**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA AMBIENTAL**

CAROLINE NUNES PARREIRA

**AVALIAÇÃO DA HIDRODINÂMICA E DA POLUIÇÃO NO CANAL DE
PIAÇAGUERA, NO ESTUÁRIO DE SANTOS - SÃO VICENTE (SP), A PARTIR DE
INFORMAÇÕES AMBIENTAIS E MODELAGEM NUMÉRICA**

**SÃO PAULO
2012**

CAROLINE NUNES PARREIRA

**AVALIAÇÃO DA HIDRODINÂMICA E DA POLUIÇÃO NO CANAL DE
PIAÇAGUERA, NO ESTUÁRIO DE SANTOS - SÃO VICENTE (SP), A PARTIR DE
INFORMAÇÕES AMBIENTAIS E MODELAGEM NUMÉRICA**

**Dissertação apresentada ao Programa de
Pós Graduação em Ciência Ambiental
(PROCAM) da Universidade de São Paulo
para obtenção do título de Mestre em
Ciência Ambiental.**

Orientador: Prof. Dr. Joseph Harari

Versão Corrigida

**(versão original disponível da Biblioteca do Instituto de Eletrotécnica e Energia e na Biblioteca Digital de Teses e
Dissertações da USP)**

**SÃO PAULO
2012**

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

FICHA CATALOGRÁFICA

PARREIRA, Caroline Nunes

Avaliação da hidrodinâmica e da poluição no Canal de Piaçaguera, no Estuário de Santos-São Vicente (SP), a partir de informações ambientais e modelagem numérica. Caroline Nunes Parreira; orientador Joseph Harari. – São Paulo, 2012.

176 f.

Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós Graduação em Ciência Ambiental da Universidade de São Paulo.

1. Poluição do estuário 2. Modelagem Hidrodinâmica

Universidade de São Paulo

PROCAM

Avaliação da hidrodinâmica e da poluição no Canal de Piaçaguera, no Estuário de Santos -
São Vicente (SP), a partir de informações ambientais e modelagem numérica

Caroline Nunes Parreira

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental da
Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Mestre em
Ciência Ambiental

Aprovada em ____/____/____

Comissão Julgadora

Prof^a. Dr^a.
Instituição:

Prof^a. Dr^a.
Instituição:

Prof. Dr. Joseph Harari do Deptº. de Oceanografia Física
do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo

*Dedico esse trabalho a quem compartilhou comigo o início
dessa importante jornada e tanto me incentivou, minha mãe
Elisabete Nunes Parreira (in memoriam), e à minha filha
Larissa “Pitica” que me mostra diariamente os verdadeiros
valores dessa existência.*

AGRADECIMENTOS

Ao Ser Supremo, pela vida e a possibilidade de empreender esse caminho evolutivo, por propiciar tantas oportunidades de aprendizagem e por colocar em meu caminho pessoas amigas e iluminadas;

Aos meus pais Elisabete Nunes Parreira e José Carlos Parreira (in memoriam), por tudo;

À minha família que me fortalece sempre, em especial à minha tia Maria Tereza;

Às minhas amigas irmãs Lia Alves e Tatiana Franco, pela parceria e o incentivo;

Ao meu orientador Dr. Joseph Harari, por dividir seu conhecimento, por todos os momentos de paciência, pela competência e pela pessoa rara;

À Alexandra Sampaio e Elisabete Braga pela contribuição fundamental nesse trabalho;

Ao meu parceiro de laboratório Vilberto Kato, pela amizade e pelas colaborações;

À Vanilde (do laboratório de Oceanografia Física do IO), pela energia positiva de sempre e pessoa amiga;

À Capes, pelo auxílio à pesquisa através da concessão da bolsa de estudo;

Ao Procam, que proporcionou a realização desse trabalho.

“Todos os homens, por natureza, desejam saber.”

Aristóteles

PARREIRA, Caroline Nunes. **Avaliação da hidrodinâmica e da poluição no Canal de Piaçaguera, no Estuário de Santos - São Vicente (SP), a partir de informações ambientais e modelagem numérica**. 2012. 176f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós Graduação em Ciência Ambiental (PROCAM). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

RESUMO

Localizados na interface entre a terra e o mar, sistemas estuarinos estão propensos a grandes influências de substâncias que são introduzidas por diversas fontes, incluindo rios, deposição atmosférica, efluentes e escoamento de água superficial. Estas áreas, em geral, possuem um forte gradiente de concentração de substâncias químicas, onde essas são transformadas, retidas ou eliminadas. O Canal de Piaçaguera está inserido no Sistema Estuarino de Santos e São Vicente (SESS), localizado na Bacia Hidrográfica da Baixada Santista, situada na região Região Metropolitana da Baixada Santista (RMBS), que compreende os municípios de Cubatão, Santos, São Vicente, Guarujá e Praia Grande. No SESS foram implantadas, na década de 50, diversas indústrias de base (siderurgia, petroquímica e de fertilizantes), que assim como o Porto de Santos, maior da América Latina, detém alto potencial poluidor, o que fez desse estuário um grande receptor de resíduos tóxicos e efluentes líquidos contaminados. A região do Canal de Piaçaguera, área considerada mais crítica em termos de poluição desse estuário, recebe efluentes de diversas indústrias e tem como outras importantes fontes poluidoras as atividades de dragagem, deposição atmosférica, águas provenientes de drenagem superficial, esgotos clandestinos e o Porto de Santos. O presente trabalho buscou ampliar o conhecimento da poluição das águas superficiais do Canal de Piaçaguera e verificar a influência da hidrodinâmica na contaminação dessa área e em outras áreas do estuário. Primeiramente foi realizada uma avaliação dos dados de qualidade das águas superficiais da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb) medidos em pontos dos rios Mogi, Piaçaguera e Cubatão, os quais despejam suas águas no canal, dos anos de 2000 a 2010. Para estimar as concentrações e área atingidas foram realizadas simulações da dispersão de poluentes em pontos dentro e fora do canal, a partir da modelagem numérica acoplada, de hidrodinâmica e dispersão. O diagnóstico de qualidade da água indica comprometimento da qualidade ambiental dos corpos d'água estudados, visto que apresentam teores acentuados de poluentes diversos e de fontes difusas, destacando-se as industriais e dos terminais portuários. O rio Piaçaguera contribuiu com o maior número de poluentes e mais elevada concentração deles. A modelagem demonstrou que o Canal de Piaçaguera apresenta circulação com energia bem menor que outras áreas do estuário, sendo notório o menor espalhamento de poluentes nessa área, de modo que a baixa velocidade das correntes no Canal é associada a menor dispersão de partículas. Considerando o lançamento contínuo de poluentes e fatores agravantes como, baixa hidrodinâmica, a bioacumulação e resuspensão dos sedimentos contaminados, é evidente que essa área necessita de maior controle e rigidez na disposição dos materiais com alto potencial poluidor.

Palavras chave: Poluição do Estuário, Dispersão de Poluentes, Modelagem Hidrodinâmica.

PARREIRA, Caroline Nunes. **Evaluation of hydrodynamics and pollution at Piaçaguera Channel, on the Firth of Santos - São Vicente (SP), from numerical modeling and environmental information.** 2012. 176f. Thesis Master's Dissertacion - Graduate Program of Environmental Science (PROCAM). Universidade de São Paulo, Sao Paulo, 2012.

ABSTRACT

Located at the interface between land and sea, estuarine systems are prone to large influences of substances that are introduced by various sources, including rivers, atmospheric deposition, wastewater and surface water runoff. These areas generally have a strong concentration gradient of chemicals where these are transformed, retained or eliminated. The Piaçaguera's channel is inserted at the estuarine system of Santos and São Vicente (SESS), located in the Santos Basin, located in the metropolitan area of Santos (RMBS), which includes the cities of Cubatao, Santos, Sao Vicente, Guaruja and Praia Grande. At the SESS were implanted, in the 1950s, several basic industries (steel, petrochemicals and fertilizers), that as the Port of Santos, Latin America's largest, has high pollution potential as well as the Port of Santos, what made this a great receiver estuary of toxic waste and contaminated wastewater. The region Piaçaguera's channel, an area considered most critical in terms of pollution of the estuary receives effluents from various industries and its other major pollution sources of dredging activities, atmospheric deposition, water from surface drainage, underground running down and the Port of Santos . This study aimed to expand knowledge of the pollution of surface waters of the Channel Piaçaguera and the influence of hydrodynamics on the contamination of the area. We first carried out an evaluation of the data quality of surface waters of the State Environmental Company of São Paulo (Cetesb) at the points measured in the river Mogi, Piaçaguera and Cubatão, which discharge their waters into the canal, of the years 2000 to 2010. To estimate the concentrations and area affected were carried out simulations of pollutant dispersion in points inside and outside the channel from the coupled numerical modeling of hydrodynamics and dispersion. The diagnosis of water quality indicates impairment of environmental quality of the water bodies studied, since they exhibit high values concentration of various pollutants and diffuse sources, especially the industrial and port terminals. The river Piaçaguera contributed the largest number of pollutants and the higher their concentration theirs. The modeling demonstrated that the Piaçaguera's channel has circulation with far less energy than other areas of the estuary, being remarkable the lowest spread of pollutants in this area, so that the low kinetic energy of currents in the channel is associated with a lower dispersion of particles. Considering the continuous discharge of pollutants and aggravating factors such as low hydrodynamics, bioaccumulation and resuspension of contaminated sediments, it is clear that this area needs greater rigidity in the control and disposal of materials with high pollution potential.

Keywords: Estuary Pollution, Modeling hydrodynamic, dispersion of pollutants

LISTA DE FIGURAS

Figura 01. Região de estudo: Canal de Piaçaguera, inserido no Sistema Estuarino de Santos – São Vicente.....	18
Figura 02. Localização das principais fontes poluidoras do Estuário de Santos e São Vicente.....	23
Figura 03. Região de estudo e seus principais rios.....	30
Figura 04. Seção longitudinal de um sistema estuarino indicando: as zonas de Maré de Rio (ZR), de Mistura (ZM) e a Costeira (ZC). São também apresentadas as características da estrutura vertical de salinidade e circulação médias. Q_f denota a descarga fluvial ou vazão do rio (Simpson, 1997).....	32
Figura 05. Diagrama esquemático de um estuário. As isohalinas mostram a estratificação horizontal da salinidade média entre os valores $S = 1$ e $S = 36\text{‰}$ nas proximidades do rio e na região costeira adjacente, respectivamente.....	33
Figura 06. Médias mensais normais (de todos os janeiros, todos os fevereiros, etc ...) da pressão ao nível do mar, temperatura do ar, ventos de superfície, precipitação e evaporação (de cima para baixo), com respectivos desvios padrão, calculadas pelo modelo NCEP / NCAR para o período de 1980 – 2004, na posição $22^{\circ} 30' \text{S}$ e 45°W	37
Figura 07. Batimetria (em metros) e posições dos 20 pontos selecionados no estudo da dinâmica do estuário.....	41
Figura 08. Nível do mar e correntes marinhas na superfície (0 m), 5 m e 10 m, calculadas pelo modelo hidrodinâmico para o mês de janeiro de 2009, no ponto selecionado 13 da grade do estuário.....	43
Figura 09. Intensidade da corrente na superfície, calculada pelo modelo numérico hidrodinâmico, para o mês de janeiro de 2009, no ponto selecionado 13 da grade do estuário.....	43
Figura 10. Correntes médias diárias na superfície (m/s) no estuário de Santos, para os dias 11 e 20 de janeiro de 2009 - verão (plotagem de 1 vetor a cada 4 calculados pelo modelo numérico hidrodinâmico).....	44
Figura 11. Correntes instantâneas na superfície (m/s) no estuário de Santos, para 04:00 GMT do dia 11 e 16:00 GMT do dia 20 de janeiro de 2009 - verão (plotagem de 1 vetor a cada 4 calculados pelo modelo numérico hidrodinâmico).....	45
Figura 12. Nível do mar e correntes marinhas na superfície 0 m, 5 m e 10 m, calculadas pelo modelo hidrodinâmico para o mês de julho de 2009, no ponto selecionado 13 da grade do estuário.....	48

Figura 13. Intensidade da corrente na superfície, calculada pelo modelo numérico hidrodinâmico, para o mês de julho de 2009, no ponto selecionado 13 da grade do estuário.....	48
Figura 14. Correntes médias diárias na superfície (m/s) no estuário de Santos, para os dias 07 e 24 de julho de 2009 (plotagem de 1 vetor a cada 4 calculados pelo modelo numérico hidrodinâmico).....	49
Figura 15. Correntes instantâneas na superfície (m/s) no estuário de Santos, para 15:00 GMT do dia 07 e 22:00 GMT do dia 24 de julho de 2009 (plotagem de 1 vetor a cada 4 calculados pelo modelo numérico hidrodinâmico).....	50
Figura 16. Correntes de superfície em oito pontos da área estuarina, medidos em Setembro de 2005.....	52
Figura 17. Principais sub-bacias dos rios contribuintes do sistema estuarino de Santos e São Vicente.....	54
Figura 18. Imagem Aérea do SESS de 2009, com indicação dos pontos de amostragem da Cetesb. Fonte: Google Earth, 2011.....	58
Figura 19. As principais indústrias do Complexo industrial de Cubatão e o Canal de Piaçaguera.....	67
Figura 20. Batimetria da grade utilizada no modelo hidrodinâmico (em metros).....	73
Figura 21. Séries temporais de medições do perfilador de correntes ADCP (contínuo, azul) e de cálculos do modelo (pontilhado, vermelho) para a elevação da superfície.....	76
Figura 22. Séries temporais de medições do perfilador de correntes ADCP (contínuo, azul) e de cálculos do modelo (pontilhado, vermelho) para a componente NS de corrente a 5 m de profundidade.....	77
Figura 23. Correntes de superfície, medidas em janeiro de 2010, na parte superior do Sistema Estuarino de Santos e São Vicente, onde está inserido o Canal de Piaçaguera.....	102
Figura 24. Correntes de superfície, medidas em janeiro de 2010, no Sistema Estuarino de Santos e São Vicente ao longo do Canal do Porto.....	103
Figura 25. Séries temporais de nível do mar e de correntes (na superfície e a 05 m e 10 m de profundidade), no Ponto 03 – Canal de Acesso, localizado na porção inferior do estuário.....	104
Figura 26 - Séries temporais de nível do mar e de correntes (na superfície e a 5 m e 10 m de profundidade), no Ponto 07 – Porto (Início), localizado na porção inferior do estuário.....	105

Figura 27- Séries temporais de nível do mar e de correntes (na superfície e a 5 m e 10 m de profundidade), no Ponto 13 – Ilha Barnabé, localizado na porção inferior do estuário.....	106
Figura 28 – Séries temporais de nível do mar e de correntes (na superfície e a 5 m e 10 m de profundidade), no Ponto 16 – Lagoa do Canéu, localizado no Canal de Piaçaguera.....	107
Figura 29 – Séries temporais de nível do mar e de correntes (na superfície e a 5 m e 10 m de profundidade), no Ponto 17 - Canal de Piaçaguera.....	108
Figura 30 – Séries temporais de nível do mar e de correntes (na superfície e a 05 m e 10 m de profundidade), no Ponto 18 - Canal de Piaçaguera.....	109
Figura 31 – Concentrações percentuais ao final de 12 horas após o despejo de contaminantes, na simulação de dispersão no ponto 16, localizado próximo à Lagoa do Canéu, referente a 19 de janeiro de 2007.....	111
Figura 32 - Concentrações percentuais ao final de 12 horas após o despejo de contaminantes, na simulação de dispersão no ponto 17, localizado no Canal de Piaçaguera, referente a 19 de janeiro de 2007.....	112
Figura 33 – Concentrações percentuais ao final de 12 horas após o despejo de contaminantes, na simulação de dispersão no ponto 18, localizado no Canal de Piaçaguera, referente a 19 de janeiro de 2007.....	113
Figura 34 - Concentrações percentuais ao final de 12 horas após o despejo de contaminantes, na simulação de dispersão no ponto 03, localizado no Canal do Porto - Acesso, referente a 19 de janeiro de 2007.....	114
Figura 35 - Concentrações percentuais ao final de 12 horas após o despejo de contaminantes, na simulação de dispersão no ponto 07, localizado no Canal do Porto - Início, referente a 19 de janeiro de 2007.....	115
Figura 36 - Concentrações percentuais ao final de 12 horas após o despejo de contaminantes, na simulação de dispersão no ponto 13, localizado próximo à Ilha Barnabé, referente a 19 de janeiro de 2007.....	116
Figura 37 – Distribuição de partículas ao final de 06 horas após o despejo de 738 partículas, na simulação de dispersão no ponto16, localizado próximo à Lagoa do Canéu, no Canal de Piaçaguera, referente a 19 de janeiro de 2007.....	118
Figura 38 – Densidade de partículas ao final de 06 horas após o despejo de 738 partículas, na simulação de dispersão no ponto16, localizado próximo a Lagoa do Canéu, no Canal de Piaçaguera, referente a 19 de janeiro de 2007.....	119

Figura 39 – Distribuição de partículas ao final de 06 horas após o despejo de 738 partículas, na simulação de dispersão no ponto 17, localizado no Canal de Piaçaguera, referente a 19 de janeiro de 2007.....	120
Figura 40 – Densidade de partículas ao final de 06 horas após o despejo de 738 partículas, na simulação de dispersão no ponto17, localizado no Canal de Piaçaguera, referente a 19 de janeiro de 2007.....	121
Figura 41 – Distribuição de partículas ao final de 06 horas após o despejo de 738 partículas, na simulação de dispersão no ponto 18, localizado no Canal de Piaçaguera, referente a 19 de janeiro de 2007.....	122
Figura 42– Densidade de partículas ao final de 06 horas após o despejo de 738 partículas, na simulação de dispersão no ponto 18, localizado no Canal de Piaçaguera, referente a 19 de janeiro de 2007.....	123
Figura 43 – Distribuição de partículas ao final de 06 horas após o despejo de 738 partículas, na simulação de dispersão no ponto 03, localizado no Canal do Porto - Acesso, referente a 19 de janeiro de 2007.....	124
Figura 44 – Densidade de partículas ao final de 06 horas após o despejo de 738 partículas, na simulação de dispersão no ponto 03, localizado no Canal do Porto - Acesso, referente a 19 de janeiro de 2007.....	125
Figura 45 – Distribuição de partículas ao final de 06 horas após o despejo de 738 partículas, na simulação de dispersão no ponto 07, localizado no Canal do Porto - Início, referente a 19 de janeiro de 2007.....	126
Figura 46 – Densidade de partículas ao final de 06 horas após o despejo de 738 partículas, na simulação de dispersão no ponto 07, localizado no Canal do Porto - Início, referente a 19 de janeiro de 2007.....	127
Figura 47 – Distribuição de partículas ao final de 06 horas após o despejo de 738 partículas, na simulação de dispersão no ponto 13, localizado próximo a Ilha Barnabé, no Canal do Porto, referente a 19 de janeiro de 2007.....	128
Figura 48 – Densidade de partículas ao final de 06 horas após o despejo de 738 partículas, na simulação de dispersão no ponto 13, próximo a Ilha Barnabé, no Canal do Porto, referente a 19 de janeiro de 2007.....	129

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Disponibilidade hídrica natural e demandas de água urbana e industrial.....	34
Tabela 02. Amplitudes de maré ao longo do Estuário.....	39
Tabela 03. Diferenças de fase de maré (em minutos) ao longo do Estuário. Referência Ilha das Palmas.....	40
Tabela 04. Posições geográficas dos pontos de controle da grade do estuário analisados nesse trabalho.....	41
Tabela 05. Estatística básica dos resultados do modelo nos 20 pontos selecionados, com amplitude do nível do mar (ampl. = valores máximos – valores mínimos), seu desvio padrão (DP), máximas correntes de superfície (Máx.) e seu desvio padrão (DP), para os resultados da simulação de janeiro de 2009 e suas componentes de maré e residual (total – maré).....	46
Tabela 06. Estatística básica dos resultados do modelo nos 20 pontos selecionados, com amplitude do nível do mar (ampl. = valores máximos – valores mínimos), seu desvio padrão (DP), máximas correntes de superfície (Máx.) e seu desvio padrão (DP), para os resultados da simulação de julho de 2009 e suas componentes de maré e residual (total – maré).....	51
Tabela 07. Posição geográfica dos pontos de amostragem da Cetesb.....	57
Tabela 08. Estatística comparativa de medições e resultados do modelo, considerando a elevação e a componente ns de corrente, na superfície e a 05 e 10 m de profundidade (valores totais e contribuição de maré): coeficientes de correlação e seus níveis de significância (correl, $\pm$), médias das diferenças (difmed) e seu desvios padrão (dpadr), médias dos erros absolutos (meabs) e parâmetros de Wilmott (skill).....	78
Tabela 09 – Valores Máximos Permitidos dos parâmetros químicos estudados, conforme a Resolução Conama nº 20/1986 e a Resolução Conama nº 357/2005.....	81
Tabela 10. Tabela Anual de Qualidade das Águas Superficiais do Sistema Estuarino de Santos e São Vicente, para o ano de 2000, com valores de amplitude, concentrações máximas e respectivas datas de amostragem em cada corpo d'água.....	83
Tabela 11. Tabela Anual de Qualidade das Águas Superficiais do Sistema Estuarino de Santos e São Vicente, para o ano de 2001, com valores de amplitude, concentrações máximas e respectivas datas de amostragem em cada corpo d'água.....	84
Tabela 12. Tabela Anual de Qualidade das Águas Superficiais do Sistema Estuarino de Santos e São Vicente, para o ano de 2002, com valores de amplitude, concentrações máximas e respectivas datas de amostragem em cada corpo d'água.....	86
Tabela 13 – Tabela Anual de Qualidade das Águas Superficiais do Sistema Estuarino de Santos e São Vicente, para o ano de 2003, com valores de amplitude, concentrações máximas e respectivas datas de amostragem em cada corpo d'água.....	87

Tabela 14. Tabela Anual de Qualidade das Águas Superficiais do Sistema Estuarino de Santos e São Vicente, para o ano de 2004, com valores de amplitude, concentrações máximas e respectivas datas de amostragem em cada corpo d'água.....	89
Tabela 15. Tabela Anual de Qualidade das Águas Superficiais do Sistema Estuarino de Santos e São Vicente, para o ano de 2005, com valores de amplitude, concentrações máximas e respectivas datas de amostragem em cada corpo d'água.....	90
Tabela 16. Tabela Anual de Qualidade das Águas Superficiais do Sistema Estuarino de Santos e São Vicente, para o ano de 2006, com valores de amplitude, concentrações máximas e respectivas datas de amostragem em cada corpo d'água.....	91
Tabela 17. Tabela Anual de Qualidade das Águas Superficiais do Sistema Estuarino de Santos e São Vicente, para o ano de 2007, com valores de amplitude, concentrações máximas e respectivas datas de amostragem em cada corpo d'água.....	93
Tabela 18. Tabela Anual de Qualidade das Águas Superficiais do Sistema Estuarino de Santos e São Vicente, para o ano de 2008, com valores de amplitude, concentrações máximas e respectivas datas de amostragem em cada corpo d'água.....	95
Tabela 19. Tabela Anual de Qualidade das Águas Superficiais do Sistema Estuarino de Santos e São Vicente, para o ano de 2009, com valores de amplitude, concentrações máximas e respectivas datas de amostragem em cada corpo d'água.....	96
Tabela 20. Tabela Anual de Qualidade das Águas Superficiais do Sistema Estuarino de Santos e São Vicente, para o ano de 2010, com valores de amplitude, concentrações máximas e respectivas datas de amostragem em cada corpo d'água.....	98

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	Fontes Poluidoras localizadas junto ao Sistema Estuarino de Santos – São Vicente (SP).....	19
1.2	Modelagem Numérica Hidrodinâmica – Ferramenta para estudos de poluição.....	23
2	JUSTIFICATIVA.....	25
3	OBJETIVOS	28
4	ÁREA DE ESTUDO	29
4.1	Localização e Características Gerais	29
4.1.1	Estuário	31
4.2	Efeito da salinidade nos rios	32
4.3	Características climáticas	35
4.4	Caracterização Hidrodinâmica do SESS	38
4.4.1	Influência Atmosférica e Correntes Marinhas	40
4.4.2	Características da Bacia Hidrográfica	53
5	METODOLOGIA	56
5.1	1ª Etapa - Dados de qualidade da água.....	56
5.1.1	Pontos de amostragem da Cetesb	57
5.1.2	Classificação e Limites quanto à Legislação	58
5.1.3	Tipo de Análise e Variáveis	59
5.2	2ª Etapa – Modelagem hidrodinâmica.....	72
5.2.1	Área de aplicação do modelo.....	72
5.2.2	Características do Modelo Utilizado	73
5.3	3ª Etapa – Modelagem da dispersão	78
6	RESULTADOS e DISCUSSÃO	80
6.1	1ª Etapa - Dados da qualidade da água.....	80
6.1.1	Qualidade das Águas Superficiais considerando os anos de 2000 a 2010	81
6.1.2	2ª Etapa – Modelagem Hidrodinâmica.....	100
6.2	3ª Etapa – Modelagem da dispersão de contaminantes	110
7	CONCLUSÕES.....	130
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	132
9	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	133
10	ANEXOS.....	143

1. INTRODUÇÃO

No curso da história humana, as planícies costeiras e vales de rios têm sido em geral as áreas mais povoadas, devido à proximidade aos corpos de água; atualmente, aproximadamente 60% da população mundial vive ao longo de costas e estuários (LINDEBOOM, 2002). Localizados na interface entre a terra e o mar, os estuários são sítios de significativa diversidade biótica e desenvolvimento humano, propiciando proteção costeira, turismo, purificação de água, reprodução de espécies de peixes, entre outros. A produtividade biológica, nessas áreas, sustenta um alto nível de produção alimentar, sendo a principal atração para o estabelecimento humano, assim como o uso de rios e estuários como rotas de transporte, aspecto fundamental para a economia e o desenvolvimento social (MATEUS *et al.*, 2008).

