: 2003.** São Paulo: CETESB; 2004.
30. CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo: 1978.** São Paulo: CETESB; 1979.
31. CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo: 1979.** São Paulo: CETESB; 1980.
32. CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo: 1980.** São Paulo: CETESB; 1981.
33. CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo: 1981.** São Paulo: CETESB; 1982.
34. CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo: 1982.** São Paulo: CETESB; 1983.
35. CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo: 1983.** São Paulo: CETESB; 1984.
36. CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo: 1984.** São Paulo: CETESB; 1985.
37. CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo: 1985.** São Paulo: CETESB; 1986.
38. CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo: 1986.** São Paulo: CETESB; 1987.

39. CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo: 1987.** São Paulo: CETESB; 1988.
40. CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo: 1988.** São Paulo: CETESB; 1989.
41. CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo: 1989.** São Paulo: CETESB; 1990.
42. CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo: 1990.** São Paulo: CETESB; 1991.
43. CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo: 1991.** São Paulo: CETESB; 1992.
44. CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo: 1992.** São Paulo: CETESB; 1993.
45. CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo: 2004.** São Paulo: CETESB; 2005.
46. CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo: 2005.** São Paulo: CETESB; 2006.
47. CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo: 2006.** São Paulo: CETESB; 2007.
48. CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo: 2007.** São Paulo: CETESB; 2008.
49. CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo: 2008.** São Paulo: CETESB; 2009.

50. CONSEMA – CONSELHO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. **Proposta para a instituição de Câmaras Regionais.** [s.d.].Disponível em:http://www.ambiente.sp.gov.br/uploads/arquivos/conv027_10/Proposta_sobre_Camaras_Regionais.pdf. Acesso em: 03 set. 2011.
51. DEL GRANDE, M.; REZENTE, M.O.O; ROCHA, O. Distribuição de compostos organoclorados nas águas e sedimentos da bacia do Rio Piracicaba/SP – Brasil. **Rev. Química Nova**, v. 26, n. 5, 678-686, 2003. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422003000500011&script=sci_arttext. Acesso em: 13ago. 2011.
52. DERISIO, J.C. **Introdução ao controle de poluição ambiental.** 2. ed. São Paulo: Signus Editora, 2000.
53. DONAIRE, P.P.R., Tratamento de água subterrânea contaminada com BTEX utilizando fotocatalise heterogênea. Tese de Doutorado – Instituto de Química – UNICAMP. Campinas – SP, 2007.
54. GONÇALVES, A. Rios Tietê e Pinheiros têm tipos de poluição diferentes, mostra estudo. **O Estado de S. Paulo**, São Paulo, 12 fev. 2012. Caderno Notícias, p. A25.
55. IGAM – INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. **Definição preliminar da rede de amostragem:** Qualidade – sub-bacia da Lagoa da Pampulha – Ampliação da Rede de Monitoramento. Belo Horizonte, jan. 2006. Disponível em: http://aguas.igam.mg.gov.br/aguas/downloads/perf/sao_francisco/definicao/definicao_pampulha.pdf. Acesso em: 09 abr. 2009.
56. INMETRO – INSTITUTO DE METROLOGIA. **Escopo da Acreditação – ABNT NBR ISO/IEC 17025 – Ensaio.** CRL 0093. Rev. 07. 2006. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/laboratorios/rble/docs/CRL0093.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2009.
57. JESUS, H.C.; SANTANA, E.J.; BELO, M.J.; SILVA, L.B.; CEOTTO, C.S.; CASTRO NEVES, D.M.; CASTRO, L.B. **Avaliação da poluição ambiental dos Rios Piraquê-açu e Piraquê-mirim (Santa Cruz – ES) através da análise de águas, biomonitores e sedimentos.** Relatório Técnico – Projeto Aracruz Celulose, Processo UFES nº034373/2 007-80. (2009).
58. LUCCA, J.V. **Caracterização limnológica e análise da comunidade bentônica sujeita à invasão por espécies exóticas, em lagos do Vale**