Sistemas estuarinos estão propensos a um conjunto de influências de substâncias que são introduzidas por diversas fontes, incluindo rios, deposição atmosférica, efluentes e escoamento de água superficial. Estas áreas, em geral, apresentam forte gradiente de concentração de substâncias químicas, constituindo regiões nas quais a matéria orgânica e os nutrientes são transformados, retidos ou eliminados (TOMMASI, 1979; GARNIER *et al.* 2010).

O presente estudo é referente ao Canal de Piaçaguera, inserido no Sistema Estuarino de Santos e São Vicente (SESS), em cuja bacia de drenagem estão situados os municípios de Cubatão, Santos, São Vicente, Guarujá e Praia Grande, os quais fazem parte da Região Metropolitana da Baixada Santista (RMBS), a terceira maior região metropolitana do Estado de São Paulo (Figura 01). A região da Baixada Santista possui complexo econômico e social bem estabelecido e desenvolvido, contando com o Porto de Santos, o maior porto do Brasil e da América Latina, além do pólo petroquímico e siderúrgico em Cubatão, o centro comercial e de serviços em Santos e a exploração turística (GASPARRO *et al.*, 2008).

Figura 01 – Região de estudo: Canal de Piaçaguera, inserido no Sistema Estuarino de Santos e São Vicente, situado no estado de São Paulo - Brasil.

No sistema estuarino em questão, em meio a uma ampla rede de canais estuarinos e extensos manguezais, confinados entre o oceano e as escarpas da Serra do Mar, foram implantadas, a partir da década de 50, diversas indústrias de base (siderurgia, petroquímica e de fertilizantes). Isso se deve à proximidade da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), à

construção de uma desenvolvida infraestrutura de transporte rodoviário, ferroviário e portuário, bem como à disponibilidade local de água e energia elétrica.

Esta atividade industrial, de alto potencial poluidor, fez do Sistema Estuarino de Santos e São Vicente um grande receptor de resíduos tóxicos e efluentes líquidos contaminados. Nesse sentido, devido a um grande adensamento urbano e industrial, a quantidade de poluentes presentes na água e nos sedimentos do sistema estuarino é bastante expressiva e heterogênea, em decorrência dos diversos tipos de descarga de esgotos e rejeitos industriais e domésticos, além de atividades de dragagem dos canais (CETESB, 1978; TOMMASI, 1979; CETESB, 2001).

Importantes fontes de poluição existentes na região de estudo são provenientes das atividades do complexo industrial de Cubatão, com o despejo irregular de resíduos sólidos industriais, das dragagens do Canal do Porto e atividades portuárias. As descargas de esgoto doméstico de Santos, São Vicente e Cubatão e Guarujá, os aterros sanitários e lixões representam ainda uma contribuição substancial para a degradação dos estuários de Santos e São Vicente, o que resulta na eutrofização do ambiente aquático e o comprometimento da qualidade das águas. (BRAGA *et al*, 2000; MEDEIROS & BÍCEGO, 2004b; HORTELLANI *et al.*, 2008; CETESB, 2001).

Os esgotos são grande fonte de nutrientes, matéria orgânica e microorganismos. No entanto, efluentes domésticos também veiculam alguns contaminantes químicos, como metais pesados, fenóis, clorofórmio e outros compostos presentes em produtos domésticos e hospitalares (CETESB, 2001).

A seguir, serão descritas as principais fontes poluidoras do Sistema Estuarino de Santos – São Vicente.

1.1. Fontes Poluidoras localizadas junto ao Sistema Estuarino de Santos – São Vicente (SP)

a) Porto de Santos

Nas áreas portuárias, em função da intensa movimentação, em termo de volumes e tipos de cargas embarcadas e desembarcadas, estima-se que 97% dos resíduos gerados não

têm destino adequado, sendo parte lançada no mar e parte incinerada sob condições precárias. Existem, também, os riscos potenciais nas áreas destinadas à movimentação e armazenagem de mercadorias, como fertilizantes, grânéis sólidos e líquidos, inflamáveis, corrosivos e tóxicos, nos canais do Saboó, Alemoa e Ilha Barnabé. (HORTELLANI *et al.*, 2008).

As operações rotineiras de manutenção de navios, limpeza de tanques, lavagem de porões, lixiviação de cascos e tintas, bem como as perdas de substâncias nas operações de carga e descarga, armazenamento e transferência de produtos químicos, liberam grande quantidade de poluentes para a região.

b) Esgotos clandestinos

Embora a maior parte do esgoto doméstico das cidades de Santos e São Vicente seja disposta por meio de emissário submarino, ocorre ainda na baixada um grande aporte direto e/ou indireto de esgotos para o estuário, em virtude dos lançamentos provenientes de ocupações existentes nas margens e de esgotos clandestinos (ABESSA, 2002).

Dados de levantamentos municipais disponibilizados pelas prefeituras da RMBS (Região Metropolitana da Baixada Santista) apontaram que aproximadamente 20% da população situada no SESS vive em núcleos de habitações irregulares e, desta forma, não contam com a oferta de serviços de infraestrutura urbano sanitária adequados (SAMPAIO, 2008).

Sampaio (2011) constatou que a contaminação microbiológica das águas do SESS, oriunda do lançamento de efluentes urbanos sem coleta e tratamento tem grande contribuição na poluição desse sistema estuarino, ocasionada pela ausência de saneamento adequado na região, incluindo uma grande quantidade de moradias precárias irregulares sem rede coletora de esgoto próximas aos corpos d'água. Nesse sentido, as regiões mais críticas são os canais de Santos, de São Vicente e o Largo da Pompeba, sendo que, apenas nesse último são despejados efluentes oriundos de moradias precárias de aproximadamente 61.500 pessoas, distribuídas entre as três cidades que fazem fronteira nesta região - Santos, São Vicente e Cubatão.

c) Dragagem dos Canais

Segundo a Companhia das Docas de São Paulo (Codesp), no Porto de Santos, a principal função das atividades de dragagem é a manutenção da profundidade dos canais de

navegação, bacias de evolução e berços de atracação, especialmente quando ocorre a redução da lâmina d'água, devido ao assoreamento (dragagem de manutenção) ou por necessidade de aprofundar o canal existente visando receber navios com maiores calados (dragagem de aprofundamento).

A disposição de material dragado para viabilizar a navegação é uma forma indireta de contaminação dos ecossistemas estuarinos e marinhos por poluentes de origem industrial, portuária e doméstica.

As atividades de dragagem no canal de Piaçaguera, iniciadas na década de 60, também contribuíram para colocar quantidades significativas de sedimento na coluna d'água, que passaram a ser acumulados em áreas preferenciais de deposição, como os Largos do Canéu e de Santa Rita (MARTINS, 2005). O lançamento do sedimento dragado no mar pode ter impactos que extrapolam as áreas autorizadas para a disposição desse material devido ao carreamento pelas correntes marinhas.

A remobilização do sedimento de fundo causado pelas operações de dragagem do Canal de Piaçaguera e do Canal do Porto resulta na alteração da dinâmica sedimentar da área (FUKUMOTO, 2007) e acaba por transportar sedimentos de uma das áreas mais críticas do SESS em termos de poluição, o Canal de Piaçaguera.

d) Efluentes Industriais

A poluição de origem industrial constitui a principal fonte de contaminantes químicos para o sistema estuarino, não só pela diversidade dos poluentes envolvidos como pelo volume lançado, muito superior ao de outras fontes, como os terminais portuários e esgotos clandestinos. No pólo industrial de Cubatão (Figura 02) são encontradas indústrias petroquímicas e de fertilizantes, assim como de ferro e aço, cujas atividades são potencialmente poluidoras. Destacam-se a Refinaria Petroquímica de Presidente Bernardes, a Companhia Siderúrgica Paulista (Cosipa), atual Usiminas, e a Fosfertil (atual Vale). Outras indústrias presentes nesta região são: Dow Química, Rhodia, Grupo Produquímica, Carbocloro, Cia Estireno, Petrobrás, Petrocoque e Copebrás (CETESB, 2001).

Segundo Cetesb (2001), as diversas e numerosas indústrias existentes na região podem ser agrupadas de acordo com seus produtos e potenciais de emissão de metais poluentes em seus efluentes. A detecção de metais poluentes no SESS pela Cetesb no período de avaliação (1984 a 2000), mesmo quando os níveis atenderam aos padrões legais de lançamento ou os

lançamentos foram esporádicos ou eventuais, resultou na seguinte divisão: 1 (uma) indústria siderúrgica com potencial de emissão dos elementos metálicos Cu, Mn, Ni, e Zn; 2 (duas) refinarias de petróleo com potenciais de emissão de Cu, Cr, Ni, Hg e Zn; 11 (onze) indústrias químicas e petroquímicas com potenciais de emissão de Cd, Cu, Cr, Mn, Ni, Pb, Zn e Hg; e 7 (sete) indústrias de fertilizantes com potenciais de emissão de Pb, Ni e Zn. Entre essas últimas existem quatro indústrias de fertilizantes fosfatados que já produziram como resíduo cerca de 69 milhões de toneladas de fosfogesso, estocadas em imensas pilhas a céu aberto ao lado da Rodovia Piaçaguera – Guarujá, com potencial de emissão de substâncias denominadas radionuclídeos⁷⁻⁹ (HORTELLANI, 2007).

A dragagem também é responsável pela redistribuição dos sedimentos contaminados por poluição de origem industrial, bem como de outros tipos. Os sedimentos dos canais de Piaçaguera e do Porto de Santos foram contaminados durante anos por efluentes industriais e domésticos lançados nos rios e no estuário; sua retirada, para desobstruir os canais de navegação, acaba por distribuir os poluentes por outros locais anteriormente livres da poluição. Dessa forma, a poluição industrial vai além dos canais que recebem a descarga de rios receptores os efluentes industriais (CETESB, 2001).

e) Fontes Indiretas

Além da contaminação pelo lançamento de efluentes contaminados, existem outras formas indiretas de contaminação do sistema hídrico: 1 - deposição atmosférica, que pode ser uma das principais formas de contaminação do ambiente aquático por poluentes de bifenilas-policloradas (PCB's), hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (PAH's), dioxinas e furanos, gerados por processos de combustão, em grande parte das indústrias, e muitas vezes ausentes dos efluentes líquidos; 2 - a contribuição pelas águas de drenagem superficial, que carregam partículas e substâncias dissolvidas para os cursos d'água, especialmente dos grandes pátios de estocagem de matérias primas e produtos a céu aberto, como ocorre nas indústrias de fertilizantes (inclusive as que possuem sistema de efluente zero) e a Cosipa (atual Usiminas), entre outras (CETESB, 2001).

Figura 02 – Localização das principais fontes poluidoras do Estuário de Santos – São Vicente

Assim, o Sistema Estuarino de Santos - São Vicente, em especial o Canal de Piaçaguera constituem locais receptores de poluição que, uma vez no sistema hídrico estão sujeitas a diversos processos que influem no grau de poluição do sistema e a ação da hidrodinâmica local.

1.2. Modelagem Numérica Hidrodinâmica – Ferramenta para estudos de poluição

Um dos principais objetivos da Oceanografia moderna é adquirir e processar dados de forma operacional, ou seja, em tempo quase real. Para isso, além de instrumentos de medição especializados, são utilizadas técnicas computacionais, entre as quais destaca-se a modelagem numérica. As modelagens matemáticas estão sendo amplamente utilizadas para estabelecer a qualidade dos efluentes, pois permitem antever a qualidade das águas do corpo receptor, após o lançamento. Diversos modelos ecológicos acoplados a hidrodinâmicos vêm sendo desenvolvidos nos últimos anos e utilizados como ferramentas de avaliação de risco nos diferentes ecossistemas (KIM *et al.*, 2004).

Os modelos numéricos hidrodinâmicos acoplados a modelos de qualidade de água têm sido amplamente utilizados em estudos de análise integrada entre o estado do ambiente aquático e a socioeconomia local. Esta abordagem, já aplicada em inúmeros estudos costeiros no Brasil e no mundo, é também desenvolvida no estuário de Santos há mais de uma década por Harari & Camargo (1995, 1998, 2003), Berzin & Leitão (1997, 1999), Hidromod-Unisanta (2000, 2002) e Sampaio (2011).

Para Sampaio (2011) os modelos são ferramentas integradoras, sem as quais dificilmente se consegue uma visão dinâmica de processos em sistemas ambientais complexos, de modo que as simulações numéricas têm sido cada vez mais utilizadas por várias áreas do conhecimento, como para o controle de navegação, apoio a operações portuárias, controle de dragagens, transporte de sedimentos, monitoramento da qualidade da água, análise da descarga de efluentes pelos emissários submarinos, dispersão de manchas de óleo, entre outros.

A utilização de modelos computacionais como ferramenta para simulações de padrões de hidrodinâmica e de qualidade da água tem importância fundamental nos estudos de engenharia costeira, principalmente no que diz respeito aos estudos ambientais.

Os modelos matemáticos, em permanente estado de evolução, associados à ferramenta computacional, e às técnicas de programação adequadas à otimização da busca de soluções para problemas complexos, viabilizam estudos com elevado número de variáveis (COSTA, 2002), bem como representam fenômenos da natureza através de equações diferenciais e permitem obter o padrão de circulação dos corpos d'água, definidos pelas correntes e a elevação da superfície ao longo do domínio modelado, em função da batimetria e das forçantes.

Conforme Harari (1989), a modelagem numérica permite não apenas resolver as equações que descrevem os fenômenos físicos, mas também constitui uma ferramenta para experimentos relativos aos processos que interagem e compõem as características observadas nos oceanos. Como exemplo de utilização dessas ferramentas, Sampaio (2011) avaliou a capacidade de dispersão e de diluição da concentração da *Escherichia coli*, em função das variáveis físicas do ambiente costeiro.

No presente trabalho, foi realizada a avaliação da poluição nas águas do estuário próximas ao Canal de Piaçaguera e da influência da hidrodinâmica local na dispersão de poluentes, para isso serão considerados dados de qualidade das águas superficiais e dados hidrodinâmicos e de simulação da dispersão de contaminantes, ambos de áreas do SESS.

2. JUSTIFICATIVA

Os sistemas estuarinos têm considerável importância ecológica, pois tem alta produtividade e são habitats naturais para muitos animais, como aves, mamíferos, peixes e numerosos tipos de invertebrados (MATEUS *et al.*, 2008). Estuários são áreas sensíveis, de modo que qualquer interferência artificial pode resultar em modificações permanentes no seu funcionamento ecológico, até mesmo com perda permanente de serviços ambientais.

O estuário de Santos - São Vicente é conhecido pelos altos níveis de poluição relacionados aos usos urbano, industrial e portuário, acima relacionados. Apesar da importante e estratégica posição no contexto nacional, e embora se saiba que esse estuário é hoje uma das regiões brasileiras mais críticas quanto à contaminação de ecossistemas aquáticos, poucos estudos sistemáticos têm sido conduzidos para a determinação do status ecológico do sistema (SOUSA *et al.*, 1998; GIANESELLA *et al.* 2008; BRAGA *et al.*, 2000; LAMPARELLI *et al.*, 2001; ABESSA, 2002)

O relatório da Cetesb (2001), levantamento sistemático sobre a contaminação ambiental da região, apontou como principais causas de degradação do sistema estuarino de Santos – São Vicente a poluição de origem doméstica e industrial, responsável pela contaminação química e biológica, e as alterações físicas dos habitats, resultantes de processos de erosão, assoreamento, aterros de canais e manguezais e intervenções no sistema de drenagem, tendo este quadro originado grande impacto na área social e na saúde pública.

Durante décadas as indústrias do Pólo de Cubatão emitiram diferentes tipos de poluentes e resíduos tóxicos para o ser humano, tanto no ar como no solo e nos corpos d'água da região. Tais resíduos se constituem em óxidos de enxofre, óxidos de nitrogênio, monóxido e dióxido de carbono, metano, hidrocarbonetos diversos, diversos tipos de organoclorados e fenóis clorados, fluoretos, aldeídos, ácidos, metais pesados e material particulado (GUIMARÃES, 2005).

A região do Canal de Piaçaguera, também conhecido como Canal da Cosipa, recebe descargas dos rios da Onça, Mogi, Piaçaguera e Perequê, os quais, por sua vez, recebem efluentes de diversas indústrias; dentre elas, as três principais: Cosipa (atual Usiminas, Fósferil (atual Vale) e Refinaria Presidente Bernardes são responsáveis por mais de 90% de carga tóxica despejada no ambiente (CETESB, 2005; MARTINS, 2005).

Conforme os dados de Cetesb (2001) constatou-se que a região da bacia hidrográfica do rio Cubatão e o Canal de Piaçaguera encerram a principal contribuição de poluentes industriais para o estuário. A área mais crítica é denominada “Bacia de Evolução da Cosipa – Companhia Siderúrgica Paulista”, onde foram encontradas as maiores concentrações de poluentes tóxicos, carcinogênicos e mutagênicos, como elementos traço, bifenilas-policloradas (PCB’s) e hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (PAH’s), primordialmente benzo(a)pireno. No entanto, devido à influência da hidrodinâmica, a poluição não ficou restrita a essa área, migrou em concentrações menores ao Estuário de Santos, sendo também encontrada próximo à Ilha da Moela, região oceânica e corpo receptor dos sedimentos dragados no Estuário de Santos e na bacia de evolução da Cosipa.

A presença de resíduos sólidos de origem industrial é indesejável junto à população urbana, rural e aos trabalhadores em seus ambientes de trabalho, uma vez que tais resíduos apresentam em sua composição uma série de agentes e compostos químicos de importância toxicológica reconhecida (ABNT, 1987). O contato entre a população e o resíduo leva à contaminação e consequente intoxicação, que tanto pode ser aguda como crônica (GUIMARÃES, 2005).

Os efeitos fisiológicos e toxicológicos dos metais sobre os organismos aquáticos (e consequentemente a quem os consome) dependem da biodisponibilidade dos mesmos, associada à forma química predominante, que está relacionada ao pH, dureza, alcalinidade, potencial redox, presença de quelantes orgânicos e inorgânicos e concentrações de partículas e colóides (STUMM & MORGAN, 1981; BRAGA, 2002).

O índice de criticidade quanto ao uso dos Recursos Hídricos indicou comprometimento das sub-bacias dos Rios Cubatão, Mogi e Quilombo, devido à forte demanda industrial (CETEC, 2000).

Como já exposto anteriormente, o comportamento de um dado poluente no ambiente marinho pode ser estudado, através de métodos de modelagem numérica e/ou modelagem física, a partir de uma adequada fundamentação com base em dados de medição de campo, utilizados para calibrar e validar os modelos (BAPTISTELLE, 2008).

Segundo esta autora, a dispersão de um efluente no oceano é extremamente complexa, e para compreender seu comportamento, deve-se levar em consideração, no mínimo, fatores como tipo de efluente, os pontos de descarga dos mesmos, a hidrodinâmica marítima, os efeitos das marés, os efeitos meteorológicos, a batimetria do fundo marinho e os contornos terrestres. Além disso, sabe-se que os sistemas atmosféricos e oceânicos interagem de forma

muito complexa. A combinação de feitos metereológicos e oceânicos exerce forte influência sobre áreas litorâneas, visto que ventos fortes e temporais podem causar elevações ou descidas do nível do mar e, até mesmo, afetar o comportamento das correntes costeiras, numa extensão de centenas de quilômetros, além de durar vários dias.

Nesse sentido, considerando os aspectos de poluição acima descritos e suas consequências para a saúde pública e para o meio ambiente, a busca pelo conhecimento das principais fontes, da dispersão e deposição dos poluentes torna-se necessária para que se possa atuar de forma precisa e eficaz no gerenciamento desta área tão problemática. Considerando a possibilidade de associação entre os dados de qualidade da água fornecidos pela Cetesb e a aplicação do modelo hidrodinâmico de dispersão de poluentes nesta região, o presente estudo pretende realizar uma importante contribuição a gestão ambiental.

3. OBJETIVOS

O objetivo específico desse estudo é conhecer o modelo de dispersão da poluição no Sistema Estuarino de Santos - São Vicente considerando como principal fonte, as águas do Canal de Piaçaguera, de modo a verificar a influência da hidrodinâmica na dispersão dos contaminantes.

O objetivo principal consiste, portanto, na obtenção de maior conhecimento da dinâmica das águas do Canal de Piaçaguera e sua influência no aporte de contaminantes, com base nos dados de qualidade das águas.

Com o presente estudo, espera-se que estes resultados auxiliem na definição de futuras medidas específicas de controle e prevenção da poluição hídrica na área de estudo, bem como nas ações governamentais direcionadas ao controle da poluição urbana, gerenciamento dos conflitos ambientais entre a preservação do estuário e as atividades industriais e portuárias no Canal de Piaçaguera.

Um requisito indispensável para a mitigação dos efeitos da poluição nos estuários é a habilidade em prever a distribuição, as taxas de transferência e o destino final dos contaminantes, o que pode ser fornecido por dados de hidrodinâmica junto a dados dos contaminantes. Nesse sentido, para que o objetivo específico seja atingido, pretende-se avaliar o alcance e a dispersão da poluição no Canal de Piaçaguera, gerado pelas descargas dos rios que recebem efluentes de diversas indústrias, e a seguir acoplar modelos hidrodinâmico e de dispersão.

A partir da análise de medições de parâmetros de qualidade da água e dos resultados da modelagem acoplada, será realizada uma avaliação integrada dos dados de alguns contaminantes químicos selecionados apresentados nos Relatórios Anuais de Águas Interiores da Cetesb dos anos de 2000 a 2010.

4. ÁREA DE ESTUDO

Para fins do presente trabalho será considerada a área de estudo (Figuras 01 e 03) a partir dos pontos de amostragem da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb) (ver item 5.1.2), localizados na porção superior do SESS, em área fluvial composta de corpos d'água que possuem ligação direta com o estuário, até a Baía de Santos. Importante ressaltar que, para fins do modelo hidrodinâmico, a delimitação da área onde foram estabelecidas as condições de contorno se inicia a jusante dos referidos pontos, estendendo-se até a baía. A delimitação da área foi realizada de acordo com as condições de aplicabilidade do modelo.

4.1. Localização e Características Gerais

A área de estudo, Canal de Piaçaguera, está inserida no Sistema Estuarino de Santos - São Vicente (SESS), situado no litoral central da zona costeira do Estado de São Paulo. Essa área constitui uma zona de transição entre o Oceano Atlântico e as águas doces presentes na bacia hidrográfica dos cinco municípios que fazem parte da Região Metropolitana da Baixada Santista – (RMBS). O Canal de Piaçaguera está situado no lado leste do estuário, área que recebe alta influência do esgoto doméstico, efluentes industriais e interferência da dragagem vinda das atividades portuárias.

O Canal de Piaçaguera, a princípio, era um canal natural que foi alargado e aprofundado na década de 60, com a finalidade de servir de acesso marítimo aos terminais privados de indústrias do pólo industrial de Cubatão, estabelecidas às margens do estuário com este propósito (GOLDENSTEIN, 1972). Esse Canal situa-se na cabeceira do estuário, possui 5 km de extensão até o largo do Canéu e 450 m de largura; desde 1969 é utilizado para transporte de navios de carga.

Quanto ao SESS, trata-se de um dos mais importantes estuários do Brasil sob o ponto de vista socioeconômico, com destaques para a presença do maior porto nacional em tamanho e movimentação de cargas, o Porto de Santos, que é responsável por 1/3 (um terço) da balança comercial brasileira, bem como para o maior pólo industrial do país, com mais de cem fábricas em funcionamento, o Complexo Industrial de Cubatão. A região conta ainda com um gasoduto, para atender à demanda da Petrobrás. (CETEC, 2000).

4.1.1. Estuário

De acordo com Miranda *et al.* (2002), um estuário pode ser definido de várias maneiras e de acordo com o ponto de vista imediato. Uma das definições mais comumente adotadas na área de Oceanografia Física é a clássica definição de Pritchard (1955) e Cameron & Pritchard (1963): “Estuário é um corpo d’água costeiro semi-fechado, com uma ligação livre com o oceano aberto, no interior do qual a água do mar é mensuravelmente diluída pela água doce oriunda da drenagem continental”.

Ampliando essa clássica definição, Dionne (1963) sugeriu a seguinte definição, contemplando explicitamente três setores ou zonas ao longo do estuário:

Estuário é uma reentrância do mar, que atinge o vale de um rio até o limite de influência da maré, sendo geralmente subdividido em três setores: a) estuário inferior ou marinho, com ligação livre com o oceano aberto; b) estuário médio, sujeito à intensa mistura da água do mar com a água fluvial; c) estuário superior ou fluvial, caracterizado por água doce mas sujeito à influência diária da maré.

Considerando aspectos relacionados à sedimentação e à importância de processos gerados pelas ondas, Dalrymple *et al.* (1992) redefiniu:

Estuário é a parte voltada para o mar de um sistema de vales inundados, os quais recebem sedimentos de fontes fluviais e marinhas, contendo fácies influenciadas pela maré, onda e processos fluviais. Considera-se que o estuário se estende desde o limite interno das fácies de maré, até o limite oceânico das fácies costeiras na entrada.

Outra importante definição, a ser considerada no presente trabalho, foi apresentada por Kjerfve (1987) e leva em conta não somente a gênese geológica, mas também os processos regionais (fatores climáticos, sedimentação recente e forçantes dinâmicas) que contribuem para a formação desses ambientes e são responsáveis pelo amplo espectro de características geomorfológicas e fisiográficas encontradas na natureza. Nessas condições, um estuário foi definido por:

Estuário é um ambiente costeiro que apresenta conexão restrita com o oceano adjacente. Tal conexão permanece aberta pelo menos intermitentemente. Esse ambiente pode ser subdividido em três zonas distintas:

Zona de Maré do Rio (ZR) – parte fluvial com salinidade praticamente igual a zero, mas ainda sujeita à influência da maré;

Zona de Mistura (ZM) – região onde ocorre a mistura da água doce da drenagem continental com a água do mar;

Zona Costeira (ZC) – região costeira adjacente que se estende até a frente da pluma estuarina que delimita a Camada Limite Costeira (CLC).

Embora os autores utilizem, em suas definições, diferentes denominações para as zonas do estuário, elas são correspondentes. Importante ressaltar que os limites entre essas diferentes zonas (Figura 04) são dinâmicos, apresentando variabilidade de posição ao longo do estuário e temporal em diferentes escalas: no decorrer do período da maré, sazonal, anual e de longo período, sempre se buscando um equilíbrio em resposta à intensidade das diferentes forçantes (descarga fluvial, altura da maré, vento e circulação da região costeira adjacente).

Figura 04 – Seção longitudinal de um sistema estuarino indicando: as zonas de Maré de Rio (ZR), de Mistura (ZM) e a Costeira ZC). São também apresentadas as características da estrutura vertical de salinidade e o avanço da cunha salina a até 20 quilômetros em direção dos rios. Q_r denota a descarga fluvial ou vazão do rio (adaptada de Simpson, 1997)

4.2. Efeito da salinidade nos rios

A interação das várias propriedades e processos – descarga (ou vazão) do rio, correntes de maré, gradientes de pressão, advecção difusão turbulenta – produz, dentro da delimitação geomorfológica da bacia estuarina, a distribuição de salinidade que é característica de cada estuário (MIRANDA *et al*, 2002).

A distribuição horizontal da salinidade média no estuário esquematizado na Figura 05, indicada pelas linhas onde essa propriedade é constante (isohalinas), varia entre valores extremos de 1 e 36‰ (concentração de sal, expressa em unidades de g kg^{-1} , é simbolicamente denotada por ‰).

Figura 05 – Diagrama esquemático de um estuário. As isohalinas mostram a estratificação horizontal da salinidade média entre os valores $S = 1$ e $S = 36\text{‰}$ nas proximidades do rio e na região costeira adjacente, respectivamente. (Adaptada de Miranda *et al.*, 2002)

Devido a suas características físicas, morfológicas e hidrológicas, o SESS é considerado um ambiente misturado tendendo a estratificação, em função do regime das descargas fluviais da bacia hidrográfica (SONDOTÉCNICA, 1977). Como consequência, a cunha salina é detectada até aproximadamente 20 km desde a baía de Santos até o curso dos seus principais rios. Entretanto, além das descargas dos rios, o SESS possui um caráter distinto da maioria dos estuários, em função da influência que sofre pelo regime de bombeamento de água doce da Usina Henry Borden (UHB). Em funcionamento desde 1926, essa usina hidrelétrica é a responsável pelo transporte de água proveniente do Reservatório Billings para o SESS.

Com a capacidade de transportar até $157 \text{ m}^3/\text{s}$ de água proveniente do planalto de São Paulo, localizado a 720 m de altitude, o Reservatório Billings funciona como um rio artificial que deságua diretamente no principal afluente do sistema estuarino, o rio Cubatão. No entanto, desde outubro de 1992, a usina vem atendendo às condições estabelecidas na Resolução Conjunta SMA/SES 03/92, de 04/10/92, atualizada pela Resolução SEE-SMA-SRHSO-I, de 13/03/96, que só permite o bombeamento das águas poluídas do Rio Pinheiros para o Reservatório Billings com a finalidade de controle de cheias da Região Metropolitana de São Paulo - RMSP, reduzindo assim, em aproximadamente 75%, a quantidade de água bombeada, bem como a geração de energia produzida pela usina do sistema.

As consequências indiretas dessa restrição trouxeram de volta uma relativa melhoria na qualidade de água no rio Cubatão na última década (CETESB, 2000). Porém o atual regime de operação da UHE tem sido apontado como principal responsável pelo retorno da

cunha salina nos rios da bacia hidrográfica da região próximo às captações de água existentes para fins industriais e urbanos, uma vez que as grandes vazões aduzidas pela usina funcionavam como uma barreira hidráulica na foz dos rios à montante do estuário. Estima-se que, além disso, o aporte de água doce no rio Cubatão também conduziu à alteração no comportamento hidráulico do sistema estuarino, uma vez que o volume máximo de água descarregado pela usina pode ser responsável pelo aumento de quase 15 vezes na vazão média de longo período do rio Cubatão (Tabela 01), o maior contribuinte do estuário, uma vez que esta descarga de água não ocorria naturalmente antes da construção da UHE (SAMPAIO, 2011).

Tabela 01 - Disponibilidade hídrica natural e demandas de água urbana e industrial. Fonte: Relatório Zero (CETEC, 2000) e Cetesb – Agência Cubatão*.

Sub Bacia	Disponibilidade Hídrica Natural		Demanda de Água
	Média Q_{LP} (m^3/s)	Mínima $Q_{7,10}$ (m^3/s)	Captação (m^3/s)
Rio Cubatão	8,09	1,97	8,98
Rio Jurubatuba	3,91	0,95	0,94
Rio Quilombo	4,55	1,11	0,10
Rio Mogi	3,58	0,88	5,17*
Total	20,13	4,91	15,19

Legenda: Q_{LP} – Vazão média de longo período. $Q_{7,10}$ – Vazão média de sete dias consecutivos e dez anos de período de retorno.

Segundo Cardoso (1997), para manter uma condição razoável de contenção hidráulica da cunha salina estacionária, é necessário que haja vazões médias mensais em torno de 70 a $100 m^3/s$ nas bacias situadas na cabeceira do estuário. Sabendo que o rio Cubatão é o principal manancial do estuário (Tabela 01), segundo o autor, subtraídas as demandas de água com as vazões de captações industriais e urbanas (ALFREDINI *et al.* 1994) os rios têm capacidade de fornecer apenas $7 m^3/s$, sendo que o volume restante seria necessariamente suprido pela Usina Henry Borden (UHE). Refazendo este cálculo com as informações contidas na Tabela 01, os rios teriam, com base nos dados da tabela, capacidade de fornecer apenas $5 m^3/s$ para contenção da cunha salina.

Nesse sentido, como resultado da combinação do regime restrito de operação estabelecido para a UHE, aliado à alta demanda de água nos principais rios da bacia situados à montante do estuário, os efeitos das marés são sentidos nos rios da bacia, principalmente no inverno, quando a precipitação pluviométrica é menor e o efeito da maré meteorológica, responsável por elevar o nível médio do mar, é maior, devido à elevada incidência de frentes frias neste período.

Estes fatos obrigaram algumas indústrias a construir barragens nos principais mananciais, a fim de minimizar o avanço da cunha salina e proteger suas captações de água da influência das marés. Além disso, a diminuição da vazão de bombeamento pela usina diminuiu consideravelmente a oferta de água no rio Cubatão para captação industrial. Diante destes fatores, conforme a CETEC (2000), a solução encontrada por algumas indústrias nos últimos anos foi investir em sistemas de reuso e racionalização de água nos seus processos industriais.

4.3. Características climáticas

O clima da área é caracterizado como tropical úmido com altos índices pluviométricos, por apresentar temperatura média anual superior a 20°C e pluviosidade anual entre 2.000 e 2.500mm. Devido à influência marítima, a área demonstra uma distribuição homogênea das precipitações ao longo do ano, não havendo a caracterização de um período seco propriamente dito, que corresponderia à estação de inverno, quando as temperaturas apresentam também amplitude mensal reduzida. No entanto, o verão apresenta alto regime de chuvas, característico desta região, e o inverno é o período com maior estiagem (PELEGATTI, 2007; SANTOS, 1965).

A proximidade da Serra do Mar, associada à influência de frentes frias, é responsável pelos altos índices pluviométricos na região da Baixada Santista. Este regime pluviométrico não é uniformemente distribuído na bacia, visto que as escarpas íngremes do maciço da Serra do Mar tornam o clima mais chuvoso na serra e relativamente menos chuvoso em direção ao mar.

Registros diários da estação meteorológica da Base Aérea de Santos entre 2000 e 2009 apontam que a temperatura do ar média anual neste período foi de 23,9°C e as médias mensais das temperaturas máximas e mínimas diárias tiveram máximo de 29,9°C e mínimo de 15,5°C, respectivamente, sendo o mês de março o mais quente e o mês de julho o mês mais frio no período.

Em Harari *et al.* (2008), dados meteorológicos produzidos pelo modelo global atmosférico do Centro Nacional de Previsão Ambiental / Centro Nacional de Pesquisa Atmosférica - NCEP/NCAR (KALNAY *et al.*, 1996) foram utilizados para analisar a climatologia da área costeira do Sudeste brasileiro, na qual o Estuário de Santos e São Vicente está incluso. Os dados apresentados são do período de 1980 – 2004, da posição 22° 30'S e 45° W. Foram observados valores médios de velocidade do vento de $-1,49 \pm 3,77 \text{ m s}^{-1}$, sendo que, considerando condições típicas, ventos de Leste são dominantes em todas as estações. A média de pressão ao nível do mar obtida foi de $1015,59 \pm 4,33 \text{ hPa}$.

Próximo ao estuário foi possível constatar que as temperaturas apresentam variação anual significativa; por exemplo, a temperatura média mensal do ar variou de $17,33 \pm 3,89 \text{ }^{\circ}\text{C}$ em julho para $21,77 \pm 1,89 \text{ }^{\circ}\text{C}$ em fevereiro, tendo valor médio no período total de 1980 – 2004 igual a $19,72 \pm 3,39 \text{ }^{\circ}\text{C}$; as taxas de precipitação e evaporação também apresentam grandes variações anuais. A taxa de precipitação obtida pelo modelo NCEP/NCAR foi de $1734,55 \pm 3027,50 \text{ mm/ano}$, o que corresponde razoavelmente bem aos dados obtidos das estações pluviométricas chuva do litoral. (HARARI *et al.*, 2008). Os gráficos com a representação dos valores médios mensais das variáveis meteorológicas são apresentados na Figura 06.

Figura 06 – Médias mensais normais (de todos os janeiros, todos os fevereiros, etc ...) da pressão ao nível do mar, temperatura do ar, ventos de superfície, precipitação e evaporação (de cima para baixo), com respectivos desvios padrão, calculadas pelo modelo NCEP / NCAR para o período de 1980 – 2004, na posição 22° 30'S e 45° W (HARARI *et al.*, 2008).

A circulação atmosférica na superfície, na região da Baixada Santista, é muito influenciada pelo Centro de Alta Pressão Subtropical do Atlântico Sul e suas interações com a Baixa Pressão SubPolar (MOSCATI *et al.*, 2000), de modo que, no limite das regiões subtropical e subpolar, ocorrem fortes ventos de Oeste, desenvolvendo instabilidades durante vários dias e por milhares de quilômetros. Como consequência, na área Sudeste do Brasil, frentes frias modificam as condições atmosféricas típicas, levando a um vento com giro de Leste a de Norte e Oeste, com a pressão atmosférica caindo cerca de 10 hPa, seguido por ventos do sul, a temperatura do ar diminuindo cerca de 5 ° C e a pressão atmosférica subindo;

na sequência, os ventos passam a ser de Leste novamente, e a temperatura e pressão aumentam até seus valores típicos (HARARI *et al.*, 2008).

A intensidade e duração das instabilidades variam ao longo do ano, sendo mais fortes e frequentes no inverno do que no verão; no geral ventos de Leste são fracos (menores que 3 m s^{-1}) com longa duração (5 a 10 dias), embora o giro do vento (de Leste para de Norte e Oeste) seja feito em poucas horas, produzindo ventos com forte intensidade (acima de 5 m s^{-1}), caracterizando a chegada de frente frias, que são seguidas por fortes ventos vindos de Sul (entre 5 e 10 m s^{-1}) que duram de um a três dias (HARARI *et al.*, 2008).

4.4. Caracterização Hidrodinâmica do Sistema Estuarino de Santos – São Vicente

Nos estuários, as principais forçantes de circulação e dos processos de mistura entre as águas doces continentais e as águas salgadas do oceano são a maré, a vazão dos rios, o gradiente de densidade, o vento e a circulação costeira adjacente. Em destaque, no SESS as mais importantes características hidrodinâmicas, que tem forte relação com o funcionamento do sistema estuarino, são as marés (incluindo variações da amplitude de maré entre sizígia e quadratura), bem como as oscilações do nível médio do mar associadas a incursões de frentes frias (HARARI & CAMARGO, 1995).

No estuário de Santos – São Vicente, os efeitos predominantes na circulação são os de maré e de cisalhamento do vento, mas deve ser considerada adicionalmente a circulação devida a variações de densidade em função dos aportes fluviais, que é típica de áreas estuarinas, com correntes de superfície predominantemente em direção ao mar aberto e correntes em profundidade em direção ao interior do estuário. Experimentos numéricos de Harari *et al.* (2007) demonstram que essas correntes possuem intensidades em torno de $0,1 \text{ m/s}$. No entanto, correntes de densidade têm importância bem menor que as de maré, embora possam ser muito amplificadas em períodos de grande pluviosidade e significativa vazão fluvial.

Do ponto de vista astronômico, as marés são semi-diurnas com desigualdades diurnas, além disso, sua propagação no estuário é condicionada por três fatores:

- ✓ a existência de eixos distintos de enchente e vazante;

- ✓ a presença de vastas áreas de mangues que influem sobre o escoamento no canal principal, por serem regiões de armazenamento, com circulação própria, e
- ✓ o encontro do estuário de São Vicente com o de Santos, em torno do rio Casqueiro,

Somado a isso, ocorrem as perturbações transientes de ordem meteorológica, representadas pelas frentes frias (BAPTISTELLE, 2008)

De acordo com Sampaio (2011), análises dos registros maregráficos disponíveis em Sondotécnica (1977), efetuada por Hidromod-Unisanta (1998), em oito pontos no estuário, entre 23/8/76 e 26/8/76, demonstraram que as amplitudes da maré na Torre Grande, Base Aérea, Ilha Barnabé, Cosipa (atual Usiminas) e Casqueiro são iguais e até 10% superiores às amplitudes na Ilha das Palmas (Tabela 02).

Tabela 02. Amplitudes de maré ao longo do Estuário. Fonte Hidromod-Unisanta (1998)

Data	I. Palmas	C. Pesca	T. Grande	B. Aérea (metros)	I. Barnabé	COSIPA	Tumiaru	Casqueiro
23/08/76	1,36	1,26	1,37	1,38	1,36	1,38	1,04	1,38
23/08/76	1,58	1,52	1,60	1,76	1,66	1,76	1,54	1,54
23/08/76	1,47	1,48	1,54	1,62	1,55	1,62	1,47	1,51
Médias	1,50	1,39	1,56	1,62	1,55	1,62	1,39	1,51

Adicionalmente, a geometria complexa no interior do estuário, caracterizada por uma rede de canais e zonas entremarés extensas constituídas por vegetação de mangue, estimadas em 80 km² de espartina e bancos de sedimentos, tendem a condicionar de forma dominante o escoamento. (SAMPAIO, 2009; HARARI *et al.*, 1990; BERZIN & LEITÃO, 1997). Em conjunto com o atrito do fundo, este efeito pode explicar os atrasos de fase entre os vários pontos do estuário verificado através das medidas. Exemplo de atraso de fase pode ser verificado entre os dois pontos extremos do estuário, a Ilha das Palmas e a Cosipa (Tabela 03).

Tabela 03. Diferenças de fase de maré (em minutos) ao longo do Estuário. Referência Ilha das Palmas. Fonte: Hidromod-Unisanta (1998)

Data	I. Palmas	C. Pesca	T. Grande	B. Aérea (minutos)	I. Barnabé	Cosipa	Tumiaru	Casqueiro
23/08/76	0	10	15	37	40	63	10	35
23/08/76	0	10	20	30	32	50	15	50
23/08/76	0	10	25	30	40	55	25	50
Médias	0	10	20	32	36	56	16	45

4.4.1. Influência Atmosférica e Correntes Marinhas

As oscilações do nível médio do mar no estuário associadas a incursões de frentes frias também são um fator importante na circulação do estuário, de modo que essas frentes, frequentes na região especialmente no inverno, produzem alterações no nível médio da maré, que podem ultrapassar 0,5 m (HARARI *et al.*, 1990), exercendo influência sobre o prisma de maré. No entanto, na ausência de efeitos meteorológicos significativos, a circulação devido à maré astronômica é a principal responsável pelos efeitos da circulação no SESS. (HARARI & GORDON 2001; HARARI & CAMARGO 1995, 1998; HARARI *et al.* 1999, 2000).

Simulações numéricas de Harari *et al* (informação pessoal)¹ indicam características da circulação no estuário, a partir de forçantes astronômicas, de vento (local e remoto) e de densidade (incluindo vazões fluviais). A partir dessas simulações, foram selecionados 20 pontos do estuário, para análise estatística das componentes da circulação, a partir de resultados na forma de séries temporais. No presente trabalho, serão apresentados os resultados de 6 pontos, sendo dois no canal de acesso ao porto e no início do mesmo (pontos 3 e 7), dois ao longo do Canal do Porto (13 e 16) e dois no Canal de Piaçaguera (17 e 18), bem como resultados da Validação do modelo (próximo ao ponto 20). As posições dos pontos selecionados e as coordenadas geográficas dos mesmos são fornecidas na Figura 07 e na Tabela 04.

No estudo de modelagem numérica hidrodinâmica, foi utilizado o modelo “Princeton Ocean Model – POM” (BLUMBERG & MELLOR, 1987), com adaptações de Harari &

¹ Trabalho não publicado pelo autor.

Camargo (1998, 2003), o mesmo utilizado na modelagem hidrodinâmica e da dispersão de poluentes no presente trabalho, e foram simuladas condições de verão e inverno, referentes a janeiro e julho de 2009.

Figura 07 – Batimetria (em metros) e posições dos 20 pontos selecionados no Estudo da dinâmica do estuário e baía de Santos, com destaque para os pontos estudados no presente trabalho e o ponto próximo ao perfilador de correntes Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP).

Tabela 04 – Posições geográficas dos pontos de controle da grade do estuário analisados nesse trabalho.

Ponto	Longitude (W)	Latitude (S)	Local
03	-46.333	-24.001	Canal de Acesso
07	-46.299	-23.992	Porto – Início
13	-46.336	-23.923	Ilha Barnabé
16	-46.373	-23.908	Lagoa do Caneú
17	-46.376	-23.895	Canal de Piaçaguera
18	-46.375	-23.877	Canal da Piaçaguera
20	-46.325	-24.023	ADCP

4.4.1.1. Condições de Verão

Dados representativos das condições de verão, no que se refere a características do nível do mar e correntes marinhas (na superfície e a 05 e 10 m de profundidade), bem como a intensidade das correntes na superfície, podem ser observados nas Figuras 08 e 09, segundo cálculos do modelo numérico hidrodinâmico para o mês de janeiro de 2009, no Ponto 13 do estuário, localizado próxima à Ilha Barnabé, cuja posição geográfica é -46.333W e -23.923S.

Para a observação das características da circulação no estuário sob efeito de tempo bom e de uma frente fria na estação de verão, distribuições das correntes médias diárias e das correntes instantâneas, para dias e instantes de máximas correntes nos sentidos W e E, respectivamente, são apresentadas nas Figuras 10 e 11.

As correntes médias diárias nos dias 11 e 20 de janeiro de 2009 demonstram que os efeitos de frentes frias têm influência limitada na dinâmica da Baía de Santos e progressivamente menor para o interior do estuário (Figura 10) sendo que no dia 11 prevalece o tempo bom e no dia 20 se tem a influência de um sistema frontal, gerando correntes para Nordeste na plataforma; as correntes instantâneas mais intensas nesses dias são apresentadas na Figura 11.

A Tabela 05 apresenta a estatística básica das séries temporais de elevação e correntes na superfície nos pontos selecionados do estuário, para janeiro de 2009, considerando também suas componentes de maré e residual (total – maré). Esta Tabela demonstra que a maré é o fator predominante no nível do mar e os efeitos meteorológicos e de densidade produzem correntes bem mais fracas.

Figura 08 - Nível do mar e correntes marinhas na superfície (0 m), 5 m e 10 m, calculadas pelo modelo hidrodinâmico para o mês de janeiro de 2009, no ponto selecionado 13 da grade do estuário.

Figura 09 – Intensidade da corrente na superfície, calculada pelo modelo numérico hidrodinâmico, para o mês de janeiro de 2009, no ponto selecionado 13 da grade do estuário.

Figura 10 – Correntes médias diárias na superfície (m/s) no estuário de Santos, para os dias 11 e 20 de janeiro de 2009 - verão (plotagem de 1 vetor a cada 4 calculados pelo modelo numérico hidrodinâmico).

Figura 11 – Correntes instantâneas na superfície (m/s) no estuário de Santos, para 04:00 GMT do dia 11 e 16:00 GMT do dia 20 de janeiro de 2009 - verão (plotagem de 1 vetor a cada 4 calculados pelo modelo numérico hidrodinâmico).

Tabela 05 – Resultados do modelo nos 20 pontos selecionados, com amplitude do nível do mar (ampl. = valores máximos – valores mínimos), seu desvio padrão (DP), máximas correntes de superfície (Máx.) e seu desvio padrão (DP), para os resultados da simulação de janeiro de 2009 e suas componentes de maré e residual (total – maré).

Ponto	Total				Maré				Residual (Total – Maré)			
	Ampl. (m)	DP (m)	Máx. (m/s)	DP (m/s)	Ampl. (m)	DP (m)	Máx. (m/s)	DP (m/s)	Ampl. (m)	DP (m)	Máx. (m/s)	DP (m/s)
01	1.560	0.336	0.670	0.118	1.462	0.299	0.264	0.043	0.536	0.148	0.520	0.086
02	1.560	0.337	0.436	0.065	1.462	0.300	0.237	0.044	0.537	0.149	0.297	0.050
03	1.570	0.339	0.354	0.059	1.473	0.301	0.266	0.049	0.536	0.148	0.202	0.039
04	1.580	0.340	0.379	0.074	1.476	0.303	0.406	0.086	0.537	0.149	0.139	0.031
05	1.580	0.342	0.591	0.135	1.476	0.304	0.572	0.138	0.539	0.149	0.126	0.026
06	1.560	0.340	1.026	0.238	1.454	0.301	1.020	0.232	0.543	0.150	0.138	0.029
07	1.570	0.341	1.062	0.237	1.463	0.303	1.040	0.232	0.545	0.150	0.150	0.028
08	1.500	0.332	1.337	0.293	1.397	0.292	1.280	0.285	0.545	0.151	0.171	0.027
09	1.520	0.333	0.665	0.155	1.410	0.295	0.677	0.160	0.539	0.149	0.254	0.047
10	1.530	0.336	0.884	0.219	1.431	0.298	0.713	0.165	0.537	0.149	0.345	0.042
11	1.550	0.339	0.917	0.225	1.442	0.301	0.783	0.189	0.540	0.149	0.333	0.042
12	1.570	0.342	0.709	0.170	1.465	0.304	0.782	0.143	0.540	0.149	0.249	0.030
13	1.610	0.347	0.626	0.145	1.502	0.310	0.611	0.160	0.540	0.149	0.180	0.043
14	1.610	0.348	0.563	0.138	1.510	0.312	0.673	0.122	0.537	0.148	0.355	0.077
15	1.620	0.350	0.524	0.109	1.508	0.314	0.226	0.051	0.538	0.148	0.354	0.044
16	1.620	0.351	0.531	0.099	1.517	0.315	0.365	0.059	0.536	0.148	0.392	0.025
17	1.630	0.353	0.485	0.103	1.526	0.317	0.247	0.058	0.538	0.148	0.282	0.016
18	1.630	0.353	0.271	0.045	1.528	0.317	0.218	0.032	0.538	0.148	0.093	0.025
19	1.570	0.338	0.414	0.073	1.474	0.301	0.216	0.039	0.537	0.148	0.230	0.042
20	1.570	0.338	0.330	0.055	1.464	0.300	0.202	0.035	0.536	0.148	0.197	0.038

4.4.1.2. Condições de Inverno

Dados representativos das condições de inverno, no que se refere a características do nível do mar e correntes marinhas (na superfície e a 05 e 10 m de profundidade), bem como a intensidade das correntes na superfície, podem ser observados nas Figuras 12 e 13 segundo cálculos do modelo numérico hidrodinâmico para o mês de julho de 2009, no ponto 13, localizado próximo à Ilha Barnabé, na posição geográfica -46.333W e -23.923S.

Para o período de inverno, as distribuições das correntes médias diárias e das correntes instantâneas, para dias e instantes de máximas correntes nos sentidos W e E, em 07 e 4 de julho, respectivamente, são apresentadas nas Figuras 14 e 15.