- do Rio Doce, MG, Brasil.** 2006. 215 p. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-09112006-102228/>> Acesso em: 10 abr. 2009.
59. LUZ, S.R. Uma jornada pelo Tietê. **Rev. Veja São Paulo**, São Paulo, ano 44, nº 39, p. 34-44. 28 set. 2011.
60. MELLO. J.L. **Avaliação da contaminação por HCH e DDT, dos leites de vaca e humano, provenientes da Cidade dos Meninos, Duque de Caxias – RJ.** 1998. 127 p. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) – Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://teses.iciet.fiocruz.br/pdf/mellojlm.pdf>> Acesso em: 17 set. 2011.
61. MENEGON JUNIOR, N.; PALOMBO, C.R. (Coord.). **Avaliação da qualidade e da quantidade das águas e sedimentos de rios e reservatórios.** São Paulo, 2011, 317 p. Apostila do Curso de Avaliação da qualidade e da quantidade das águas e sedimentos de Rios e Reservatórios – CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo.
62. MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Água: manual de uso – vamos cuidar de nossas águas implementando o Plano Nacional de Recursos Hídricos.** 2ª ed. Brasília, 2008.
63. MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n.º 344, de 25 de março de 2004. Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=445>> Acesso em: 10 abr. 2009.
64. MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n.º 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 26 jan. 2009.

65. NETTO, A.D.P; MOREIRA, J.C.; DIAS, A.E.X.O.; ARBILLA, G. FERREIRA, L.F.; OLIVEIRA, A.S.; BAREK, J. Avaliação da contaminação humana por hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAS) e seus derivados nitrados (NHPAS): uma revisão metodológica. **Rev. Química Nova**, v.23, n. 6, 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422000000600010%094> Acesso em: 26 mar. 2009.
66. NIWA, N.A. Análises Químicas Orgânicas. In: SATO, M.I.Z. (Coord.). **Significado, aplicação e interpretação de resultados de ensaios físico-químicos, hidrobiológicos, microbiológicos, ecotoxicológicos e toxicológicos em amostras ambientais**. São Paulo, 2011, 517 p. Apostila do Curso de Significado, aplicação e interpretação de resultados de ensaios físico-químicos, hidrobiológicos, microbiológicos, ecotoxicológicos e toxicológicos em amostras ambientais – CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo.
67. NORTOX. Endosulfan Nortox EC 350. Disponível em: <http://www.nortox.com.br/imagens/produtos/endosulfan_bula.pdf>. Acesso em 16 out. 2011.
68. PAGANINI, W.S. **A identidade de um Rio de contrastes: o Tietê e seus múltiplos usos**. São Paulo: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, 2007.
69. PAGANINI, W.S. Efeitos da disposição de esgotos no solo. 2001. Tese (Doutorado em Saúde Pública). Faculdade de Saúde Pública. Universidade de São Paulo. São Paulo.
70. PAVEI, P.T. Caracterização e estudo do comportamento de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos em ecossistemas aquáticos contaminados pelas atividades mineração de carvão. 2007. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais). Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma. Disponível em: <<http://www.bib.unesc.net/biblioteca/sumario/000035/0000359F.pdf>>. Acesso em: 07 jul. 2011.
71. PENTEADO, J.C.P; VAZ, J.N. O legado das bifenilas policloradas (PCBs). **Química Nova**, v. 24, n. 3, 390-398, 2001. Disponível em: <<http://quimicanova.sbq.org.br/qn/qnol/2001/vol24n3/15.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2009.