A Tabela 06 apresenta a estatística básica das séries temporais de elevação e correntes na superfície nos 20 pontos selecionados do estuário, para julho de 2009, considerando também suas componentes de maré e residual (total – maré). Esta Tabela demonstra, assim como a Tabela 05 (de verão) que a maré é o fator predominante no nível do mar e os efeitos meteorológicos e de densidade produzem correntes bem mais fracas.

Na comparação com as condições de verão, se nota maiores variações nas amplitudes do nível do mar e do nível do mar residual, mas as correntes residuais não apresentam aumento de valores máximos.

Figura 12 - Nível do mar e correntes marinhas na superfície 0 m, 5 m e 10 m, calculadas pelo modelo hidrodinâmico para o mês de julho de 2009, no ponto selecionado 13 da grade do estuário.

Figura 13 – Intensidade da corrente na superfície, calculada pelo modelo numérico hidrodinâmico, para o mês de julho de 2009, no ponto selecionado 13 da grade do estuário.

Figura 14 – Correntes médias diárias na superfície (m/s) no estuário de Santos, para os dias 07 e 24 de julho de 2009 (plotagem de 1 vetor a cada 4 calculados pelo modelo numérico hidrodinâmico).

Figura 15 – Correntes instantâneas na superfície (m/s) no estuário de Santos, para 15:00 GMT do dia 07 e 22:00 GMT do dia 24 de julho de 2009 (plotagem de 1 vetor a cada 4 calculados pelo modelo numérico hidrodinâmico).

Tabela 06 – Estatística básica dos resultados do modelo nos 20 pontos selecionados, com amplitude do nível do mar (ampl. = valores máximos – valores mínimos), seu desvio padrão (DP), máximas correntes de superfície (Máx.) e seu desvio padrão (DP), para os resultados da simulação de julho de 2009 e suas componentes de maré e residual (total – maré).

Ponto	Total				Maré				Residual (Total – Maré)			
	Ampl. (m)	DP (m)	Máx. (m/s)	DP (m/s)	Ampl. (m)	DP (m)	Máx. (m/s)	DP (m/s)	Ampl. (m)	DP (m)	Máx. (m/s)	DP (m/s)
01	2.020	0.346	0.782	0.118	1.450	0.286	0.332	0.049	0.726	0.183	0.555	0.080
02	2.030	0.347	0.434	0.069	1.451	0.287	0.224	0.044	0.729	0.183	0.330	0.051
03	2.040	0.349	0.365	0.063	1.460	0.290	0.271	0.055	0.728	0.183	0.223	0.040
04	2.050	0.350	0.451	0.077	1.463	0.291	0.428	0.085	0.728	0.183	0.174	0.036
05	2.050	0.351	0.584	0.135	1.471	0.292	0.557	0.136	0.727	0.183	0.129	0.033
06	2.050	0.350	0.819	0.187	1.469	0.292	0.796	0.177	0.726	0.183	0.125	0.023
07	2.060	0.352	0.732	0.173	1.478	0.294	0.715	0.161	0.726	0.183	0.190	0.025
08	2.040	0.350	0.830	0.196	1.474	0.291	0.836	0.203	0.726	0.183	0.238	0.047
09	2.040	0.351	0.681	0.151	1.485	0.292	0.656	0.161	0.725	0.183	0.318	0.067
10	2.050	0.352	0.885	0.218	1.486	0.294	0.706	0.140	0.725	0.183	0.370	0.028
11	2.060	0.355	0.968	0.234	1.500	0.297	0.734	0.181	0.726	0.183	0.414	0.054
12	2.070	0.356	0.682	0.162	1.512	0.299	0.666	0.135	0.726	0.183	0.342	0.042
13	2.100	0.362	0.583	0.129	1.533	0.306	0.561	0.147	0.727	0.183	0.233	0.056
14	2.110	0.363	0.561	0.127	1.544	0.307	0.664	0.120	0.725	0.182	0.374	0.075
15	2.110	0.364	0.530	0.106	1.553	0.309	0.235	0.052	0.725	0.182	0.359	0.048
16	2.110	0.365	0.542	0.096	1.548	0.310	0.316	0.058	0.724	0.182	0.404	0.024
17	2.120	0.367	0.500	0.094	1.566	0.312	0.246	0.055	0.724	0.183	0.303	0.013
18	2.130	0.367	0.292	0.049	1.565	0.312	0.248	0.040	0.723	0.182	0.085	0.019
19	2.030	0.348	0.403	0.075	1.462	0.289	0.218	0.043	0.730	0.183	0.254	0.045
20	2.030	0.347	0.350	0.064	1.461	0.288	0.208	0.039	0.728	0.183	0.226	0.044

Amostragens são regularmente realizadas nesta região costeira. Em Harari (2008) foram observadas correntes na superfície e no fundo acima de 0,50 m/s no estuário (Figura 16) e Sampaio (2011) apresentou medidas realizadas pela Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil (DHN) com valores máximos de cerca de 0,70 m/s e valores médios no canal de 0,25 a 0,30 m/s e na Baía de 0,15 m/s. Ambos os referidos trabalhos apresentaram valores que condizem com os valores totais máximos de correntes de superfície apresentados nas Tabelas 05 e 06.

Nas medições citadas é possível observar também efeitos de estratificação, visto que a inversão das correntes a diferentes profundidades não é simultânea. Importante ressaltar que os maiores valores de intensidade das correntes ocorrem nos canais do Porto de Santos e de São Vicente (HARARI, 2008; SONDOTÉCNICA, 1977).

Figura 16 – Correntes de superfície em oito pontos da área estuarina de Santos e São Vicente, medidas em Setembro de 2005. Fonte: Harari,2008 (Ecomanage)

4.4.2. Características da Bacia Hidrográfica

A bacia de drenagem compreende o sistema de rios que supre o estuário de água fluvial, sedimentos, substâncias orgânicas e inorgânicas e, eventualmente, poluentes. A quantidade de água recebida pela bacia depende das condições climáticas, das características do solo, da cobertura vegetal, da ocupação urbana, agrícola e industrial e da evapotranspiração na região da captação, bem como de interações com outros fatores.

A Bacia Hidrográfica da Baixada Santista, que corresponde a Unidade Hidrográfica de Gerenciamento de Recursos Hídricos da Baixada Santista (UGRHI-7), compreende uma área de drenagem de 2.818,40 km² e extensão aproximada de 160 km, sendo que a Serra do Mar e o Oceano Atlântico constituem os limites físicos da bacia.

O SESS está localizado em área que abrange as sub-bacias dos rios Boturoca, Mogi, Piaçabuçu, Ilha de São Vicente, Quilombo, Jurubatuba, Ilha de Santo Amaro e Cabuçu (Figura 17). Os diversos rios que compõem a bacia hidrográfica santista podem ser agrupados em dois tipos. O primeiro é constituído pelos rios cujas nascentes estão localizadas no alto da serra, apresentando, nesse trecho, características torrenciais. No entanto, formam meandros furados e manguezais no seu trecho inferior, sendo responsáveis pela intensa sedimentação fluvial que ocorre na região, dificultando o escoamento das águas. Enquadram-se nesse tipo os rios Cubatão, Mogi, Piaçaguera, Perequê, Quilombo e Jurubatuba.

O segundo tipo seria representado por rios com cursos pequenos, praticamente de planície, que apresenta somente parte de sedimentação e formação de lagamares e, duas vezes por dia, entram em contato direto com a água salobra, devido ao movimento das marés. Encontram-se nestas condições os rios Casqueiro, Boturoca ou Branco, Santo Amaro, Cascalho e Saboó.

Figura 17 – Baía Hidrográfica da Baixada Santista com destaque para o Sistema Estuarino de Santos e São Vicente (SESS) e as principais sub-bacias dos rios contribuintes do sistema estuarino de Santos e São Vicente. Fonte: Mancuso, 2007

O SESS possui uma bacia destinada a múltiplos usos, em decorrência da diversificada atividade socioeconômica da região. Dentre os principais usos estão o abastecimento público, industrial e portuário, recreação, navegação, geração de energia, pesca de subsistência e recepção de efluentes industriais e domésticos (CETESB, 2005).

Segundo dados do CBH-BS (Comitê de Bacias Hidrográficas da Baixada Santista), as sub-bacias da região possuem alta demanda de recursos hídricos e qualidade da água comprometida para os principais indicadores (DAEE 2005a). Dentre os principais problemas dos recursos hídricos da RMBS, apontados nos planos de bacia hidrográfica do CBH-BS de 2004-2007 (DAEE, 2005a) e 2008-2011 (AGEM, 2008), destacam-se:

- ✓ Alta demanda de água e baixa disponibilidade hídrica para uso industrial e abastecimento urbano nos rios Cubatão, Mogi, Jurubatuba e Quilombo;
- ✓ Alta demanda de água para abastecimento urbano nas temporadas de verão e períodos de estiagem;
- ✓ Exceto em algumas captações isoladas, há baixos padrões de potabilidade da água;
- ✓ Elevadas perdas de água, nos sistemas de abastecimento;
- ✓ Sistemas de esgoto apresentam índices de atendimento insuficiente, exceto na cidade de Santos;
- ✓ Os corpos d'água mais degradados são os rios Piaçaguera e Moji, devido às elevadas concentrações de nutrientes. No rio Moji, foram detectados, em 2003, toxicidade crônica e baixos valores de pH;
- ✓ O Canal de Fuga da usina Henry Borden, no rio Cubatão, com as águas provenientes do reservatório Billings, apresentou riscos de toxidade crônica e aguda, dependendo do nível de poluição de represa de Billings, das águas da bacia do Alto Tietê (Figura 02);
- ✓ Sérios conflitos de uso de águas superficiais, entre as crescentes atividades industrial e portuária, e a expansão urbana regular e irregular, em contraposição ao crescente potencial turístico e de lazer, no estuário e nas Baías de Santos e São Vicente;
- ✓ As águas litorâneas apresentam, em alguns pontos críticos, ocorrências de balneabilidade inadequada para uma região com elevado potencial turístico, e, por fim;
- ✓ Verifica-se um alto índice de contaminação por coliformes de origem fecal nos cursos de água que afluem às praias.

5. METODOLOGIA

Para uma avaliação da poluição no Canal de Piaçaguera e conhecer sua relação com a hidrodinâmica local, foi realizada, como 1ª etapa, uma análise da qualidade das águas amostradas bimestralmente no período de 2000 a 2010, a partir de Dados das variáveis de qualidade das águas da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) 07 – Baixada Santista, que consta nos Relatórios de qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo, realizados pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb) e Secretaria do Meio Ambiente - Governo do Estado de São Paulo.

Na sequência, como 2ª etapa, foram analisados os resultados de modelagem numérica hidrodinâmica em pontos inseridos no Canal de Piaçaguera e em outros pontos do estuário, para fins de comparação. Por fim, foram analisados os resultados das simulações de modelo numérico da dispersão de poluentes.

5.1 1ª Etapa - Dados de qualidade da água

No caso do presente trabalho, de particular relevância é a utilização de resultados de qualidade da água de rios que possuem influência direta na área de estudo. Os dados supracitados foram obtidos nos últimos dez anos (2000 a 2010) pela Rede de Monitoramento da Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo.

A partir de então, realizou-se uma breve análise da poluição em três corpos d'água estudados pela Cetesb, visando a comparação entre os rios, bem como, uma avaliação temporal dos padrões da poluição. Para esse trabalho foram adaptados os dados de 03 (três) pontos de amostragem (Figura 18) da URGHI 07 - Baixada Santista, no entanto, os pontos são identificados pelos mesmos códigos denominados na Rede de Monitoramento da Cetesb.

5.1.1 Pontos de amostragem da Cetesb

O Canal de Piaçaguera, também conhecido como Canal da Cosipa (atual Usiminas), porção superior do Sistema Estuarino de Santos – São Vicente, consiste no objeto principal do estudo, portanto, foram selecionados três pontos próximos a ele, os quais tendem a ter fortes influências nessa área. Os pontos são identificados pelas Tabelas da Cetesb e no presente trabalho através das siglas PIAC02700, MOGI02800 e CUBA03900.

Os pontos de amostragem de qualidade da água (Figura 18) estão localizados nos rios, na porção superior do estuário. Os rios Cubatão, Mogi e Piaçaguera constituem, junto com o rio Perequê, os corpos receptores dos efluentes industriais do município de Cubatão, bem como das águas contaminadas do sistema Alto Tietê (Região Metropolitana de São Paulo), através do canal de fuga da Usina Hidrelétrica Henry Borden. Os rios objetos desse estudo são corpos de água doce com pequena ou nenhuma influência da cunha salina e são enquadrados nas Classes 02 (PIAC02700 e MOGI02800) e 03 (CUBA03900) (CETESB, 2001).

O ponto denominado PIA02700 está localizado no rio Piaçaguera, próximo à ponte localizada na Cosipa (atual Usiminas); o Ponto MOGI02800, localizado no rio Mogi, fica próximo à ponte na Rodovia Piaçaguera-Guarujá, que liga Cubatão a Guarujá; e, por sua vez o Ponto CUBA03900 está localizado no Rio Cubatão, próximo à estrada de ferro Santos-Jundiaí, cerca de 1,5 km a jusante da confluência com o Perequê. As posições geográficas dos pontos constam na Tabela 07.

Figura 18 – Imagem Aérea do SESS de 2009, com indicação dos pontos de amostragem da Cetesb. Fonte: Adaptada de Google Earth, 2011.

Tabela 07 – Posição geográfica dos pontos de amostragem da CETESB.

Pontos de Amostragem	Latitude (S)	Longitude (O)	Corpo d'água
CUBA03900	23°52'58"	46°24'49"	Rio Cubatão
PIAC02700	23°51'27"	46°23'33"	Rio Piaçaguera
MOGI02800	23°51'11"	46°22'51"	Rio Mogi

5.1.2 Classificação e Limites quanto à Legislação

Para efeito de avaliação de qualidade da água, de 2000 a 2004 os corpos de água foram analisados por Cetesb (2001, 2002, 2003 e 2004) de acordo com a Resolução Conama nº. 20, de 18 de junho de 1986, a qual foi revogada pela Resolução Conama nº. 357, de 17 de março de 2005. Portanto os dados de 2005 a 2010 foram analisados de acordo com essa última, estando os Relatórios Anuais de Qualidade das Águas Interiores Cetesb (2006, 2007, 2008, 2009 e 2010) adequados à legislação vigente.

A Resolução Conama n°. 357/2005 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. Para fins de enquadramento quanto à classe, ambas as legislações consideram os pontos PIA02700 e MOGI02800 como Águas Doces - Classe 02, cuja destinação compreende, conforme o Artigo 4º, inciso III, de Conama (2005):

- a) ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como esqui aquático, natação e mergulho, conforme Resolução Conama n°. 274/2000;
- d) à irrigação de hortaliças e plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e
- e) à aquicultura e à atividade de pesca.

Da mesma forma, ambas consideram o Ponto CUBA03900 Águas Doces - Classe 03, e conforme o Art. 4º, inciso IV da referida legislação são destinadas:

- a) ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional ou avançado;
- b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
- c) à pesca amadora;
- d) à recreação de contato secundário; e
- e) à dessedentação de animais.

Os limites e condições definidos por Conama (1986, 2005), conforme a classe e os parâmetros analisados, estão dispostos nas Tabelas 01 a 33 (Anexo), onde constam os resultados de qualidade da água.

5.1.3 Tipo de Análise e Variáveis

A partir dos dados de qualidade da água obtidos das Tabelas da UGRHI 07 – Baixada Santista, anexas aos Relatórios de Qualidade das Águas Superficiais no Estado de São Paulo, dos anos 2000 a 2010 (Cetesb, 2001 a 2011), realizados pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb), foram selecionados as variáveis a serem utilizados nesse trabalho para análise de qualidade da água. O critério de escolha compreendeu a seleção dos parâmetros que tiveram maior capacidade de detecção nas amostras na maioria das campanhas, frequência de

amostragens, bem como aqueles que, por suas propriedades são indicativos de estado ambiental, no que se refere à poluição.

Para fins do presente trabalho, foram considerados dois tipos de parâmetros, os dados denominados “Parâmetros ambientais e químicos básicos”, visto que são um conjunto de fatores físicos e químicos que demonstram importantes características do ambiente de estudo, e os denominados “Parâmetros químicos poluentes” dos quais fazem parte os constituintes maiores e menores, bem como os sólidos dissolvidos da água do mar. As variáveis a seguir foram descritas conforme Cetesb, 2001, 2010; Wrobel, 1989.

5.1.4 Parâmetros ambientais e químicos básicos

Os parâmetros ambientais listados a seguir foram determinados analiticamente pela Cetesb e os detalhes da metodologia analítica adotada, equipamentos e limites de detecção dos métodos encontram-se nos Relatórios de Qualidade das Águas Superficiais no Estado de São Paulo, dos anos 2000 a 2010 (obtidos em www.cetesb.sp.gov.br).

✓ Alcalinidade Total

Alcalinidade indica a quantidade de íons na água que reagem para neutralizar os íons hidrogênio. Constitui-se, portanto, em uma medição da capacidade da água neutralizar os ácidos, servindo assim para expressar a capacidade de tamponamento da água, como por exemplo, sua condição de resistir a mudanças do pH. Os principais constituintes da alcalinidade são os bicarbonatos (HCO_3^-), carbonatos (CO_3^{2-}) e hidróxidos (OH^-), os quais são distribuídos de acordo com o pH.

✓ Condutividade

Expressão numérica da capacidade de uma água conduzir a corrente elétrica. Depende das concentrações iônicas e da temperatura e indica a quantidade de sais existentes na coluna d'água; portanto, representa uma medida indireta da concentração de poluentes. Em geral, níveis superiores a $100\mu\text{S}/\text{cm}$ indicam ambientes impactados.

A condutividade também fornece uma boa indicação das modificações na composição da água, especialmente na sua concentração mineral. À medida que a concentração de sólidos dissolvidos aumenta, os valores da condutividade também se elevam. Altos valores podem indicar características corrosivas da água.

✓ **Cor**

A cor de uma amostra de água está associada ao grau de redução de intensidade que a luz sofre ao atravessá-la; esta redução dá-se por absorção de parte da radiação eletromagnética, devido à presença de sólidos dissolvidos, principalmente material em estado coloidal orgânico e inorgânico.

✓ **Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)**

Utilizada para indicar a presença de matéria orgânica dissolvida na água, a DBO é definida como a quantidade de oxigênio necessária para oxidação bioquímica. Os testes de $DBO_{5,20}$ são realizados por um período de cinco dias, em temperatura de 20°C. Sabe-se que a matéria orgânica é responsável por um dos principais problemas associados poluição das águas, que é a redução na concentração de oxigênio dissolvido. Os maiores aumentos, em termos de DBO_5 num corpo d'água, são provocados por despejos de origem predominantemente orgânica.

✓ **Oxigênio Dissolvido (OD)**

Trata-se de um dos parâmetros mais significativos para expressar a qualidade de um ambiente aquático. As variações nos teores de oxigênio dissolvido estão associadas aos processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem no corpo d'água. Em condições de anaerobiose (ausência de oxigênio dissolvido), os compostos químicos são encontrados na sua forma reduzida, a qual é geralmente solúvel no meio líquido, disponibilizando substâncias para assimilação pelos organismos que sobrevivem no ambiente.

✓ **Potencial Hidrogeniônico (pH)**

Por influir em diversos equilíbrios químicos que ocorrem naturalmente ou em processos de tratamento das águas, o pH é um parâmetro importante em muitos estudos no campo do saneamento ambiental. A influência do pH sobre os ecossistemas aquáticos naturais dá-se diretamente devido a seus efeitos sobre a fisiologia das diversas espécies.

O efeito indireto também é muito importante, podendo, em determinadas condições de pH, contribuir para a precipitação de elementos químicos tóxicos, como metais traços. Desta forma, as restrições das faixas de pH são estabelecidas para as diversas classes de águas naturais, tanto de acordo com a legislação federal, quanto pela legislação do Estado de São Paulo. Os critérios de proteção à vida aquática fixam o pH entre 6 e 9.

✓ **Série de sólidos**

Em saneamento, sólidos nas águas correspondem a toda matéria que permanece como resíduo, após evaporação, secagem ou calcinação da amostra a uma temperatura pré-estabelecida durante um tempo fixado. Em linhas gerais, as operações de secagem, calcinação e filtração são as que definem as diversas frações de sólidos presentes na água (sólidos totais, em suspensão, dissolvidos, fixos e voláteis).

Para os recursos hídricos, os sólidos podem causar danos aos peixes e aos demais componentes da biota aquática, bem como sedimentar no leito dos rios, prejudicando organismos que fornecem alimentos ou, também, danificando os leitos de desova de peixes. Os sólidos podem reter bactérias e resíduos orgânicos no fundo dos rios, promovendo decomposição anaeróbia. Altos teores de sais minerais, particularmente sulfato e cloreto, estão associados à tendência de corrosão em sistemas de distribuição, além de conferir sabor às águas.

✓ **Turbidez**

A turbidez de uma amostra de água é o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la (esta redução dá-se por absorção e espalhamento, uma vez que as partículas que provocam turbidez nas águas são maiores que o comprimento de onda da luz branca); a atenuação da luz é devida à presença de sólidos em suspensão, tais como partículas

inorgânicas (areia, silte, argila) e detritos orgânicos, tais como algas e bactérias, plâncton em geral etc.

Assim como a cor, a turbidez é altamente correlacionada com os níveis de carbono orgânico, devido ao fato de ser causada por substâncias dissolvidas e/ou particuladas.

5.1.4.1.1 Parâmetros químicos poluentes

Em função de sua alta capacidade de dissolução, muitos tipos de substâncias diferentes encontram-se dissolvidas (com dimensão que possibilita a passagem em filtro de $< 45 \mu\text{m}$) no oceano, sendo usualmente classificadas de acordo com a sua natureza química, em cinco grupos distintos: componentes principais, nutrientes, elementos traço menores e maiores e compostos orgânicos.

5.1.4.1.2 Grupo 01 – Componentes Principais (Conservativos)

Componentes Principais são aqueles que ocorrem em concentrações maiores que uma parte por milhão (p.p.m) por peso, e respondem por mais de 99,9% dos sais dissolvidos nos oceanos (Brown, 1995). Compreendem os íons mais abundantes – cloreto (Cl^-), sulfato (SO_4^{2-}), sódio (Na^+), magnésio (Mg^{2+}), cálcio (Ca^{2+}) e potássio (K^+) e os íons menos abundantes - bicarbonato (HCO_3^-), bromo (Br^-), estrôncio (Sr^{2+}) e Fluoreto (F^-). Os componentes principais apresentam propriedades conservativas na água do mar, uma vez que suas concentrações são constantes ao longo do tempo. No presente trabalho serão considerados os seguintes componentes principais:

✓ Cloreto (Total)

Os íons cloretos são advindos da dissolução de sais, da percolação da água através de solos e rochas, sendo naturalmente abundantes na água do mar. No entanto, nas águas superficiais as descargas de esgotos sanitários são fontes importantes de cloreto; assim como

os efluentes industriais, que apresentam concentrações elevadas desse elemento. Nas regiões costeiras, através da chamada intrusão da cunha salina, são encontradas águas com níveis altos de cloreto. Concentrações acima de 250 mg/L causam sabor detectável na água, mas o limite depende dos cátions associados.

Assim como o sulfato, sabe-se que o cloreto também interfere no tratamento anaeróbio de efluentes industriais, provoca corrosão em estruturas hidráulicas, como, por exemplo, em emissários submarinos para a disposição oceânica de esgotos sanitários e interfere na determinação da Demanda Química de Oxigênio (DQO) e de nitratos.

✓ **Fluoreto (Total)**

O flúor é o mais eletronegativo de todos os elementos químicos. É tão reativo que raramente é disposto em sua forma elementar na natureza, sendo normalmente encontrado na sua forma combinada, como fluoreto. O flúor é o 17º elemento em abundância na crosta terrestre. No entanto, para que haja disponibilidade de fluoreto livre, ou seja, disponível biologicamente, são necessárias condições ideais de solo, presença de outros minerais ou outros componentes químicos e água.

Traços de fluoreto são normalmente encontrados em águas naturais, enquanto que concentrações elevadas geralmente estão associadas com fontes subterrâneas.

✓ **Sulfato (Total)**

Um dos mais abundantes íons da natureza, ocorre como partículas microscópicas, oriundo da emanção vulcânica submersa, também é encontrado na água devido à lixiviação das rochas sedimentares. Produz a acidez da atmosfera e a chuva ácida, sendo associado à tendência de corrosão em sistemas de distribuição de água, além de conferir sabor às águas.

5.1.4.1.3 Grupo 02 – Nutrientes

São os elementos críticos responsáveis pela produtividade primária nos oceanos. Por causa do consumo e liberação destes por processos biológicos, as concentrações dos

nutrientes variam na água do mar e são ditos não conservativos. Os organismos fotossintetizantes consomem nutrientes na forma de fosfato e compostos inorgânicos nitrogenados como nitrato, nitrito e N-amoniacal. O silício é utilizado pelas diatomáceas, importantes organismos ligados à produtividade primária, e também compõe esqueletos de alguns organismos marinhos. No presente trabalho serão estudados os seguintes nutrientes:

✓ **Fósforo (Total)**

O fósforo constitui um dos principais nutrientes para os processos biológicos, é um dos elementos chamados macronutrientes. No ambiente aquático pode ser encontrado sob as formas: orgânica (matéria orgânica dissolvida e particulada na biomassa) e inorgânica (fração solúvel representada pelos sais de fósforo dissolvidos e a insolúvel pela presença de minerais de difícil solubilização como fosfato de cálcio).

A presença de fósforo na água está relacionada a processos naturais (dissolução de rochas, carreamento do solo, decomposição de matéria orgânica, chuva) ou antropogênicos (lançamento de esgotos, detergentes, fertilizantes, pesticidas). Em águas naturais não poluídas as concentrações de fósforo situam-se na faixa de 0,01 a 0,05 mg. As indústrias de fertilizantes, como a Vale, antiga Fósferil (Figura 19), representam potencial fonte de contaminação desse elemento para o Estuário.

Série Nitrogenada:

✓ **Nitrato**

É a principal forma de nitrogênio encontrada nas águas. Concentrações de nitratos superiores a 5mg/L demonstram condições sanitárias inadequadas, pois a principal fonte de nitrogênio nitrato são dejetos humanos e animais, ou seja, decomposição de matéria orgânica. Os nitratos estimulam o desenvolvimento de plantas, sendo que organismos aquáticos, como algas, florescem na presença destes e, quando em elevadas concentrações em lagos e represas, podem conduzir a um crescimento exagerado de produtores primários, processo denominado de eutrofização.

✓ **Nitrito**

É uma forma química do nitrogênio normalmente encontrada em quantidades diminutas nas águas superficiais, pois é instável na presença do oxigênio, ocorrendo como uma forma intermediária. O íon nitrito pode ser utilizado pelas plantas como uma fonte de nitrogênio. A presença de nitritos em altas concentrações em água indica processos biológicos ativos influenciados por poluição orgânica.

✓ **Nitrogênio Amoniacal (N-amoniacal = amônio+amônia)**

O N- amoniacal na água pode estar na forma de íon amônio, a maior parte e de gás amônia, normalmente em menor quantidade. A amônia, um gás difícil de ser medido, é uma substância tóxica não persistente e não cumulativa e, sua concentração, que normalmente é baixa, não causa nenhum dano fisiológico aos seres humanos e animais.

A fonte antropogênica de amônia consiste em esgotos domésticos, bem como águas residuárias de indústrias que processam matéria orgânica. Afetam negativamente o balanço de oxigênio do corpo d'água, conseqüentemente, gerando aumento do consumo de oxigênio dissolvido (OD), podendo provocar mortandade dos organismos aeróbios, solubilização de diversos compostos químicos de presença indesejável e aumento na toxicidade de vários elementos, além da geração de maus odores.

Figura 19 – As principais indústrias do Complexo industrial de Cubatão e o Canal de Piaçaguera.

5.1.4.1.4 Elementos traço (Grupos 03 e 04)

São todos componentes inorgânicos que ocorrem em quantidades minúsculas < 1 ppm (parte por milhão). Apesar da baixa concentração destes elementos, eles são extremamente importantes em algumas reações bioquímicas. Os elementos traço subdividem-se em dois grupos:

- **Grupo 03 – Elementos traço menores (microtraços)**

- ✓ **Cádmio**

O cádmio é liberado ao ambiente por efluentes industriais, principalmente, de galvanoplastias, produção de pigmentos, soldas, equipamentos eletrônicos, lubrificantes e acessórios fotográficos, bem como por poluição difusa causada por fertilizantes e poluição do ar local. Normalmente a concentração de cádmio em águas não poluídas é inferior a $1 \mu\text{g/L}$. Experimentos com animais demonstram que o metal produz efeitos tóxicos em vários órgãos,

como fígado, rins, pulmão e pâncreas. É um metal que se acumula em organismos aquáticos, possibilitando sua entrada na cadeia alimentar.

✓ **Chumbo**

A presença do metal na água ocorre por deposição atmosférica ou lixiviação do solo. O chumbo tem ampla aplicação industrial, como na fabricação de baterias, tintas, esmaltes, inseticidas, vidros, ligas metálicas, etc. O chumbo pode afetar quase todos os órgãos e sistemas do corpo, mas o mais sensível é o sistema nervoso, tanto em adultos como em crianças. É um composto cumulativo que provoca um envenenamento crônico denominado saturnismo. As doses letais para peixes variam de 0,1 a 0,4 mg/L, embora alguns resistam até 10 mg/L em condições experimentais.

✓ **Mercúrio**

O mercúrio está presente na forma inorgânica na água superficial e subterrânea. É usado na produção eletrolítica do cloro, em equipamentos elétricos, amalgamas e como matéria prima para compostos de mercúrio. Entre as fontes antropogênicas de mercúrio no meio aquático destacam-se os efluentes de indústrias cloro-álcali de células de mercúrio, vários processos de mineração e fundição, efluentes de estações de tratamento de esgotos, indústrias de tintas, entre outros.

A principal via de exposição humana ao mercúrio é por ingestão de alimentos, principalmente o pescado. Concentrações em excesso desse metal no ambiente provoca bioacumulação, sendo, dessa forma, altamente tóxico ao homem, provocando lesões cerebrais, de forma que, doses de 3 a 30 gramas são letais. O pescado é um dos maiores contribuintes para a transferência de mercúrio para o homem, o que reflete a bioacumulação devido ao excesso no corpo hídrico.

✓ **Níquel**

A maior contribuição antropogênica de níquel para o meio ambiente é a queima de combustíveis, além da mineração e fundição do metal, fusão e modelagem de ligas, indústrias de eletrodeposição, fabricação de alimentos, artigos de panificadoras, refrigerantes e sorvetes

aromatizados. O níquel e seus compostos são utilizados em galvanoplastia, na fabricação de aço inoxidável, manufatura de baterias Ni-Cd, moedas, pigmentos, entre outros usos.

Concentrações de níquel em águas superficiais naturais podem chegar a 0,1 mg/L; valores elevados podem ser encontrados em áreas de mineração. A principal via de exposição para a população não exposta ocupacionalmente ao níquel e não fumante é o consumo de organismos aquáticos.

▪ **Grupo 04 – Elementos traços maiores (macrotraços)**

✓ **Alumínio**

É o principal constituinte de um grande número de componentes atmosféricos, particularmente de poeira derivada de solos e partículas originadas da combustão de carvão. Na água, o alumínio é complexado e influenciado pelo pH, temperatura e a presença de fluoretos, sulfatos, matéria orgânica e outros ligantes. O alumínio é pouco solúvel em pH entre 5,5 e 6,0, devendo apresentar maiores concentrações em profundidade, onde o pH é menor e pode ocorrer anaerobiose.

O aumento da concentração de alumínio está associado com o período de chuvas e, portanto, com a alta turbidez. Outro aspecto chave da química do alumínio é sua dissolução no solo para neutralizar a entrada de ácidos com as chuvas ácidas. Assim como os outros elementos macrotraços em pequenas quantidades são micronutrientes.

✓ **Cobre**

As fontes de cobre para o meio ambiente incluem minas de cobre ou de outros metais, corrosão de tubulações de latão 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 do uso agrícola do cobre e precipitação atmosférica de fontes industriais.

O cobre ocorre naturalmente em todas as plantas e animais, sendo um micronutriente em pequenas concentrações. Estudos indicam que uma concentração de 20 mg/L ou um teor total de 100 mg/L por dia na água é capaz de produzir intoxicações no homem, com lesões no fígado.

✓ **Ferro**

O ferro, em pequenas concentrações, é um micronutriente, não promovendo efeitos tóxicos, mas pode provocar diversos problemas para o abastecimento público de água. Também resulta na ocorrência de depósitos em canalizações e no desenvolvimento de ferro-bactérias, provocando a contaminação biológica da água na própria rede de distribuição. É também padrão de emissão de esgotos e de classificação das águas naturais. No Estado de São Paulo estabelece-se o limite de 15 mg/L para concentração de ferro solúvel em efluentes descarregados na rede coletora de esgotos seguidos de tratamento (Decreto nº. 8468/76).

✓ **Manganês**

O manganês ocorre naturalmente na água superficial e subterrânea, no entanto, as atividades antropogênicas são também responsáveis pela contaminação da água. Raramente atinge concentrações de 1,0 mg/L em águas superficiais naturais e, normalmente, está presente em quantidades de 0,2 mg/L ou menos. Manganês e seus compostos são usados na indústria do aço, ligas metálicas, baterias, vidros, oxidantes para limpeza, fertilizantes, vernizes, suplementos veterinários, entre outros usos.

O manganês é um elemento essencial para muitos organismos, pois é componente das clorofilas e também importante para o ser humano. A principal exposição humana ao manganês é por consumo de alimentos.

✓ **Zinco**

A presença de zinco é comum nas águas superficiais naturais, em concentrações geralmente abaixo de 10 µg/L; em águas subterrâneas ocorre entre 10-40 µg/L. Na água de torneira, a concentração do metal pode ser elevada devido à dissolução do zinco das tubulações. O zinco e seus compostos são muito usados na fabricação de ligas e latão, galvanização do aço, na borracha como pigmento branco, suplementos vitamínicos, protetores solares, etc.

O zinco em pequenas concentrações é um micronutriente ao corpo humano. A atividade da insulina e diversos compostos enzimáticos dependem da sua presença. O zinco só

causa efeito tóxico quando ingerido em concentrações em excesso, o que é extremamente raro, e, neste caso, pode acumular-se em tecidos do organismo humano.

5.1.4.1.5 Grupo 05 - Orgânicos

✓ Fenóis

Os fenóis e seus derivados aparecem nas águas naturais através das descargas de efluentes industriais. Indústrias de processamento da borracha, colas e adesivos, resinas impregnantes, componentes elétricos (plásticos) e as siderúrgicas, entre outras, são responsáveis pela presença de fenóis nas águas naturais. Os fenóis são tóxicos ao homem, aos organismos aquáticos e aos microrganismos que tomam parte dos sistemas de tratamento de esgotos sanitários e de efluentes industriais. Em sistemas de lodos ativados, concentrações de fenóis na faixa de 50 a 200 mg/L trazem inibição da atividade microbiana, sendo que 40 mg/L são suficientes para a inibição da nitrificação.

O índice de fenóis constitui também padrão de emissão de esgotos diretamente no corpo receptor, sendo estipulado o limite de 0,5 mg/L tanto pela legislação do Estado de São Paulo (Artigo 18 do Decreto Estadual n.º 8.468/76) quanto pela Legislação Federal (Artigo 34 da Resolução n.º 357/05 do Conama). Nas águas naturais, os padrões para os compostos fenólicos são bastante restritivos, tanto na legislação federal quanto na do Estado de São Paulo.

Importante ressaltar que as tabelas de qualidade das águas podem apresentar diferenças, visto que foram modificadas no decorrer dos anos. Alguns parâmetros foram acrescentados, outros excluídos, e alguns sofreram alteração quanto à nomenclatura, como por exemplo, a variável Amônia (NH_3), que posteriormente foi substituído por Nitrogênio Amoniacal, englobando o amônio (NH_4^+), pois a metodologia determina $\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$, e dependendo do pH, NH_3 é maior que NH_4^+ . Alterações quanto aos valores limites dos parâmetros também ocorreram, conforme atualização da legislação, o que também pode ser observado para o Nitrogênio Amoniacal.

5.2 2ª Etapa – Modelagem hidrodinâmica

No presente trabalho será utilizado o modelo numérico hidrodinâmico de diferenças finitas baseado no modelo POM – Princeton Ocean Model, o qual determina os campos de nível do mar, correntes, temperatura, salinidade e densidade em grade com coordenada vertical sigma. Para a aplicação do modelo numérico hidrodinâmico serão utilizados os valores de concentrações dos contaminantes selecionados na 1ª etapa, para a simulação da dispersão no Canal de Piaçaguera.

5.2.1 Área de aplicação do modelo

O estudo da dinâmica costeira na região do Porto de Santos foi realizado a partir de modelagem numérica hidrodinâmica, segundo grade computacional englobando o estuário de Santos – São Vicente (incluindo a Baía de Santos e os canais do Porto e de São Vicente), com espaçamento de 166,68 m, cuja batimetria se encontra na Figura 20. A grade foi processada como aninhamento de uma grade maior, com a resolução de 1 Km, cobrindo toda a plataforma do estado de São Paulo, rotineiramente utilizada desde os trabalhos de Harari & Camargo (1994) e Camargo & Harari (1994).

A grade estuarina possui 220 por 150 pontos, sendo inclinada em relação às direções EW e NS e nela foram escolhidos 20 pontos de controle (Figura 07 e Tabela 04). Os primeiros 18 pontos estão situados ao longo do canal de navegação, enquanto que os demais são referentes ao ponto do emissário submarino de esgotos e à posição do perfilador de correntes Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) cujos dados foram utilizados para validar o modelo. No presente trabalho serão utilizados resultados de 06 dos 20 pontos, os Pontos 3, 7, 13, 16, 17 e 18, para análise dos resultados hidrodinâmicos e, depois, para análise da dispersão.

Figura 20 – Batimetria da grade utilizada no modelo hidrodinâmico (em metros).

5.2.2 Características do Modelo Utilizado

Para a simulação da circulação costeira foi processado modelo baseado no “Princeton Ocean Model – POM” (BLUMBERG & MELLOR, 1987), com adaptações de Harari & Camargo (1998, 2003). O POM é um modelo tri-dimensional não linear com as equações hidrodinâmicas completas (para nível do mar, correntes, temperatura, salinidade e densidade) cujas soluções são obtidas em sistema de coordenadas sigma (que acompanha o relevo submarino), considerando a separação de modos e fechamento turbulento de segunda ordem (MELLOR, 1998).

O modelo foi processado considerando como forçantes: (1) as marés nos contornos abertos, especificadas a partir dos resultados do modelo global de maré de Andersen *et al.* (2006a, b) e do modelo de maré da plataforma de Harari & Camargo (1994); (2) os ventos de superfície, disponibilizados pelo *National Center for Environmental Prediction / National Center for Atmospheric Research* (NCEP/NCAR) (KALNAY *et al.*, 1996); (3) dados de temperatura e salinidade do Banco de Dados Levitus 94 (LEVITUS & BOYER, 1994); e (4) os valores de oscilações de nível médio do mar nas bordas calculados pelo modelo de

plataforma de Camargo & Harari (1994), considerando medições de nível do mar das estações maregráficas costeiras permanentes de Cananéia e Ubatuba.

Especificamente para a grade estuarina, foram consideradas adicionalmente as seguintes forçantes: (5) dados de vazões fluviais na área do estuário (IME, 2008); e (6) dados de temperatura e salinidade do Projeto CIRSAN (HARARI *et al.*, 2009, 2009a).

Este modelo hidrodinâmico tem sido intensamente utilizado na reprodução de elevação do nível do mar e correntes em regiões costeiras e de plataforma (HARARI & CAMARGO, 1998, 2003; CAMARGO & HARARI, 2001; CAMARGO *et al.*, 2006; HARARI *et al.*, 2006).

As condições de elevações e correntes marítimas foram simuladas para dois meses, compreendendo janeiro e julho de 2009, de modo a cobrir condições de verão e inverno. Nas simulações, foram considerados 11 níveis sigma nas grades e passos de tempo de 12 segundos para o modo externo e 2 segundos para os modos internos.

5.2.2.1.1 Validação do Modelo

A validação do modelo tem por objetivo, através da comparação entre o modelo e a situação natural do ambiente, quantificar a precisão e possíveis erros do modelo que podem ocorrer na simulação. A confiabilidade do modelo irá depender dos resultados da validação, quanto menor as diferenças e erros, maior a confiabilidade desta ferramenta.

A validação do modelo utilizado no presente trabalho foi realizada com medições de perfilador acústico de correntes – ADCP Sontek Argonaut XR instrumentado com sensor de pressão, sensor de temperatura e três transdutores acústicos operando em 750kHz, fundeado na posição 24° 0,757' S 46° 19,579' W (Figura 07), com profundidade de 11,0 m aproximadamente, local muito próximo ao Ponto selecionado 20 da grade estuarina (próximo à Ilha das Palmas). O registro considerado cobre o período de 16:30 GMT de 16 de fevereiro de 2009 a 13:30 GMT de 30 de março de 2009, em intervalos de 30 minutos, com medidas de correntes na coluna d'água, temperatura no fundo e nível da superfície do mar. O aparelho foi configurado para a obtenção de medições de correntes em 10 células de 1,0 m, a partir de 0,5 m acima do fundo até 0,5 m abaixo do nível da superfície do mar.

A comparação quantitativa das observações com resultados do modelo é apresentada a seguir, a partir da representação gráfica de séries temporais de elevações e da componente NS de corrente a meia água (Figuras 21 e 22). A estatística da comparação é apresentada na Tabela 08, que contém as correlações modelo x medições (correl), as médias das diferenças (difmed), seus desvios padrão (dpadr), as médias dos erros absolutos (meabs) e o parâmetro de Wilmott (skill), o qual é mais próximo a 1 quanto melhor o ajuste do modelo às observações e mais próximo a zero quanto maior o desajuste (WILMOTT, 1981). Esta estatística considera elevações e correntes totais e as respectivas contribuições de maré. Quanto às correntes, as estatísticas contemplam os valores na superfície e a 05 e 10 m de profundidade, para a componente NS de corrente, cuja amplitude é bem maior que a EW, que é atenuada pela proximidade do contorno continental a leste.

A estatística comparativa demonstra que o modelo reproduz razoavelmente as medições do ADCP, embora o perfilador seja posicionado no interior da Baía de Santos, muito próximo à Ilha das Palmas, com componente de corrente EW muito reduzida. Entretanto, a correlação da componente de corrente mais significativa (NS) atinge 0,73 e o desvio padrão das diferenças é sempre menor que 0,1 m/s, com skill acima de 0,90; para a contribuição de maré, que é a feição dinâmica mais frequente, os parâmetros estatísticos comparativos são ainda melhores, com correlações que superam 0,75 e desvios padrão que não ultrapassam 0,05 m/s, com skill acima de 0,90 (Tabela 08).

Uma limitação do modelo na reprodução das correntes medidas se encontra no cálculo de correntes mais fracas em diversos casos de valores extremos observados (Figura 21); estas discrepâncias são devidas à ocorrência de fortes jatos de vento locais, que não estão presentes no modelo atmosférico global, mas que produzem correntes intensas, principalmente na superfície (de fato, os desvios padrão das correntes em profundidade tendem a ser menores que os de superfície). Quanto à reprodução do nível do mar, as correlações são muito elevadas, atingindo 0,95 para o total e para a contribuição de maré, com desvios padrão da ordem de 10% da amplitude e skill acima de 0,98 (Tabela 08).

Figura 21 – Séries temporais de medições do perfilador de correntes ADCP (contínuo, azul) e de cálculos do modelo (pontilhado, vermelho) para a elevação da superfície.

Figura 22 – Séries temporais de medições do perfilador de correntes ADCP (contínuo, azul) e de cálculos do modelo (pontilhado, vermelho) para a componente NS de corrente a 5 m de profundidade.

Tabela 08 – Estatística comparativa de medições e resultados do modelo, considerando a elevação e a componente NS de corrente, na superfície e a 05 e 10 m de profundidade (valores totais e contribuição de maré): coeficientes de correlação e seus níveis de significância (correl, $\pm$), médias das diferenças (difmed) e seu desvios padrão (dpadr), médias dos erros absolutos (meabs) e parâmetros de Wilmott (skill).

	Total					Contribuição de maré				
	Correl	Difmed	Dpadr	Meabs	Skill	Correl	Difmed	Dpadr	Meabs	Skill
	$\pm$	(m)	(m)	(m)		$\pm$	(m)	(m)	(m)	
Elevação (m)	0,95 0,01	0,00	0,12	0,09	0,98	0,95 0,01	0,00	0,11	0,08	0,99
	Correl	Difmed	Dpadr	Meabs	Skill	Correl	Difmed	Dpadr	Meabs	Skill
	$\pm$	(m/s)	(m/s)	(m/s)		$\pm$	(m/s)	(m/s)	(m/s)	
Comp. NS na sup	0,69 0,03	0,02	0,06	0,06	0,90	0,76 0,03	0,00	0,05	0,04	0,93
Comp. NS a 05 m	0,73 0,03	0,01	0,06	0,05	0,91	0,78 0,02	0,00	0,05	0,04	0,93
Comp. NS a 10 m	0,70 0,03	0,02	0,06	0,04	0,91	0,83 0,02	0,00	0,04	0,03	0,92

5.3 3ª Etapa – Modelagem da dispersão

Para a simulação da dispersão de poluentes, foram utilizados dois tipos de modelo, o Euleriano e o Lagrangeano.

Na solução euleriana é utilizado um modelo numérico com a aplicação de diferenças finitas à equação da advecção – difusão - decaimento, em padrão tri-dimensional, com uma solução numérica explícita de segunda ordem no tempo e no espaço, na mesma grade do modelo hidrodinâmico (PROCTOR *et al*, 1994; HARARI *et al*, 2010). O contaminante modelado foi considerado inerte, completamente miscível na água do mar, sem sofrer o efeito da gravidade e com decaimento caracterizado por um T90 de duas horas. Nas simulações, foram considerados resultados da modelagem como percentuais da descarga inicial.

Na solução lagrangeana, se representam os poluentes através de conjuntos de partículas, as quais são submetidas a advecção (transporte pelas correntes), difusão (espalhamento por vórtices e turbilhões) e decaimento (eliminação da poluição por efeitos

químicos e biológicos). Esse método envolve o posicionamento de partículas em função do campo de correntes, de variações aleatórias de sua posição para representar a difusão e, finalmente, remoção parcial de partículas para simular o decaimento de poluentes. No processamento do modelo de dispersão lagrangeano, uma partícula é inserida a cada passo de tempo do modelo (30 segundos), na posição de interesse (na superfície), e sua posição é determinada no decorrer do tempo, considerando-se também um “período de decaimento” pré-estabelecido - no caso em questão, de 02 horas (HARARI & GORDON, 2001; HARARI *et al*, 2007); a distribuição de partículas resultante indica as áreas que podem ser vir a sofrer efeitos de poluentes a partir da posição inicial de descarte.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 1ª Etapa - Dados da qualidade da água

A seguir serão apresentados resultados anuais de qualidade da água, com dados agrupados conforme disposto no item 5.1.3., constando a amplitude - Amp. (obtida através da diferença entre a menor e a maior concentração anual), valor das concentrações anuais, valor máximo e a respectiva data da amostragem, para cada ponto (Tabelas 10 a 20). Quanto menor o valor da amplitude observa-se menor variação entre os resultados no decorrer do ano. Foram dispostos nas referidas tabelas apenas aqueles parâmetros que ultrapassaram, em pelo menos uma das amostragens, os limites definidos pela legislação vigente, até 2005 a Resolução CONAMA nº 20/1986, a partir de 2005 a Resolução CONAMA nº 357/2005 (Tabela 09) observando que as amostragens foram realizadas bimestralmente. Maiores detalhes encontram-se no Anexo, Tabelas 01 a 33, modificadas de Cetesb (2001 a 2011).

Na sequência serão apresentados os resultados da modelagem numérica, com a simulação da dispersão de contaminantes no Canal de Piaçaguera e outros pontos do estuário.

Tabela 09 – Valores Máximos Permitidos dos parâmetros químicos estudados, conforme a Resolução Conama nº 20/1986 e a Resolução Conama nº 357/2005.

Grupos	Parâmetros Químicos	Resolução Conama 20/86 Valor Máximo Permitido (mg/L)		Resolução Conama 357/05 Valor Máximo Permitido (mg/L)	
		Classe 02	Classe 03	Classe 02	Classe 03
1	Cloreto Total	250	250	250	250
	Fósforo Total	0,025	0,025	0,1	0,15
2	Amônia *	0,5	0,5	-	-
	N-amoniacal (para pH > 8,5)	0,5	1	0,5	1
	N-amoniacal (para 8,0 < pH ≤ 8,5)	1	2,2	1	2,2
	N-amoniacal (para 7,5 < pH ≤ 8,0)	2	5,6	2	5,6
	N-amoniacal (para ≤ 7,5)	3,7	13,3	3,7	13,3
	Nitrito	1	1	1	1
	Nitrato	10	10	10	10
3	Cádmio Total	0,001	0,01	0,001	0,01
	Chumbo Total	0,03	0,05	0,01	0,033
	Mercúrio Total	0,0002	0,002	0,0002	0,002
	Níquel Total	0,025	0,025	0,025	0,025
4	Alumínio	0,1	0,1	-	-
	Alumínio Dissolvido	-	-	0,1	0,2
	Cobre	0,02	0,05	-	-
	Cobre Dissolvido	-	-	0,09	0,013
	Manganês	0,1	0,5	0,1	0,5
	Zinco	0,18	5	0,18	5
5	Fenóis	0,001	0,3	0,001	0,3

Legenda: (*) Valor estabelecido no Regulamento de Lei nº 997/76, aprovado pelo Decreto Estadual nº 8486/76. Parâmetro considerado até 2002, quando foi substituído pelo Nitrogênio Amoniacal.

6.1.1 Qualidade das Águas Superficiais considerando os anos de 2000 a 2010

Primeiramente serão apresentadas e avaliadas as concentrações de contaminantes disponíveis desde 2000 até 2010 pela Cetesb, considerando três pontos de interesse próximos ao Canal de Piaçaguera.

Ano 2000

A Tabela 10 demonstra que, em 2000, no rio Piaçaguera os cinco grupos de parâmetros analisados ultrapassam os valores limites propostos pela legislação. Considerando

os valores de amplitude, bem como os resultados bimestrais da Tabela 01 (Anexo), é possível observar que os altos níveis de concentração desses poluentes não foram constantes no decorrer do ano. Os parâmetros Alumínio, Amônia (N. amoniacal), Fósforo Total e Cobre foram os que excederam em maior número de vezes os limites da legislação durante o ano. O alumínio nas seis amostragens excedeu os limites, apresentando valores entre 1,37 e 3,5 mg/L, sendo que o Valor Máximo Permitido (VMP) por Conama 20/86 é 0,1 mg/L. O Fósforo Total também excedeu nos seis bimestres o VMP (0,025mg/L), com valores entre 1 e 35 mg/L. A amônia ultrapassou o VMP (0,50 mg/L) em quatro amostragens, com valores limites entre 3,29 a 11,8 mg/L. O cobre, por sua vez, também excedeu em quatro bimestres o VMP (0,02mg/L), com valores entre 0,03 e 0,06mg/L.