72. PEREIRA, D.N.; PÁDUA, H.B.; EYSINK, G.G.J.; BERTOLETTI, S.A.E.P. Níveis de contaminação por metais pesados e pesticidas na água, sedimento e peixes na represa de Barra Bonita. In: **13º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 4, n. 87, 1-21, 1985.
73. PEREIRA, F.; TUNA, J.; ANDRADE, H. **Lindano**. 2008. Trabalho de Disciplina (Mestrado Integrado em Ciências Farmacêuticas) – Faculdade de Farmácia, Universidade do Porto, Porto. Disponível em: <http://www.ff.up.pt/toxicologia/monografias/ano0708/g31_lindano/Lindano/B09EFACD-AE24-4BCF-9B5C-5F6F40082F66.html> Acesso em: 24 set. 2011.
74. PIVELI, R.P.; KATO, M.T. **Qualidade das águas e poluição: aspectos físico-químicos**. São Paulo: ABES, 2005.
75. PLANETA ORGÂNICO. **Agrotóxicos**. Disponível em: <<http://www.planetaorganico.com.br/agrothist1.htm>> Acesso em: 17 set. 2011.
76. POMPEU, C.T. Águas doces no direito brasileiro. In: REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G. (Coord.). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escrituras, 2002.
77. QUINÁGLIA, G.A. Química Ambiental. In: SATO, M.I.Z. (Coord.). **Significado, aplicação e interpretação de resultados de ensaios físico-químicos, hidrobiológicos, microbiológicos, ecotoxicológicos e toxicológicos em amostras ambientais**. São Paulo, 2011, 517 p. Apostila do Curso de Significado, aplicação e interpretação de resultados de ensaios físico-químicos, hidrobiológicos, microbiológicos, ecotoxicológicos e toxicológicos em amostras ambientais – CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo.
78. REBOUÇAS, A.C. Água doce no mundo e no Brasil. In: REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G. (Coord.). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escrituras, 2002.
79. REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G. (Coord.). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escrituras, 2002.
80. SABESP – COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Projeto Tietê**. Disponível em: <<http://www2.sabesp.com.br/projetotiete/>> Acesso em: 24 jul. 2011.

81. SALATI, E.; LEMOS, H.M.; SALATI, E. Água e o desenvolvimento sustentável. In: REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G. (Coord.). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escrituras, 2002.
82. SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. Coordenadoria de Educação Ambiental. Rocha, G.A.; Assis, N.M.M.V.; Mancini, R.M.O.M.; Melo, T.S.; Buchianeri, V.; Barbosa, W.E.S. **Recursos hídricos**. São Paulo: SMA/CEA, 2011.
83. SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. Resolução SMA – 39, de 21-7-2004. Disponível em: http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamentoo/legislacao/estadual/resolucoes/2004_Res_SMA_39.pdf. Acesso em: 20 jun. 2012.
84. SÃO PAULO. Governo do Estado de São Paulo. Lei Complementar nº 1.166, de 9 de janeiro de 2012. Cria a Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte, e dá providências correlatas. Disponível em: <<http://www.jusbrasil.com.br/legislacao/1030690/lei-complementar-1166-12-sao-paulo-sp>> Acesso em: 24 mar. 2012.
85. SÃO PAULO. Governo do Estado de São Paulo. Lei nº 12.288, de 22 de fevereiro de 2006. Dispõe sobre a eliminação controlada dos PCBs e dos seus resíduos, a descontaminação e da eliminação de transformadores, capacitores e demais equipamento elétricos que contenham PCBs, e dá providências correlatas. Disponível em: <http://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2006/lei%20n.12.288,%20de%2022.02.2006.htm>> Acesso em: 20 jun. 2012.
86. SEADE – FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS. **Anuário Estatístico do Estado de São Paulo 2003**. São Paulo: SEADE, 2003. Disponível em: <<http://www.seade.gov.br/produtos/anuario/index.php?anos=2003&tip=ment&opt=temas&cap=1&tema=mam>>. Acesso em: 23 fev. 2009.
87. SEADE – FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS. **Informações dos Municípios Paulistas – IMP: População total do Estado de São Paulo – 1980-2011**. Disponível em: http://www.seade.gov.br/produtos/imp/index.php?page=consulta&action=ano_save#0. Acesso em: 31 jul. 2011.