No rio Mogi os parâmetros com VMP's ultrapassados mais constantes durante o ano foram o alumínio, fósforo, manganês e amônia. O alumínio teve o VMP (0,1 mg/L) ultrapassado em todas as amostragens, com valores entre 0,23 e 4,81 mg/L, sendo que este último foi o valor máximo anual entre os três corpos d'água o fósforo também excedeu o VMP (0,025mg/L) em todas as amostragens, com valores entre 0,5 e 9 mg/L; o manganês ultrapassou o VMP (0,1 mg/L) também em todas os bimestres, apresentando valores entre 0,3 e 0,43mg/L, valor este que representa o máximo anual entre os pontos analisados; por fim, a amônia ultrapassou os limites em cinco amostragens, apresentando valores entre 2,1 e 9,85 mg/L.

No rio Cubatão, o parâmetro que se destacou devido à alta concentração foi o Cloreto, com valor de 613 mg/L, máximo anual entre os três corpos d'água analisados.

Importante ressaltar que os valores de Resíduos Filtráveis (equivalentes a sólidos totais) foram elevados no decorrer da maioria das amostragens.

Tabela 10 – Qualidade das Águas Superficiais do Sistema Estuarino de Santos - São Vicente, para o ano de 2000, com valores de amplitude, concentrações máximas e respectivas datas de amostragem em cada corpo d'água. As celas coloridas indicam os maiores valores entre os rios.

Grupos	ANO 2000	RIO PIAÇAGUERA			RIO MOGI			RIO CUBATÃO		
	Parâmetros Químicos	Amp. (mg/L)	Máx. (mg/L)	Data	Amp. (mg/L)	Máx. (mg/L)	Data	Amp. (mg/L)	Máx. (mg/L)	Data
1	Cloreto	245,80	260,00	1/6				594,00	613,00	9/8
2	Fósforo Total	34,00	35,00	19/10	8,50	9,00	6/4	0,11	0,14	23/2
	N-amoniacal	11,77	11,80	6/4	9,40	9,85	23/2	1,06	1,12	1/6
	Nitrito									
	Nitrato									
3	Cádmio									
	Chumbo	0,05	0,05	6/4						
	Mercúrio									
	Níquel									
4	Alumínio	2,13	3,50	6/4	4,58	4,81	23/2	1,23	1,34	23/2
	Cobre	0,04	0,06	9/8	0,04	0,04	19/10			
	Manganês				0,13	0,43	1/6			
	Zinco									
5	Fenóis	0,015	0,015	1/6	0,006	0,01	23/2	0,012	0,012	1/6

Ano 2001

Conforme a Tabela 04 (Anexo), no rio Piaçaguera, os parâmetros alumínio, fósforo total, manganês e amônia apresentaram resultado acima dos padrões Conama nos seis bimestres amostrados e o níquel em cinco. A concentração de amônia oscilou entre 5,16 e 10,9mg/L, a de níquel entre 0,03 e 0,05mg/L, a de alumínio oscilou entre 0,23 e 3,76 mg/L, o de fósforo total entre 0,9 e 30 mg/L e o manganês oscilou entre 1,44 e 2,8mg/L, sendo que os três últimos tiveram os máximos valores (Tabela 10), em comparação com os outros rios, assim como o nitrito, cujo valor máximo foi de 1,1mg/L. As amplitudes demonstram que os valores não foram constantes, exceto para o manganês, que não teve grande oscilação e apresentou em todos os anos valores similares.

Alguns parâmetros químicos também apresentaram valores altos que, em associação com outras variáveis, apresentam características de ambiente degradado. Na Tabela 04 (Anexo) podem ser observados que valores de Oxigênio Dissolvido (OD) e Resíduo Filtrável (RF) também estiveram fora dos padrões Conama (1986), apresentando valores de OD menores que 5 mg/L (mínimo definido pela legislação) nas campanhas de abril, junho,

outubro e dezembro e valores de RF de três a quatro vezes superior ao valor máximo (500 mg/L) definido pela legislação, nas campanhas de abril, junho, agosto, outubro e dezembro .

No rio Mogi os resultados de alumínio, fósforo, manganês e amônia estiveram fora dos padrões Conama em todos os bimestres. A concentração de alumínio variou de 0,2 a 1,15mg/L, a de fósforo de 0,03 a 2,5 mg/L a de manganês de 0,36 a 0,68mg/L e a de amônia de 1,53 a 22,9mg/L. Sendo que, este último teve o valor máximo anual em relação aos outros corpos d'água. Cádmio e chumbo também tiveram suas maiores concentrações anuais no rio Mogi, com 0,002 e 0,06mg/L.

No rio Cubatão os parâmetros alumínio, fósforo total, e nitrogênio total foram os mais frequentes no que diz respeito a ultrapassagem dos limites dispostos pela Resolução Conama. O alumínio apresentou resultados que variaram de 0,13 a 0,32mg/L, os valores de fósforo total variaram de 0,03 a 19,5mg/L e nitrogênio total de 2,066 a 4,78mg/L. Em termos do máximo valor anual entre os rios estudados, o rio Cubatão teve os maiores valores dos parâmetros cloreto total (6243mg/L), níquel (0,81mg/L) e fenóis (0,037mg/L).

Tabela 11 – Qualidade das Águas Superficiais do Sistema Estuarino de Santos e São Vicente, para o ano de 2001, com valores de amplitude, concentrações máximas e respectivas datas de amostragem em cada corpo d'água. As celas coloridas indicam os maiores valores entre os rios.

ANO 2001		RIO PIAÇAGUERA			RIO MOGI			RIO CUBATÃO		
Grupos	Parâmetros Químicos	Amp. (mg/L)	Máx. (mg/L)	Data	Amp. (mg/L)	Máx. (mg/L)	Data	Amp. (mg/L)	Máx. (mg/L)	Data
1	Cloreto	302,50	311,10	20/6				6218	6243	20/6
2	Fósforo Total	29,10	30,00	24/10	2,47	2,50	1/2	19,47	19,5	8/8
	Amônia	5,74	10,90	6/12	21,37	22,90	17/4	2,29	2,45	6/12
	Nitrito	0,99	1,10	6/12						
	Nitrato									
3	Cádmio	0,002	0,01	6/12	0,002	0,002	6/12			
	Chumbo				0,06	0,06	8/8			
							08/08			
	Mercúrio	0,002	0,003	6/12	0,001	0,0003	e 06/12			
4	Níquel	0,02	0,05	20/6				0,77	0,81	½
	Alumínio	3,53	3,76	1/2	0,95	1,15	8/8	0,15	0,32	24/10
	Cobre									
	Manganês	1,36	2,80	6/12	0,32	0,68	17/4	0,05	0,15	6/12
5	Zinco									
	Fenóis	0,007	0,016	6/12	0,002	0,002	17/4	0,035	0,037	20/6

Ano 2002

Os resultados do ano de 2002 permitiram observar, através das Tabelas 12 e 07 (Anexo) que, nas águas do rio Piaçaguera, os parâmetros alumínio, fósforo e manganês tiveram resultados fora dos padrões Conama em todos os bimestres e fenóis em cinco. O alumínio teve resultados que oscilaram entre 1,24 e 3,19mg/L, os valores de fósforo total oscilaram entre 0,09 e 11,8mg/L, manganês entre 1,23 a 2,83mg/L e fenóis, por sua vez oscilaram de 0,003 a 0,025mg/L, todos esses parâmetros tiveram os máximos valores anuais nas águas do rio Piaçaguera, assim como o cobre, com 0,15mg/L.

Nas águas do rio Mogi os parâmetros que tiveram os limites dos VMP ultrapassados em todos os bimestres foram alumínio (variando de 0,51 a 1,81mg/L) e fósforo (variando de 0,8 a 2,1mg/L). O manganês excedeu o VMP em cinco amostragens (variando de 0,07 a 0,64mg/L). E o nitrato, embora tenha apresentado concentração fora dos limites Conama em apenas um bimestre, foi o máximo valor anual (10,7mg/L), entre os três corpos d'água estudados.

Nos resultados das análises de qualidade das águas do rio Cubatão foi possível observar que o alumínio e o cloreto total foram os parâmetros cujos resultados excederam os limites Conama com maior frequência nos seis bimestres. O alumínio ultrapassou o VMP em cinco bimestres, com valores oscilando entre 0,3 e 1,54mg/L, e o cloreto total ultrapassou os limites Conama nos resultados de quatro bimestres, com valores que oscilaram de 88,3 a 3100mg/L, sendo que esse último valor representa o máximo valor de cloreto total entre os três rios estudados para o ano de 2002.

Tabela 12 – Qualidade das Águas Superficiais do Sistema Estuarino de Santos e São Vicente, para o ano de 2002, com valores de amplitude, concentrações máximas e respectivas datas de amostragem em cada corpo d'água. As celas coloridas indicam os maiores valores entre os rios.

ANO 2002		RIO PIAÇAGUERA			RIO MOGI			RIO CUBATÃO		
Grupos	Parâmetros Químicos	Amp. (mg/L)	Máx. (mg/L)	Data	Amp. (mg/L)	Máx. (mg/L)	Data	Amp. (mg/L)	Máx. (mg/L)	Data
1	Cloreto Total	864,50	897,00	8/8				3012	3100	8/8
	Fósforo Total	14,41	14,50	8/8	1,85	2,10	8/8	0,04	0,1	5/12
2	N. Amoniacal							1,64	1,72	11/6
	Nitrito									
	Nitrato				7,48	10,70	5/12			
	Cádmio									
	Chumbo									
3	Mercúrio				0,0003	0,0003	10/4			
	Níquel	0,03	0,03	26/02 e 10/04						
	Alumínio	1,95	3,19	11/6	1,30	1,81	26/2	1,24	1,54	23/10
4	Cobre	0,14	0,15	11/6	0,03	0,04	23/10			
	Manganês	1,60	2,83	11/6	0,57	0,64	5/12			
	Zinco									
5	Fenóis	0,022	0,025	11/6	0,004	0,006	26/2			

Ano 2003

Na Tabela 10 (Anexo) constam os dados do ano de 2003 do rio Piaçaguera, onde podem ser observados os parâmetros que ultrapassaram os limites Conama com maior frequência e apresentaram maiores valores entre os rios, são eles fenóis, quatro bimestres (com valores entre 0,004 e 0,017mg/L), fósforo total cinco bimestres (com valores entre 0,01 e 8,5 mg/L), e manganês cinco bimestres (com valores entre 0,1 a 2,34 mg/L), sendo que, o alumínio no rio Piaçaguera também foi máximo valor desse parâmetro entre os rios em 2003 (Tabela 13).

Na Tabela 11 (Anexo) pode ser observado que, em 2003, nas águas do rio Mogi os parâmetros que ultrapassaram os VMP's em seis bimestres foram fósforo total (com valores entre 0,19 e 10mg/L), manganês (com valores entre 0,43 a 1,56mg/L) e nitrogênio amoniacal (com valores entre 2,1 a 10mg/L). O alumínio apresentou resultados fora dos limites Conama em cinco bimestres (com valores entre 0,17 a 0,64mg/L). Desses parâmetros, o nitrogênio amoniacal teve o máximo valor anual entre os rios estudados, assim como o mercúrio (0,0075 mg/L).

Nos resultados das águas do rio Cubatão do ano de 2003 (Tabela 12, Anexo) é possível observar que apenas o parâmetro cloreto total teve o VMP ultrapassado com mais frequência, em cinco bimestres, com valores que oscilaram de 42,1 a 4010mg/L (Tabela 12, Anexo), também sendo o máximo valor anual entre os corpos d'água estudados.

Tabela 13 – Qualidade das Águas Superficiais do Sistema Estuarino de Santos e São Vicente, para o ano de 2003, com valores de amplitude, concentrações máximas e respectivas datas de amostragem em cada corpo d'água. As celas coloridas indicam os maiores valores entre os rios.

ANO 2003		RIO PIAÇAGUERA			RIO MOGI			RIO CUBATÃO		
Grupos	Parâmetros Químicos	Amp. (mg/L)	Máx. (mg/L)	Data	Amp. (mg/L)	Máx. (mg/L)	Data	Amp. (mg/L)	Máx. (mg/L)	Data
1	Cloreto Total	1132	1160	10/6				3967,9	4010	10/6
	Fósforo Total	8,49	8,50	10/6	9,81	9,81	4/2	0,37	0,44	22/10
2	N. Amoniacal	6,75	7,74	7/4	7,90	10,0	7/8			
	Nitrito									
	Nitrato									
3	Cádmio									
	Chumbo									
	Mercúrio				0,0075	0,0075	7/8			
	Níquel									
	Alumínio	0,59	0,75	22/10 e 04/12	0,47	0,47	7/8			
4	Cobre									
	Manganês	2,24	2,34	7/8	1,18	1,18	10/6			
	Zinco									
5	Fenóis	0,011	0,017	7/4	0,002	0,002	7/4			

Ano 2004

Conforme disposto na Tabela 13 (em Anexo), nas águas do rio Piaçaguera, os parâmetros que ultrapassaram os valores máximos permitidos pela legislação durante os seis bimestres fósforo total (com valores entre 0,1 e 5,2 mg/L), manganês (com valores entre 0,37 e 1,9mg/L) e nitrogênio amoniacal (com valores entre 1,09 a 3,22 mg/L). E, durante cinco bimestres o alumínio (com valores entre 0,99 e 1,8mg/L). Sendo que, dentre esses, as concentrações de fósforo total e manganês no rio Piaçaguera representaram os máximos valores entre os corpos d'água estudados (Tabela 14), assim como o Sulfato (1080 mg/L).

Nas águas do rio Mogi (Tabela 14, Anexo), os parâmetros que ultrapassaram os valores máximos permitidos pela legislação durante os seis bimestres foram fósforo total (com valores entre 0,78 a 1,5mg/L), manganês (com valores entre 0,1 e 0,41mg/L) e nitrogênio amoniacal (com valores entre 1,42 a 6,38mg/L) e em quatro bimestres o alumínio (com valores entre 0,4 a 1,87mg/L). Dentre esses parâmetros, o N. amoniacal e o alumínio tiveram as maiores concentrações anuais no rio Mogi, assim como o níquel (0,05mg/L) e fenóis (0,002mg/L).

Os resultados de 2004 do rio Cubatão mostraram que o fósforo total foi o parâmetros excedeu o VMP com maior frequência, quatro bimestres (com valores entre 0,04 e 0,13mg/L).

Tabela 14 – Qualidade das Águas Superficiais do Sistema Estuarino de Santos e São Vicente, para o ano de 2004, com valores de amplitude, concentrações máximas e respectivas datas de amostragem em cada corpo d'água. As celas coloridas indicam os maiores valores entre os rios.

ANO 2004		RIO PIAÇAGUERA			RIO MOGI			RIO CUBATÃO		
Grupos	Parâmetros Químicos	Amp. (mg/L)	Máx. (mg/L)	Data	Amp. (mg/L)	Máx. (mg/L)	Data	Amp. (mg/L)	Máx. (mg/L)	Data
1	Cloreto Total									
	Sulfato	1007	1080	12/8						
2	Fósforo Total	5,10	5,20	20/10	0,90	1,50	20/10	0,09	0,13	12/8
	N- Amoniacal	2,13	3,22	2/12	4,96	6,38	20/10	1,32	1,45	27/4
	Nitrito									
	Nitrato									
3	Cádmio									
	Chumbo									
	Mercúrio									
	Níquel	0,03	0,03	26/4	0,05	0,05	24/6			
4	Alumínio	0,42	1,41	20/10	1,47	1,87	20/10	1,04	1,46	17/4
	Cobre									
	Manganês	1,53	1,90	26/04 e 12/08	0,31	0,41	24/6			
	Zinco									
5	Fenóis				0,001	0,002	12/8			

Ano 2005

Importante ressaltar que nos resultados de 2005, são consideradas a nova legislação vigente, visto que a Resolução Conama nº. 20/1986 foi revogada e, dentro do contexto do presente trabalho, passou a estar vigente a Resolução Conama nº. 357/2005, portanto, algumas diferenças podem ser observadas em relação aos parâmetros dos anos anteriores.

Nas águas do rio Piaçaguera (Tabela 16, Anexo), tiveram resultados acima dos seus valores máximos permitidos, conforme a legislação supracitada, em todos os bimestres, o fósforo total (0,3 a 65mg/L) e o manganês (0,3 a 1,64mg/L), parâmetros esses que tiveram os máximos valores anuais em relação aos rios estudados, assim como os valores de nitrogênio amoniacal (Tabela 14).

Na Tabela 17 (Anexo), observa-se que nas águas do rio Mogi os parâmetros químicos que ultrapassaram os VMP's nos seis bimestres foram, assim como o rio Piaçaguera, o fósforo total (com valores entre 0,44 a 17mg/L) e manganês (com valores entre 0,22 a 1,14mg/L). No

entanto, os parâmetros com valores máximos anuais entre os rios foram cloreto total (983mg/L), sulfato total (679mg/L), níquel total (0,27mg/L) e fenóis totais (0,057mg/L).

Conforme Tabela 18 (Anexo), o rio Cubatão no ano de 2004 não apresentou parâmetros que excedesse o VMP mais que três bimestres, no entanto, destacam-se cloreto total e fósforo, com limites excedidos em três bimestres.

Tabela 15 – Qualidade das Águas Superficiais do Sistema Estuarino de Santos e São Vicente, para o ano de 2005, com valores de amplitude, concentrações máximas e respectivas datas de amostragem em cada corpo d'água. As celas coloridas indicam os maiores valores entre os rios.

ANO 2005		RIO PIAÇAGUERA			RIO MOGI			RIO CUBATÃO		
Grupos	Parâmetros Químicos	Amp. (mg/L)	Máx. (mg/L)	Data	Amp. (mg/L)	Máx. (mg/L)	Data	Amp. (mg/L)	Máx. (mg/L)	Data
1	Cloreto Total	620,4	636	11/8	981,15	983	15/2	377,5	394	15/2
	Sulfato Total	459	481	11/8	659,30	679	11/8			
2	Fósforo Total	64,70	65,00	26/4	16,56	17,00	15/2	1,24	1,27	19/10
	N-Amoniacal ¹	7,49	7,49	14/12						
	N-Amoniacal ²	2,27	2,27	15/2						
	N-Amoniacal ³	4,97	6,17	19/10						
	Nitrito									
	Nitrato									
3	Cádmio Total									
	Chumbo Total									
	Mercúrio Total									
	Níquel Total				0,27	0,27	26/4			
4	Manganês	1,34	1,64	23/6	0,92	1,14	15/2			
	Zinco Total									
5	Fenóis Totais	0,018	0,02	11/8	0,052	0,057	11/8	0,01	0,011	23/6

Legenda: (1) Valor Limite de Nitrogênio Amoniacal de 0,5 mg/L N para pH > 8,5. (2) Valor Limite de Nitrogênio Amoniacal de 2,0 mg/L N para 7,5 < pH ≤ 8,0. (3) Valor Limite de Nitrogênio Amoniacal de 3,7 mg/L N para pH ≤ 7,5.

Ano 2006

Conforme a Tabela 19 (Anexo), os parâmetros que mais excederam os limites da legislação no rio Piaçaguera em 2006 foram o manganês, agora na forma total, em cinco bimestres (com valores entre 0,09 e 1,56 mg/L) fósforo total (com valores entre 2,98 e 62,5 mg/L), e sulfato total (com valores entre 84 e 1910mg/L). Sendo que, os valores máximos obtidos desses parâmetros nas águas do rio Piaçaguera representam o valor máximo anual entre os corpos d'água estudados (Tabela 16), assim como para fenóis (0,004mg/L).

Nos resultados do rio Mogi (Tabela 20, Anexo), os parâmetros químicos que mais tiveram os limites excedidos foram alumínio dissolvido, em quatro bimestres (com valores entre 0,33 e 0,59mg/L), e em cinco bimestres fósforo total (com valores entre 0,03 e 1,18mg/L) e manganês total (com valores entre 0,08 e 0,43mg/L). Conforme Tabela 16, no rio Mogi os parâmetros que apresentaram valores máximos anuais entre os corpos d'água estudados foram alumínio dissolvido e N. amoniacal (24mg/L).

As águas do rio Cubatão (Tabela 21, Anexo) apresentaram os maiores valores anuais entre os rios estudados para cloreto total (724mg/L) e níquel total (0,04mg/L).

Tabela 16 – Qualidade das Águas Superficiais do Sistema Estuarino de Santos e São Vicente, para o ano de 2006, com valores de amplitude, concentrações máximas e respectivas datas de amostragem em cada corpo d'água. As celas coloridas indicam os maiores valores entre os rios.

Grupos	ANO 2006	RIO PIAÇAGUERA			RIO MOGI			RIO CUBATÃO		
	Parâmetros Químicos	Amp. (mg/L)	Máx. (mg/L)	Data	Amp. (mg/L)	Máx. (mg/L)	Data	Amp. (mg/L)	Máx. (mg/L)	Data
1	Cloreto Total							712,8	724	26/6
	Sulfato Total	1826	1910	26/6						
2	Fósforo Total	59,52	62,50	1/2	1,15	1,18	26/6	0,34	0,36	1/2
	N. Amoniacal ¹									
	N. Amoniacal ²									
	N. Amoniacal ³	17,11	17,60	26/6	22,87	24,00	26/6			
	Nitrito									
	Nitrato									
3	Cádmio Total									
	Chumbo Total									
	Mercúrio Total									
	Níquel Total	0,01	0,03	5/4	0,01	0,03	13/12	0,04	0,04	18/10
4	Alumínio Diss.	0,35	0,47	2/8	0,26	0,59	18/10			
	Cobre Diss.				0,01	0,01	26/6			
	Ferro Diss.									
	Manganês	1,47	1,56	2/8	0,35	0,43	1/2			
	Zinco Total									
5	Fenóis Totais	0,001	0,004	5/4						

Legenda: (1) Valor Limite de Nitrogênio Amoniacal de 0,5 mg/L N para pH > 8,5. (2) Valor Limite de Nitrogênio Amoniacal de 2,0 mg/L N para 7,5 < pH ≤ 8,0. (3) Valor Limite de Nitrogênio Amoniacal de 3,7 mg/L N para pH ≤ 7,5.

Ano 2007

Nos resultados das análises das águas do rio Piaçaguera (Tabela 22, Anexo) os parâmetros químicos que tiveram os valores fora dos padrões Conama foi fósforo total, em todos os bimestres (com valores entre 0,22 e 29,1mg/L), manganês total, em cinco bimestres (com valores entre 0,1 e 2,26mg/L) e em quatro bimestres, fenóis (com valores entre 0,004 e 0,018mg/L) e níquel total (com valores entre 0,03 e 0,07mg/L). Todos os parâmetros supracitados apresentaram valores máximos anuais entre os rios, bem como fluoreto total (1,42mg/L), sulfato total (14600mg/L), nitrato (30,90mg/L), alumínio dissolvido (0,57mg/L), ferro dissolvido (0,46mg/L) e nitrogênio amoniacal (ver Tabela 17).

Nos resultados das análises das águas do rio Mogi (Tabela 23, Anexo) os parâmetros químicos que tiveram os valores fora dos padrões Conama foram fósforo total, em todos os bimestres (com valores entre 0,36 e 1,89mg/L) e em cinco bimestres, o alumínio dissolvido (com valores entre 0,23 e 0,67mg/L) e o manganês total (com valores entre 0,03 e 0,48mg/L). Apenas nitrogênio amoniacal (ver Tabela 17) apresentou valor máximo anual entre os rios.

Os resultados das análises das águas do rio Cubatão apresentaram o cloreto total com valor máximo entre os três corpos d'águas estudados, com o valor de 1300mg/L.

Tabela 17 – Qualidade das Águas Superficiais do Sistema Estuarino de Santos e São Vicente, para o ano de 2007, com valores de amplitude, concentrações máximas e respectivas datas de amostragem em cada corpo d'água. As celas coloridas indicam os maiores valores entre os rios.

ANO 2007		RIO PIAÇAGUERA			RIO MOGI			RIO CUBATÃO		
Grupos	Parâmetros Químicos	Amp. (mg/L)	Máx. (mg/L)	Data	Amp. (mg/L)	Máx. (mg/L)	Data	Amp. (mg/L)	Máx. (mg/L)	Data
1	Cloreto Total							1248,7	1300	12/12
	Fluoreto Total	0,68	1,42	12/12						
	Sulfato Total	14591	14600	21/6						
2	Fósforo Total	28,88	29,10	22/8	1,53	1,89	22/8			
	N-Amoniacal ¹	34,20	34,20	12/12						
	N-Amoniacal ²	4,47	4,47	17/10						
	N-Amoniacal ³				10,26	11,70	22/8			
	Nitrito									
3	Nitrato	30,47	30,90	12/12						
	Cádmio Total									
	Chumbo Total									
	Mercúrio Total									
	Níquel Total	0,04	0,07	6/2						
4	Alumínio Diss.	0,43	0,57	6/2	0,23	0,46	17/10			
	Cobre Diss.									
	Ferro Diss.	0,46	0,46	22/8						
	Manganês	2,16	2,26	21/6	0,45	0,48	21/6			
	Zinco Total									
5	Fenóis Totais	0,014	0,018	17/10	0,004	0,008	17/10	0,01	0,011	17/10

Legenda: (1) Valor Limite de Nitrogênio Amoniacal de 0,5 mg/L N para pH > 8,5. (2) Valor Limite de Nitrogênio Amoniacal de 2,0 mg/L N para 7,5 < pH ≤ 8,0. (3) Valor Limite de Nitrogênio Amoniacal de 3,7 mg/L N para pH ≤ 7,5.

Ano 2008

De acordo com a Tabela 25 (Anexo), nos resultados de qualidade da água do rio Piaçaguera, mais uma vez o manganês total foi um dos parâmetros químicos que mais apresentaram resultados com valores acima dos limites dispostos pela legislação vigente, com concentrações acima do VMP em todos os bimestres (com valores entre 0,89 e 1,63mg/L), seguido de níquel total, com resultados acima do VMP em cinco bimestres (com valores entre 0,03 e 0,06mg/L) e fósforo total, com resultados acima do VMP em quatro bimestres (com valores entre 0,4 e 3,9mg/L). Esses três parâmetros químicos tiveram os valores máximos anuais entre os três corpos d'água estudados, bem como N. amoniacal (ver Tabela 18) e fenóis totais (0,007mg/L).

De acordo com a Tabela 26 (Anexo), nos resultados de qualidade da água do rio Mogi, os parâmetros químicos que mais apresentaram resultados com valores acima dos limites dispostos pela legislação vigente, foram, com concentrações acima do VMP em todos os bimestres fósforo total (com valores entre 0,44 e 3,3mg/L), manganês total (com valores entre 0,31 e 0,56mg/L) e nitrogênio amoniacal (com valores entre 4,05 e 30mg/L) e em cinco bimestres o alumínio dissolvido (com valores entre 0,3 e 1,19mg/L), sendo que, apenas esse último apresentou valor máximo anual em relação aos três rios estudados, adicionalmente à fluoreto total (8,22mg/L) e N. amoniacal (30mg/L – ver Tabela 18).

De acordo com a Tabela 27 (Anexo), nos resultados de qualidade da água do rio Cubatão, o parâmetro químico que apresentou resultados com valores acima dos limites dispostos pela legislação vigente com mais frequência, em cinco bimestres, foi o cloreto total (com valores entre 345 e 929mg/L), cujo valor máximo representa o maior para esse parâmetro entre os três rios, no ano de 2008.

Tabela 18 – Qualidade das Águas Superficiais do Sistema Estuarino de Santos e São Vicente, para o ano de 2008, com valores de amplitude, concentrações máximas e respectivas datas de amostragem em cada corpo d'água. As celas coloridas indicam os maiores valores entre os rios.

ANO 2008		RIO PIAÇAGUERA			RIO MOGI			RIO CUBATÃO		
Grupos	Parâmetros Químicos	Amp. (mg/L)	Máx. (mg/L)	Data	Amp. (mg/L)	Máx. (mg/L)	Data	Amp. (mg/L)	Máx. (mg/L)	Data
1	Cloreto Total	282,3	300	27/8				881,5	929	19/2
	Fluoreto Total				7,98	8,22	11/6			
	Sulfato Total	448	584	27/8						
2	Fósforo Total	3,50	3,90	10/12	2,78	3,30	22/4	0,22	0,24	15/10
	N-Amoniacal ¹	1,72	1,72	19/2						
	N-Amoniacal ²	9,12	9,12	27/8						
	N-Amoniacal ³				25,95	30,00	19/2			
	Nitrito									
	Nitrato									
3	Cádmio Total									
	Chumbo Total									
	Mercúrio Total									
	Níquel Total	0,04	0,06	11/6						
4	Alumínio Diss.				0,89	1,19	11/6			
	Cobre Diss.	0,03	0,03	11/6	0,03	0,03	11/6	0,03	0,03	11/6
	Ferro Diss.				0,37	0,48	15/10			15/10
	Manganês		1,63	27/8	0,25	0,56	27/8			
	Zinco Total									
5	Fenóis Totais		0,007	27/8						

Legenda: (1) Valor Limite de Nitrogênio Amoniacal de 0,5 mg/L N para pH > 8,5. (2) Valor Limite de Nitrogênio Amoniacal de 1,0 mg/L N para 8,0 < pH ≤ 8,5. (3) Valor Limite de Nitrogênio Amoniacal de 3,7 mg/L N para pH ≤ 7,5

Ano 2009

De acordo com a Tabela 28 (Anexo), nos resultados de qualidade da água do rio Piaçaguera, os parâmetros químicos que mais apresentaram resultados com valores acima dos limites dispostos pela legislação vigente foram, com concentrações acima do VMP em cinco bimestres, fósforo total (com valores entre 0,17 e 2,05mg/L), manganês total (com valores entre 0,1 e 1,3mg/L) e nitrogênio amoniacal (com valores entre 0,8 e 4,23 – ver Tabela 19). Os três parâmetros supracitados apresentaram valores máximos anuais, nas águas do rio Piaçaguera, em relação ao três rios estudados, bem como fluoreto total (2,74mg/L), sulfato total (358mg/L) e níquel total (0,04mg/L).

Nos resultados das análises das águas do rio Mogi (Tabela 29, Anexo) os parâmetros químicos que tiveram os valores fora dos padrões Conama foram, em todos os bimestres,

fósforo total (com valores entre 0,24 e 1,1mg/L) e manganês total (com valores entre 0,31 e 0,54mg/L) e em quatro bimestres, o alumínio dissolvido (com valores entre 0,12 e 0,36mg/L), este último também representando o valor máximo anual entre os corpos d'água estudados, assim como zinco total (0,32mg/L) e N. amoniacal (9,09mg/L – ver Tabela 19).

Os resultados das análises das águas do rio Cubatão apresentaram o cloreto total com valor máximo entre os três corpos d'água estudados, com o valor de 3100mg/L.

Tabela 19 – Qualidade das Águas Superficiais do Sistema Estuarino de Santos e São Vicente, para o ano de 2009, com valores de amplitude, concentrações máximas e respectivas datas de amostragem em cada corpo d'água.

Grupos	ANO 2009	RIO PIAÇAGUERA			RIO MOGI			RIO CUBATÃO		
	Parâmetros Químicos	Amp. (mg/L)	Máx. (mg/L)	Data	Amp. (mg/L)	Máx. (mg/L)	Data	Amp. (mg/L)	Máx. (mg/L)	Data
1	Cloreto Total	1038,5	1050	25/6				3057,5	3100	25/6
	Fluoreto Total	2,17	2,74	14/12						
	Sulfato Total	286	358	22/4						
2	Fósforo Total	1,88	2,05	15/10	0,86	1,10	10/2			
	N-Amoniacal ¹	3,43	4,23	25/6						
	N-Amoniacal ²									
	N-Amoniacal ³				7,48	9,09	10/2			
	Nitrito									
3	Nitrato									
	Arsênio Total									
	Cádmio Total									
	Chumbo Total									
	Mercúrio Total									
4	Níquel Total	0,02	0,04	22/4						
	Alumínio Diss.	0,16	0,16	14/12	0,24	0,36	14/12			
	Cobre Diss.									
	Ferro Diss.									
	Manganês	0,80	1,3	25/6	0,23	0,54	25/6			
5	Zinco Total				0,29	0,32	22/4			
	Fenóis Totais									

Legenda: (1) Valor Limite de Nitrogênio Amoniacal de 0,5 mg/L N para pH > 8,5. (2) Valor Limite de Nitrogênio Amoniacal de 1,0 mg/L N para 8,0 < pH ≤ 8,5. (3) Valor Limite de Nitrogênio Amoniacal de 3,7 mg/L N para pH ≤ 7,5.

Ano 2010

Nos resultados do rio Piaçaguera (Tabela 31, Anexo), os parâmetros químicos que tiveram os limites dispostos pela legislação vigente extrapolados por mais vezes, ambos em

cinco bimestres, foram o manganês total (com valores entre 0,73 e 1,507mg/L) e o sulfato total (com valores entre 50,2 e 494mg/L). Ambos os parâmetros supracitados tiveram os máximos valores anuais entre os rios estudados, assim como, fluoreto total (2,99mg/L), fósforo total (6,84mg/L), cádmio total (0,0011mg/L), mercúrio total (0,0003mg/L), níquel total (0,04mg/L), alumínio dissolvido (1,75mg/L), fenóis totais (0,005mg/L) e nitrogênio amoniacal (ver Tabela 20).

Conforme Tabela 32 (Anexo), no rio Mogi os parâmetros químicos que tiveram os limites dispostos pela legislação vigente extrapolados por mais vezes foram, nos seis bimestres, o manganês total (com valores entre 0,2627 e 0,57mg/L), em cinco bimestres o fósforo total (com valores entre 0,06 e 1,11mg/L) e, em quatro bimestres, o alumínio dissolvido (com valores entre 0,04 e 0,38mg/L). Os resultados das águas do rio Mogi apresentaram os maiores valores anuais entre os rios estudados para ferro dissolvido (valores entre 0,5 e 0,88mg/L) e nitrogênio amoniacal (ver Tabela 20).

Tabela 20 – Qualidade das Águas Superficiais do Sistema Estuarino de Santos e São Vicente, para o ano de 2010, com valores de amplitude, concentrações máximas e respectivas datas de amostragem em cada corpo d'água. As celas coloridas indicam os maiores valores entre os rios.

ANO 2010		RIO PIAÇAGUERA			RIO MOGI			RIO CUBATÃO		
Grupos	Parâmetros Químicos	Amp. (mg/L)	Máx. (mg/L)	Data	Amp. (mg/L)	Máx. (mg/L)	Data	Amp. (mg/L)	Máx. (mg/L)	Data
1	Cloreto Total							226,5	262	19/8
	Fluoreto Total	0,53	2,99	23/2						
	Sulfato Total	444	494	24/6						
2	Fósforo Total	4,04	6,84	14/10	1,05	1,11	23/2			
	N-Amoniacal ¹	1,55	1,55	26/4						
	N-Amoniacal ²	9,50	9,50	19/8						
	N-Amoniacal ³				4,39	5,86	26/4			
	Nitrito									
	Nitrato									
3	Arsênio Total									
	Cádmio Total	0,0002	0,0011	26/4						
	Chumbo Total									
	Mercúrio Total	0,0002	0,0003	26/4						
	Níquel Total	0,03	0,04	23/2						
4	Alumínio Diss.	1,64	1,75	23/2	0,34	0,38	14/10			
	Cobre Diss.	0,07	0,07	23/2						
	Ferro Diss.	0,35	0,35	23/2	0,42	0,42	14/10			
	Manganês	0,78	1,51	23/2	0,57	0,57	14/10			
	Zinco Total									
5	Fenóis Totais	0,005	0,005	26/04 e 24/06						

Legenda: (1) Valor Limite de Nitrogênio Amoniacal de 0,5 mg/L N para pH > 8,5. (2) Valor Limite de Nitrogênio Amoniacal de 1,0 mg/L N para 8,0 < pH ≤ 8,5. (3) Valor Limite de Nitrogênio Amoniacal de 3,7 mg/L N para pH ≤ 7,5.

De acordo com os resultados dos anos de 2000 a 2010, considerando as tabelas apresentadas com os valores máximos anuais da concentração dos parâmetros químicos avaliados que apresentaram valores fora dos limites das Resoluções Conama (1986, 2005), foi possível observar que os resultados dos três pontos estudados indicam comprometimento da qualidade ambiental das águas superficiais devido à contaminação por poluentes, de modo que o diagnóstico, de modo geral, é similar ao disposto em Tommasi (1979), Cetesb (1979), Cetesb (1981) e Lamparelli (2001).

No entanto, em relação aos três corpos d'água avaliados, o rio Piaçaguera mostrou o maior número de poluentes e as mais elevadas concentrações deles, como pode ser observado nas Tabelas apresentadas.

Conforme as Tabelas anuais de qualidade da água e as respectivas discussões, o alumínio, o fósforo e o manganês são elementos constantes nas águas dos rios Piaçaguera e Mogi, visto que na maioria dos anos estudados estiveram presentes com concentrações acima dos limites das legislações (Conama 1986 e 2005), sugerindo que ocorrem despejos constantes desses elementos nesses corpos d'água.

No rio Piaçaguera, em especial, o fósforo total obteve o valor máximo anual em 80% dos anos estudados. Grande quantidade de fósforo que é carregada para a área do estuário de Santos – São Vicente é proveniente das montanhas de fosfogesso, das indústrias de fertilizantes, as quais representam prováveis fontes também das concentrações de nitrogênio amoniacal, parâmetro que também excedeu os limites da legislação em diversos anos no rio Piaçaguera e no rio Mogi. A concentração dos nutrientes na água do mar são fatores muito importantes para verificar o impacto da poluição sobre o sistema costeiro visto que eles são uma reação das entradas de lixo, e processos de reciclagem nas águas costeiras. A elevada quantidade de resíduos, que podem diferir em termos de quantidade e qualidade dos poluentes, é, portanto, derivado de efluentes industriais e domésticos (BRAGA *et al.*, 2000).

Segundo Cetesb (2001) as principais fontes de manganês na Baixada Santista são indústrias e diversos terminais portuários que lançam seus poluentes no estuário, de forma que, além de encontrado em análises químicas dos efluentes das diversas indústrias no entorno do estuário, constitui como matéria prima de algumas delas.

Em relação aos parâmetros analisados do grupo 01, ficou claro que as águas do rio Cubatão, o único dos três corpos d'água definido como Classe 03 (CONAMA, 2005), possuem altas concentrações de cloreto total, visto que, em oito dos nove anos (aproximadamente 78%) cujos resultados desse parâmetro excederam o VMP, o valor máximo anual desse parâmetro, em relação aos três corpos d'água estudados, foi constatado nas águas do rio Cubatão. No entanto, o rio Piaçaguera apresentou valores máximos anuais de sulfato em cinco dos sete anos (aproximadamente 71%) que foram realizadas as análises desse parâmetro, bem como apresentou os valores máximos anuais de fluoreto em três dos quatro anos (75%). De acordo com Lamparelli (2001), as fontes desses materiais no estuário, em grande parte, se deve aos Terminais Portuários.

Outro fator observado foi o fato de que, em sete do total de nove anos (aproximadamente 78%) cujos resultados de fenóis apresentaram concentrações acima do VMP, o valor máximo anual entre os rios foi registrado no rio Piaçaguera.

Em relação aos elementos traço menores (Cádmio, Chumbo, Mercúrio e Níquel) foi possível observar que, os resultados acima dos VMP's, bem como as concentrações máximas foram, em suma, constatados no rio Piaçaguera, seguido do rio Mogi. Sugere-se que as fontes desses elementos são industriais. Considerando o potencial de retenção dos metais nos sedimentos, parte dos metais observados em água tem grande tendência em ficar retidos no sistema, como aponta o trabalho de metais realizado por Siqueira (2003), em sedimentos do estuário e baía de Santos.

Importante ressaltar que os resultados dos Parâmetros ambientais e químicos básicos medidos pela Cetesb, apresentaram valores fora dos limites dispostos pela legislação vigente em muitas das amostragens realizadas, como pode ser observado nas Tabelas em Anexo, com valores que extrapolam muito os valores padrões Conama, como as maiores concentração desses dez anos estudados para sólidos totais dissolvidos, com o valor de 35400mg/L nas (rio Piaçaguera, em 2007), para demanda bioquímica de oxigênio (DBO) com o valor de 26 mg/L (rio Cubatão, 2008), bem como oxigênio dissolvido (OD) com 1,14 mg/L (rio Piaçaguera, 2001), turbidez com 269 UNT e pH de 4,2 U.pH (rio Mogi, 2005). Esses parâmetros, muitas vezes associados, quando apresentam valores fora dos limites legais indicam baixa qualidade da água e alto potencial tóxico, o que pode agravar a presença de contaminantes.

6.1.2 2ª Etapa – Modelagem Hidrodinâmica

A seguir, será apresentada uma análise da hidrodinâmica da área de interesse, o Canal de Piaçaguera, e sua comparação com outras áreas do estuário, com base no estudo de Harari *et al* (informação pessoal)², já apresentado no item 4.4 (Caracterização Hidrodinâmica do Sistema Estuarino de Santos – São Vicente) caracterização da hidrodinâmica do estuário de Santos – São Vicente.

De fato, o Canal de Piaçaguera apresenta circulação com energia bem menor que outras áreas do estuário, como, por exemplo, em partes do Canal do Porto. Isto pode ser observado nas Tabelas 05 e 06, referentes à estatística básica da circulação para condições de verão e inverno. Em relação aos desvios padrão das correntes totais, em condições de verão, o Ponto 07 possui valor de 0,237 m/s e o Ponto 13 valor de 0,145 m/s, enquanto os pontos

---

² Dados não publicados pelo autor

inseridos no Canal de Piaçaguera apresentam valores bem menores, de 0,099 m/s no Ponto 16, de 0,103 m/s no Ponto 17 e de apenas 0,045 m/s no Ponto 18 (diminuindo à medida que se vai para o interior do Canal). Também no inverno, os valores de desvios padrão das correntes totais são muito reduzidos no Canal de Piaçaguera se comparado com outros pontos do Canal do Porto, atingindo 0,173 m/s no Ponto 07 e 0,129 m/s no Ponto 13, enquanto que se tem 0,096 no Ponto 16 e 0,094 m/s no Ponto 17, caindo para 0,049 m/s no ponto 18.

Outras ilustrações da atenuação da circulação no Canal de Piaçaguera podem ser verificadas nas Figuras 23 e 24, com valores instantâneos de corrente em maré vazante após a passagem de uma frente fria. Nas Figuras 25, 26 e 27 e 28, 29 e 30, podem ser verificadas com as séries temporais de nível do mar e correntes dos pontos 03, 07 e 13 (Canal do Porto), 16, 17 e 18 (Canal de Piaçaguera) respectivamente, referentes a janeiro de 2007. Estas séries temporais apresentam características de grande interesse, especialmente no que se refere a: pequena variabilidade do nível do mar ao longo de todo o estuário e grande variabilidade das correntes, tanto em direção como em intensidade; ademais, há nítido alinhamento das correntes com a orientação dos canais.

Finalmente, um ponto particularmente importante nos pontos estudados se encontra na tendência de direcionamento das correntes, com sentido e maior velocidade em direção ao mar aberto, na superfície, e com sentido e maior velocidade em direção ao continente, nas profundidades de cinco (5m) e dez metros (10m), por influência das vazões fluviais e correspondentes correntes de densidade, que acabam por formar a cunha salina.

Em relação à velocidade, é possível observar nas simulações em pontos ao longo do Canal do Porto que as velocidades são superiores às medidas no Canal de Piaçaguera. De forma que as velocidades máximas de correntes foram registradas no Ponto 07, Canal do Porto – Início, com 40 cm/s na superfície, em direção ao mar aberto, 23 cm/s a 5 m de profundidade, em direção ao continente e 30 cm/s a 10 m de profundidade, em direção ao continente. Já no Ponto 18 do Canal de Piaçaguera foram registradas as menores velocidades, 12 cm/s na superfície, em direção ao mar aberto, 5 cm/s a 5 m de profundidade, em direção ao continente e 7 cm/s a 10 m de profundidade, em direção ao continente.

Figura 23 – Correntes de superfície medida em janeiro de 2010, na parte superior do Sistema Estuarino de Santos e São Vicente, onde está inserido o Canal de Piaçaguera. Menor intensidade na coloração das flechas indica menor velocidade, e maior intensidade na coloração indica áreas com correntes mais intensas.

Figura 24 – Correntes de superfície medida em janeiro de 2010 no Sistema Estuarino de Santos e São Vicente ao longo do Canal do Porto. Menor intensidade na coloração das flechas indica menor velocidade, e maior intensidade na coloração indica áreas com correntes mais intensas.

Figura 25 – Séries temporais de nível do mar e de correntes (na superfície e a 05 m e 10 m de profundidade), no Ponto 03 – Canal de Acesso, localizado na porção inferior do estuário.

Figura 26 – Séries temporais de nível do mar e de correntes (na superfície e a 5 m e 10 m de profundidade), no Ponto 07 – Porto (Início), localizado na porção inferior do estuário.

Figura 27 – Séries temporais de nível do mar e de correntes (na superfície e a 5 m e 10 m de profundidade), no Ponto 13 – Ilha Barnabé, localizado na porção inferior do estuário.

Figura 28 – Séries temporais de nível do mar e de correntes (na superfície e a 5 m e 10 m de profundidade), no Ponto 16 – Lagoa do Canéu, localizado no Canal de Piaçaguera.

Figura 29 – Séries temporais de nível do mar e de correntes (na superfície e a 5 m e 10 m de profundidade), no Ponto 17 - Canal de Piaçaguera.

Figura 30 – Séries temporais de nível do mar e de correntes (na superfície e a 05 m e 10 m de profundidade), no Ponto 18 - Canal de Piaçaguera.

6.2 3ª Etapa – Modelagem da dispersão de contaminantes

Considerando as concentrações dos parâmetros químicos que ultrapassaram o valor limite estabelecido pelas legislações pertinentes, conforme os resultados de qualidade das águas superficiais apresentados em itens anteriores desse trabalho, julga-se fato que essas substâncias possuem potencial capacidade de causar efeitos deletérios nos organismos do estuário. No entanto, as condições hidrodinâmicas são condicionantes para ajudar a quantificar esses efeitos, visto que influenciam na dispersão e deposição das substâncias. Serão apresentados a seguir, na terceira etapa de resultados, mapas da dispersão de contaminantes no Canal de Piaçaguera e em outros pontos do estuário.

Embora no presente trabalho não tenham sido considerados pontos de estudo de qualidade da água dentro do Canal de Piaçaguera, estima-se que as substâncias despejadas nos rios Mogi e Piaçaguera acabam por alcançar essa área estuarina. Desse modo, após descarga nos rios, os contaminantes alcançam o estuário e, a partir daí, ocorre dispersão neste corpo d'água. O objetivo da modelagem da hidrodinâmica e da dispersão no estuário foi o de estimar as concentrações e área atingidas especificamente nesse corpo d'água. Considerando que cada poluente tem suas peculiaridades, como características próprias de decaimento, espalhamento, entre outras, o poluente considerado nos mapas de dispersão é genérico, de forma que não se aplicou essas diferenças entre os elementos.

A modelagem da dispersão a partir de método euleriano tem resultados selecionados nas Figuras 31, 32 e 33, para os pontos de descarga 16, 17 e 18 (localizados no Canal de Piaçaguera) e nas Figuras 34, 35 e 36, para os pontos de descarga 03, 07 e 13, (localizados na porção inferior do estuário), de simulações referentes a 19 de janeiro de 2007. Essas figuras correspondem a distribuições percentuais de concentrações ao final de 12 horas de simulação (visto que a concentração no início de cada processamento era de 100 unidades, a 12:00 GMT do dia 19 de janeiro de 2007, em cada ponto de descarga).

É notório o menor espalhamento de poluentes no Canal de Piaçaguera (e o aumento da concentração máxima), principalmente na parte mais interna deste canal, evidentemente em função de sua menor velocidade. De fato, o ponto 18 é o que apresenta o maior percentual de concentração dentre os pontos analisados, atingindo até 0,70 %.

Figura 31- Concentrações percentuais ao final de 12 horas após o despejo de contaminantes, na simulação de dispersão no ponto 16, localizado próximo à Lagoa do Canéu, referente a 19 de janeiro de 2007.

Figura 32 - Concentrações percentuais ao final de 12 horas após o despejo de contaminantes, na simulação de dispersão no ponto 17, localizado no Canal de Piaçaguera, referente a 19 de janeiro de 2007.

Figura 33 - Concentrações percentuais ao final de 12 horas após o despejo de contaminantes, na simulação de dispersão no ponto 18, localizado no Canal de Piaçaguera, referente a 19 de janeiro de 2007.

Figura 34 - Concentrações percentuais ao final de 12 horas após o despejo de contaminantes, na simulação de dispersão no ponto 03, localizado no Canal do Porto - Acesso, referente a 19 de janeiro de 2007.

Figura 35 - Concentrações percentuais ao final de 12 horas após o despejo de contaminantes, na simulação de dispersão no ponto 07, localizado no Canal do Porto - Início, referente a 19 de janeiro de 2007.

Figura 36 - Concentrações percentuais ao final de 12 horas após o despejo de contaminantes, na simulação de dispersão no ponto 13, localizado próximo à Ilha Barnabé, referente a 19 de janeiro de 2007.

As distribuições de partículas e sua densidade ao final de 06 horas, segundo a modelagem lagrangeana da dispersão, são representadas pelas Figuras 37, 38, 39, 40, 41 e 42 nas simulações a partir dos pontos 16, 17 e 18 (Canal de Piaçaguera) e pelas Figuras 43, 44, 45, 46, 47 e 48 nas simulações a partir dos pontos 3, 7 e 13 (porção inferior do estuário), desde 12:00 GMT de 19 de janeiro de 2007. Novamente a baixa velocidade das correntes no Canal de Piaçaguera é associada a menor dispersão de partículas; o ponto que apresentou maior percentual pontual de partículas foi o ponto 17, com valor superior a 22% ao final do período de simulação.