88. SILVA, G.A.; SIMÕES, R.A.G. Água na indústria. In: REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G. (Coord.). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escrituras, 2002.
89. SILVA, J. DA. **Ocorrência de pesticidas organoclorados e bifenilos policlorados em tartarugas marinhas *Chelonia mydas***. 2009. 57 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/21/21133/tde-22092009-155001/pt-br.php>> Acesso em: 17 set. 2011.
90. TRAMONTINA, C. **Rios de São Paulo: Tietê, presente e futuro**. São Paulo: BEI Comunicação, 2011.
91. TRENTIN, P.S. Introdução ao controle de qualidade analítica. In: SATO, M.I.Z. (Coord.). **Significado, aplicação e interpretação de resultados de ensaios físico-químicos, hidrobiológicos, microbiológicos, ecotoxicológicos e toxicológicos em amostras ambientais**. São Paulo, 2011, 517 p. Apostila do Curso de Significado, aplicação e interpretação de resultados de ensaios físico-químicos, hidrobiológicos, microbiológicos, ecotoxicológicos e toxicológicos em amostras ambientais – CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo.
92. TUCCI, C.E.M. Água no meio urbano. In: REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G. (Coord.). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escrituras, 2002.
93. TUNDISI, J.G.; TUNDISI, T.M.; ROCHA, O. Ecossistemas de águas interiores. In: REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G. (Coord.). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escrituras, 2002.
94. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Faculdade de Saúde Pública. **Guia de apresentação de teses**. 2. ed. São Paulo: A Biblioteca, 2006. 109 p.
95. VIEIRA, V.P.P.B. Água doce no semiárido. In: REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G. (Coord.). **Águas doces no Brasil**. São Paulo: Escrituras, 2002.
96. WIKIPÉDIA. Toxafeno. In: **Wikipédia: A enciclopédia livre**. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Toxafeno>. Acesso em: 22 jan. 2012.

8. ANEXOS

8.1. Currículo Lattes – Portaria CPG/03/08

Ana Paula Silva Campos

Endereço para acessar este CV: <http://lattes.cnpq.br/0918834800597893>
Última atualização do currículo em 02/09/2012

Possui graduação em Tecnologia em Processamento de Dados pela Universidade Presbiteriana Mackenzie (1999), pós-graduação em Administração Industrial pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Mestrado em Saúde Pública pela Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo e Doutorado em Ciências no Programa de Saúde Pública pela Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo. Atualmente é Gerente Comercial da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Tem experiência na área de ciência da computação com ênfase em informática, administração comercial com ênfase na área ambiental. **(Texto informado pelo autor)**

Identificação

Nome

Ana Paula Silva Campos

Nome em citações bibliográficas

CAMPOS, A. P. S.

Sexo

Feminino

Endereço

Endereço Profissional

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, SETOR COMERCIAL.
Av. Prof. Frederico Hermann Junior, 345
Alto de Pinheiros
05459-900 - São Paulo, SP - Brasil
Telefone: (011) 31333398
Fax: (011) 31333399
URL da Homepage: www.cetesb.sp.gov.br

Wanderley da Silva Paganini

Endereço para acessar este CV: <http://lattes.cnpq.br/5175772273020198>
Última atualização do currículo em 24/08/2012

possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (1978), mestrado em Saúde Pública pela Faculdade de Saúde Pública Universidade de São Paulo (1997), doutorado em Saúde Pública pela Faculdade de Saúde Pública Universidade de São Paulo (2001) e livre-docência em saneamento básico e ambiental pela Faculdade de Saúde Pública Universidade de São Paulo (2006). Atualmente é professor associado da Universidade de São Paulo e Superintendente de Gestão Ambiental da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Tem experiência na área de Engenharia Sanitária, com ênfase em Tratamento de Esgotos, atuando principalmente nos seguintes temas: tratamento de esgotos para pequenas comunidades, disposição de esgotos no solo, saneamento básico, tecnologias de baixo custo, tratamento de águas e gestão ambiental. (Texto informado pelo autor)

Identificação

Nome

Wanderley da Silva Paganini

Nome em citações bibliográficas

PAGANINI, W. S.; Paganini, Wanderley da Silva

Sexo

Masculino

Endereço

Endereço Profissional

Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, Superintendência de Gestão Ambiental,
Rua Costa Carvalho, 300
Pinheiros
05429-000 - São Paulo, SP - Brasil
Telefone: (11) 33888312
Fax: (11) 33889617
URL da Homepage: <http://www.sabesp.com.br>