Além da baixa energia para dispersão no Canal de Piaçaguera, que provoca deposição de poluentes agregados a materiais particulados em suspensão e ácidos húmicos, fazendo com que os poluentes permaneçam nas áreas mais internas do estuário e não se espalhem na direção do mar aberto, devem ser consideradas adicionalmente fontes de poluentes antrópicas no próprio Canal, provenientes da área industrial de Cubatão e da zona final do Canal do Porto. Estas fontes certamente também contribuem para a degradação das águas do Canal de Piaçaguera, se comparado com a área do estuário ao longo do Canal do Porto, que estão sujeitos a uma hidrodinâmica mais intensa, o que contribui à dispersão dos poluentes e manutenção da qualidade das águas, corroborando o que relata Amorim *et al.*, 2009.

Figura 37 – Distribuição de partículas ao final de 06 horas após o despejo de 738 partículas, na simulação de dispersão no ponto16, localizado próximo à Lagoa do Canéu, no Canal de Piaçaguera, referente a 19 de janeiro de 2007.

Figura 38 – Densidade de partículas ao final de 06 horas após o despejo de 738 partículas, na simulação de dispersão no ponto 16, localizado próximo a Lagoa do Canéu, no Canal de Piaçaguera, referente a 19 de janeiro de 2007. A escala de cores representa o percentual de partículas por área.

Figura 39 – Distribuição de partículas ao final de 06 horas após o despejo de 738 partículas, na simulação de dispersão no ponto 17, localizado no Canal de Piaçaguera, referente a 19 de janeiro de 2007.

Figura 40 – Densidade de partículas ao final de 06 horas após o despejo de 738 partículas, na simulação de dispersão no ponto17, localizado no Canal de Piaçaguera, referente a 19 de janeiro de 2007. A escala de cores representa o percentual de partículas por área.

Figura 41 – Distribuição de partículas ao final de 06 horas após o despejo de 738 partículas, na simulação de dispersão no ponto 18, localizado no Canal de Piaçaguera, referente a 19 de janeiro de 2007.

Figura 42– Densidade de partículas ao final de 06 horas após o despejo de 738 partículas, na simulação de dispersão no ponto 18, localizado no Canal de Piaçaguera, referente a 19 de janeiro de 2007. A escala de cores representa o percentual de partículas por área.

Figura 43 – Distribuição de partículas ao final de 06 horas após o despejo de 738 partículas, na simulação de dispersão no ponto 03, localizado no Canal do Porto - Acesso, referente a 19 de janeiro de 2007.

Figura 44 – Densidade de partículas ao final de 06 horas após o despejo de 738 partículas, na simulação de dispersão no ponto 03, localizado no Canal do Porto - Acesso, referente a 19 de janeiro de 2007. A escala de cores representa o percentual de partículas por área.

Figura 45 – Distribuição de partículas ao final de 06 horas após o despejo de 738 partículas, na simulação de dispersão no ponto 07, localizado no Canal do Porto - Início, referente a 19 de janeiro de 2007.

Figura 46 – Densidade de partículas ao final de 06 horas após o despejo de 738 partículas, na simulação de dispersão no ponto 07, localizado no Canal do Porto - Início, referente a 19 de janeiro de 2007. A escala de cores representa o percentual de partículas por área.

Figura 47 – Distribuição de partículas ao final de 06 horas após o despejo de 738 partículas, na simulação de dispersão no ponto 13, localizado próximo a Ilha Barnabé, no Canal do Porto, referente a 19 de janeiro de 2007.

Figura 48 – Densidade de partículas ao final de 06 horas após o despejo de 738 partículas, na simulação de dispersão no ponto 13, próximo a Ilha Barnabé, no Canal do Porto, referente a 19 de janeiro de 2007. A escala de cores representa o percentual de partículas por área.

7 CONCLUSÕES

A partir do diagnóstico realizado especificamente quanto à qualidade da água dos rios Piaçaguera, Mogi e Cubatão realizados no presente trabalho, foi possível constatar que as águas dos mesmos caracterizam fontes potenciais de poluição para o Sistema Estuarino de Santos - São Vicente, bem como as águas do Canal de Piaçaguera, visto que apresentam teores acentuados de poluentes diversos e de fontes difusas, destacando-se as industriais e os terminais portuários.

As análises temporais indicam que, embora os níveis de concentrações diminuam desde a década de 80, no entanto, os poluentes dos diferentes grupos analisados, grupos dos sulfatos, nutrientes, elementos traço menores, elementos traço maiores e compostos orgânicos (fenóis) continuam presentes nos resultados, e muitas vezes com valores de concentração acima do determinado pela legislação vigente. Importante ressaltar que há diferenças entre os corpos d'água de acordo com as fontes mais impactantes em cada curso d'água.

O potencial de degradação ambiental fica condicionado a propriedades físicas e biogeoquímicas dos poluentes, como capacidade de adsorção, tempo de residência e biodisponibilidade, bem como, destaca-se no presente trabalho, a importância das características hidrodinâmicas da área.

Na avaliação realizada através da simulação de dispersão de poluentes no Canal de Piaçaguera e em pontos fora do canal demonstrou que ambos os métodos, lagrangeano e euleriano foram satisfatórios para o presente trabalho, no entanto, se forem considerados propriedades físicas e biogeoquímicas dos poluentes a terem a dispersão simulada, deve-se fazer uma avaliação detalhada de qual o melhor método a ser utilizado para cada poluente.

O modelo de dispersão apresentou resultados que permitiram constatar que a hidrodinâmica exerce forte influência no espalhamento de materiais despejados no Canal de Piaçaguera, e em outras áreas desse estuário. De modo que, sendo uma área mais fechada, o Canal de Piaçaguera apresenta circulação com energia bem menor que outras áreas do estuário, como em pontos estudados do Canal do Porto. Nesse sentido, a baixa velocidade das correntes no Canal de Piaçaguera é associada à menor dispersão de partículas, o que facilita a deposição destas (nos contornos e no fundo).

A influência da hidrodinâmica associada a grandes quantidades de material em suspensão, provenientes dos rios considerados no presente trabalho, bem como de outras

fontes, a área do canal de Piaçaguera tende a contribuir à formação de uma mistura complexa, onde cada componente tem um ciclo biogeoquímico diferenciado. Nesse sentido, considerando o lançamento contínuo de poluentes dos rios estudados, e fatores que agravam, como: a tendência de acúmulo dos poluentes nos sedimentos devido à baixa hidrodinâmica, a bioacumulação, a resuspensão dos sedimentos contaminados, o presente estudo indica que a área objeto de estudo, o Canal de Piaçaguera, apresenta, ainda, nível crítico de poluição.

8   CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com as conclusões, no que tange ao comprometimento da área avaliada no presente trabalho, sugere-se que seja acrescentado à Rede de Monitoramento de Qualidade das Águas da Cetesb, pontos de amostragem para águas superficiais localizados no Canal de Piaçaguera. E, portanto, a utilização dos modelos hidrodinâmico e de dispersão acoplados, considerando os valores medidos de concentrações de poluentes e suas propriedades físicas e biogeoquímicas.

Adicionalmente, medidas de controle devem ser estudadas, a iniciar pela maior rigidez na disposição dos materiais com alto potencial poluidor, principalmente pelas indústrias e pelos terminais portuários.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABESSA, D. M. S. Avaliação da qualidade de sedimentos do sistema estuarino de Santos, SP - Brasil. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Instituto Oceanográfico. São Paulo, SP. 290p. 2002.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). Resíduos Sólidos – Classificação – NBR 10.004, São Paulo: 1987, ABNT.

AGEM. Plano de Bacia Hidrográfica para o quadriênio 2008-2011 do Comitê de Bacia Hidrográfica da Baixada Santista. Minuta do Relatório Final. 2008.

ALFREDINI, P.& SILVA, A. P. 1994. Aspectos relativos a intrusão salina no rio Cubatão estado de São Paulo, brasil. Revista Latino-Americana de Hidráulica, São Paulo, n.9 , p.1-25.

AMORIM, E.P., D.I.T., FAVARO, E.S., BRAGA, Avaliação dos teores biodisponíveis de Cd, Pb, Ni e Zn como indicadores de poluição na região do estuário de Santos/São Vicente (SP), utilizando a técnica ICP OES, *XII Congresso Brasileiro de Geoquímica UFOP*, pp.1-4. (2009).

ANDERSEN *et al.*, 2006a O.B. Andersen, G. Egbert, L. Erofeeva and R.D. Ray, Mapping non linear shallow-water tides: a look at the past and future, *Oc. Dyn.* 56 (2006), pp. 416–429.

ANDERSEN *et al.*, 2006b O.B. Andersen, G. Egbert, L. Erofeeva and R.D. Ray, Non-linear tides in shallow water regions from multi-mission satellite altimetry & the Andersen 06 Global Ocean Tide Model, AGU WPGM Meeting Beijing, China, July (2006).

ANDRADE, K.M. Climatologia e Comportamento dos Sistemas Frontais sobre a América do Sul. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 185 p., 2005.

BAPTISTELLI, S.C. Análise crítica da utilização de modelagem matemática na avaliação da dispersão de efluentes leves no litoral da Baixada Santista (Estado de São Paulo). Tese de doutorado Escola Politécnica Universidade de São Paulo. 314p. 2008.

BERZIN, G. & LEITÃO, J. C.. Utilização de Modelo Hidrodinâmico no Controle da Poluição do Estuário e Baía de Santos. Anais do XVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES. 1997. Foz do Iguaçu.

BLUMBERG, A. F., MELLOR, G. L. A description of a three-dimensional coastal ocean circulation model. In: Three-Dimensional Coastal Ocean Models, Vol. 4, p. 1 – 16, American Geophysical Union, Washington D.C., USA, 208 p., 1987.

BRAGA, E. S.; BONETTI, C. V. D. H.; BURONE, L.; BONETTI, J. Eutrophication and bacterial pollution caused by industrial and domestic wastes at the Baixada Santista estuarine system - Brazil. Marine Pollution Bulletin 40: 165-173. 2000.

BRAGA, E.S. 2002. Bioquímica Marinha - efeitos da poluição nos processos bioquímicos. 2ª Ed. Fundespa. São Paulo. p. 108.

CAMARGO, R., HARARI, J. Modelagem numérica de ressacas na plataforma sudeste do Brasil a partir de cartas sinóticas de pressão atmosférica na superfície. Boletim do Instituto Oceanográfico da USP, n° 42 (1), p. 19 – 34, 1994.

CAMARGO, R., HARARI, J. Operational forecast of surges in the Southwestern Atlantic. Proceedings of the 20th International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering – OMAE 2001, Rio de Janeiro, Brasil, 5 p., 2001.

CAMARGO, R., HARARI, J., FRANÇA, C. A. S. Downscaling the ocean circulation on Western South Atlantic: hindcasting, monitoring and forecasting purposes The 8th International Conference on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography - 8 ICSHMO, Foz do Iguaçu, Brasil, 507 – 511, 2006.

CAMERON, W. M. & PRITCHARD, D. W. 1963. Estuaries. In: Hill, M.N. (ed.) The Sea. Ideas and Observations on Progress in the Study of the Seas. New York. Intersci, pp. 306-324.

CARDOSO, C. O.; ALFREDINI, P.. 1997. Dinâmica da intrusão salina no rio Cubatão. São Paulo: EPUSP, 24 p. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, BT/PHD/38.

CETEC. Centro Tecnológico de Lins - SP. Minuta Preliminar do Relatório de Situação dos Recursos Hídricos da UGRHI07. Comitê da Bacia Hidrográfica da Baixada Santista, Relatório Zero, 238 p.2000.

CETESB. Poluição das águas no estuário e Baía de Santos. Relatório técnico Cetesb. v1. São Paulo. 71p. 1978.

CETESB. Sistema Estuarino de Santos e São Vicente. Relatório Técnico Cetesb, São Paulo, 178p. 2001.

CETESB. Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo – 2000. São Paulo: Relatório Técnico Cetesb, v.1, 219p. 2001.

CETESB. Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo – 2001. São Paulo: Relatório Técnico Cetesb, v.1, 232. 2002.

CETESB. Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo – 2002. São Paulo: Relatório Técnico Cetesb, v.1, 269. 2003.

CETESB. Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo – 2003. São Paulo: Relatório Técnico Cetesb, v.1, 264. 2004.

CETESB. Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo – 2004. São Paulo: Relatório Técnico Cetesb, v.1, 278p. 2005.

CETESB. Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo – 2005. São Paulo: Relatório Técnico Cetesb, v.1, 488p. 2006.

CETESB. Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo – 2006. São Paulo: Relatório Técnico Cetesb, v.1, 327p. 2007.

CETESB. Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo – 2007. São Paulo: Relatório Técnico Cetesb, v.1, 536p. 2008.

CETESB. Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo – 2008. São Paulo: Relatório Técnico Cetesb, v.1, 528p. 2009.

CETESB. Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo – 2009. São Paulo: Relatório Técnico CETESB, v.1, 310p. 2010.

CETESB. Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo – 2010. São Paulo: Relatório Técnico Cetesb, v.1, 298p. 2011.

CETESB. Relatório de Qualidade das Águas Litorâneas do Estado de São Paulo Balneabilidade das Praias. Technical Report. São Paulo. 2004.

CODESP – Companhia de DOCAS do Estado de São Paulo. Pesquisa de Determinação de Áreas de descarte de material de dragagem na zona oceânica exterior à Baía de Santos.

Trabalho realizado pela Universidade Santa Cecília – Unisanta para a Codesp. Relatório Final. 2002.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução nº 20, 18 de junho de 1986: publicada no D.O.U. de 30/07/86. In: *Resoluções Conama 1984-1986*. Brasília, Sema, p. 72-89. 1986

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução nº 274, de 29 de novembro de 2000. Dispõe sobre a classificação das águas doces, salobras e salinas, em todo o Território Nacional, bem como determina os padrões de lançamento. Ministério do Meio Ambiente. 2000.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Ministério do Meio Ambiente. 2005.

COSTA, F. P. Solução Numérica de Equações Diferenciais. Mini Curso. Universidade Estadual de Santa Cruz. 2002.

DAEE. 2005a. Elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos, seu Programa de Investimentos e a Regulamentação da Cobrança pelo Uso dos Recursos Hídricos, do Estado de São Paulo. In: PLANO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS, PERH 2004-2007; CONSÓRCIO JMR/ENGEORPS, SECRETARIA DE ENERGIA, RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO, Relatório Síntese do Plano. vol. 4. Disponível em <http://www.sigrh.sp.gov.br>

DAEE. 2005b. Elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos, Programa de Investimentos e a Regulamentação da Cobrança pelo Uso dos Recursos Hídricos, do Estado de São Paulo. In: RELATÓRIOS DO PLANO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS 2004/2007; CONSÓRCIO JMR/ENGEORPS, SECRETARIA DE ENERGIA, RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO, Relatório 2 – Anexos e Memória de Cálculo. Disponível em <http://www.sigrh.sp.gov.br>

DALRYMPLE, R. W.; ZAITLIN, B. A. & BOYD, R. A conceptual model of estuarine sedimentation. *Journal of Sedimentary Petrology*, 1992. 62:1130:116.

DIONNE, J. C. Towards a more adequate definition of the St. Lawrence estuary. *Zeitschr. F. Geomorph.*, 7(1):36-44. 1963.

DTA Engenharia. Relatório de Monitoramento das Atividades de Dragagem na Área de Disposição Oceânica de Material Dragado da CODESP e suas Regiões Adjacentes, Município de Santos – SP, 56ª Campanha de janeiro de 2011, 2011.

FEMAR - Catálogo de Estações Maregráficas Brasileiras / Francisco J. Penido Salles, Frederico C. Montenegro Bentes, José Antonio dos Santos (organizadores) - 1º ed. - Rio de Janeiro, 280 p. ISBN 85-85966-16-5, 2000.

FRANCO, A.S. Tides - fundamentals, analysis and prediction. 2nd. Ed, FCTH, S. Paulo, 249p. 1988.

FRANCO, A.S. & HARARI, J. Computer programs for tidal data checking, correction, nalysis and prediction by the harmonic method. Relatório Interno do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo. 1987. 16:1- 65.

FUKUMOTO, M. M. Determinação da história deposicional recente do Alto Estuário Santista, com base nos teores de metais e na susceptibilidade magnética dos sedimentos. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Instituto Oceanográfico. São Paulo, SP. 123p. 2007.

FUNDESPA. Levantamento Oceanográfico da Área Diretamente Afetada por Efluentes dos Emissários Submarinos de Esgotos da SABESP, Entre os Municípios de São Sebastião e Mongaguá, Estado de São Paulo. Relatório Técnico, 1999.

GARNIER, J.; BILLEN, G.; NÉMERY, J.; SEBILO, M.; 2010. Transformations of nutrients (N, P, Si) in the turbidity maximum zone of the Seine. Estuarine, Coastal and Shelf Science. V. 90, p. 129 – 141.

GASPARRO, M.R., SOUSA, E.C.P.M., GIORDANO, F. and ARGENTINO-SANTOS, R.C. “Occupation history of the Santos estuary” In: NEVES, Ramiro, (ed). Perspectives on integrated coastal zone management in South America, PRESS, pp. 139-145. 2008.

GIANESELLA, S.M.F., *et al.* “Ecological status of the Santos estuary water column” In: NEVES, Ramiro, (ed). Perspectives on integrated coastal zone management in South America, PRESS, pp. 183- 194. 2008.

GOLDENSTEIN, L.. A industrialização da Baixada Santista: estudo de um centro industrial satélite. São Paulo: Universidade de São Paulo, 176 p., 1972.

GUIMARÃES, J. R. P. Resíduos industriais na Baixada Santista: Classificação e riscos. ACPO. São Paulo, SP. 2005.

HARARI, J. Modelos Numéricos Aplicados a Processos Costeiros e Estuarinos. Notas de aulas do curso de Pós-Graduação em Oceanografia Física no Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo. São Paulo. 1989.

HARARI, J; CAMARGO, R. “Simulação da Propagação das nove principais componentes de maré na plataforma sudeste brasileira através do modelo numérico hidrodinâmico.” Boletim do Instituto Oceanográfico, São Paulo, v.42, n.1, p. 35 – 54. 1994.

HARARI, J. & CAMARGO, R. Tides and mean sea level variabilities in Santos (SP), 1944 to 1989. Relatório Interno do Instituto Oceanográfico da USP, 35:15p. 1995.

HARARI, J. & CAMARGO, R. Modelagem numérica da região costeira de Santos (SP): Circulação de Maré. Revista Brasileira de Oceanografia. v.46., n.2, p.135-156, 1998.

HARARI, J. & CAMARGO, R. Numerical simulation of the tidal propagation in the coastal region of Santos (Brazil, 24° S 46°W) - Continental Shelf Research / Nearshore and Coastal Oceanography Series. 2003.

HARARI, J., CAMARGO, R., FRANÇA, C. A. S., MESQUITA, A. R., PICARELLI, S. S.. Numerical modeling of the hydrodynamics in the coastal area of Sao Paulo State – Brazil. Journal of Coastal Research, SI 39: 1560 – 1563, 2006.

HARARI, J., FRANÇA, C. A. S., CAMARGO, R. Climatology and hydrography of Santos Estuary. Capítulo do livro Perspectives on Integrated Coastal Zone Management in South America, Eds. Ramiro Neves, Job Baretta, Marcos Mateus, Instituto Superior Técnico (IST) – Lisboa, Portugal, 147 – 160, 2008.

HARARI, J. & CARLOS, A. F. & CIOTTI, A. M. & GIANNINI, M. F. C. & ABESSA, D. M. S. & SARTOR, S. M. & DEGASPARI, F. & FERREIRA, F. R. – “O Projeto CIRSAN - Análise da variabilidade sazonal da circulação no estuário de Santos (SP): medições sazonais” – Trabalho (023) publicado em formato digital nos Anais do Safety, Health and Environmental World Congress – SHEWC 2009, realizado em Mongaguá (SP, Brasil), de 26 a 29 de Julho de 2009, p. 95-99, 2009.

HARARI, J; FRANÇA, C.A.S. & CAMARGO, R. "Climatology and hidrography of Santos Estuary". In: NEVES, Ramiro, (ed). Perspectives on integrated coastal zone management in South America, PRESS, pp. 147-160. 2008.

HARARI, J. & FERREIRA, F. R. & SARTOR, S. M. & DEGASPARI, F. A. “Análise da dispersão de esgoto proveniente do emissário submarino de Santos – SP, Brasil, através da modelagem numérica” - Trabalho (029) publicado em formato digital nos Anais do Safety, Health and Environmental World Congress – SHEWC 2010, realizado em São Paulo (SP, Brasil), na Universidade Presbiteriana Mackenzie, de 25 a 28 de Julho de 2010, p. 131- 2010.

HARARI, J. & FRANÇA, C. A. S. & MARQUES, J. – 2007 – “Aplicações da modelagem numérica da Baía de Santos (SP, Brasil): correntes residuais e dispersão de poluentes” - Trabalhos completos do I Encontro Internacional: Governança da Água na América Latina, realizado na Universidade de São Paulo (USP) e promovido pelo Programa de Pós-graduação em Ciência Ambiental (PROCAM – USP), em São Paulo (SP), de 29 de outubro a 01 de novembro de 2007(publicado em formato digital), 15 p.135.

HARARI, J. & GORDON, M. Simulações Numéricas da Dispersão de Substancias no Porto e Baía de Santos, sob ação de marés e ventos. Revista Brasileira de Recursos Hídricos – ABRH. V. 6, n.4: p 115 – 131. Out/Dez. 2001.

HARARI, J. & KATO, V. M. & FRANÇA, C. A. S. & VICENTINI NETO, F. L. & SZAJNBOK, C. – “O Projeto CIRSAN - Análise da variabilidade sazonal da circulação no estuário de Santos (SP): medições de perfiladores acústicos de correntes fundeados” – Trabalho (024) publicado em formato digital nos Anais do Safety, Health and Environmental World Congress – SHEWC 2009, realizado em Mongaguá (SP, Brasil), de 26 a 29 de Julho de 2009, p. 100-104, 2009 a.

HARARI, J.; MESQUITA, A. R.; MARONE, E.; FRANÇA, C. A. S.; CAMARGO, R.; PEREIRA, J. E. R.; ADÃO, C. J. G. P.; SÁ JUNIOR, I. L.; Technical report of the project “Flow Measurements in the Bay of Santos”, FUNDESPA: São Paulo, 1990.

HARARI, J., CAMARGO, R. & CACCIARI, P. L. Resultados da modelagem numérica hidrodinâmica em simulações tridimensionais das correntes de maré baixa na Baixada Santista – Revista Brasileira de Recursos Hídricos, vol. 5, nº 2, p. 71- 87, 2000.

HIDROMOD-UNISANTA. Modelação Hidrodinâmica da Zona Costeira de Santos, Novembro. Relatório Técnico para CODESP – Companhia Docas do Estado de São Paulo. 2002.

HIDROMOD-UNISANTA. Modelação Matemática do Estuário de Santos. Relatório Técnico para CODESP – Companhia Docas do Estado de São Paulo. Convênio de Cooperação Técnico Científica CODESP/UNISANTA/IST-HDROMOD. 1998.

HORTELLANI, M. A; SARKIS, J. E .S; ABESSA, D. M. S & SOUSA, E. C. P. M. Avaliação da contaminação por elementos metálicos dos sedimentos do Estuário Santos - São Vicente. Revista Química Nova, Vol. 31, No. 1, 10-19. 2008.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Censo Demográfico 2000. Agregado de Fatores Censitários dos Resultados do Universo. 2000.

IME – Fundação Ricardo Franco. EIA-RIMA da Dragagem de Aprofundamento do Canal de Navegação e Bacias de Evolução do Porto Organizado de Santos / SP. Rio de Janeiro, RJ. 2008.

KALNAY, E.*et al.* The Ncep/Ncar 40-year reanalysis project. Bull. Am. Meteorol. Soc., 77: 437 - 470, 1996.

KIM, D. N.; NAKADA, N.; SHIRAISHI, H. & NAKASUGI, O. Numerical simulation os organic chemicals in a marine environment using a coupled 3d hydrodynamic and ecotoxicological model. Marine Pollution Bulletin. 48, 671-678, 2004.

KJERFVE, B. Estuarine Geomorphology and Physical Oceanography. In: DAY Jr.; HALL, C.H.A.S.; KEMP, W.M.; YÁNEZ-ARANCIBA, A. (eds.). Estuarine Ecology. New York, Wiley, pp. 47-78. 1987.

LAMPARELLI, M. *et al.* Sistema Estuarino de Santos e São Vicente. Relatório Técnico CETESB, São Paulo, 178p., 2001.

LEVITUS, S., BOYER, T. P. World Ocean Atlas 1994, Volume 4: Temperature, number 4, 1994.

LINDEBOOM, H “The coastal zone: an ecosystem under pressure”. In: FIELD, J.G., HEMPEL, G, SUMMERHAYES, C.P., (eds) Oceans 2002: Science, Trends, and the Challenge of Sustainability. Island Press, Washington, pp. 49-84. 2002

LUOMA, S.N. “The developing framework of marine ecotoxicology: pollutants as a variable in marine ecosystems?” J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 100:29-55. 1996.

MARTINS, C. C. Marcadores Orgânicos Geoquímicos em testemunho de sedimento de Sistema Estuarino de Santos e São Vicente, SP: um registro histórico da introdução de hidrocarbonetos no ambiente marinho. São Paulo, 2005. SP. 215p.

MATEUS, M., MATEUS, S. & BARETTA, J. "Basic concepts of estuarine ecology". In: NEVES, Ramiro, (ed). Perspectives on integrated coastal zone management in South America, PRESS, 2008, pp. 3-28.

MEDEIROS, P. & BÍCEGO, M. C. Investigations of natural and anthropogenic ohidrocarbons inputs in sediments using geochemical markers. I. Santos, SP - Brasil. Marine Pollution Bulletin, 49: 761 – 769. 2004b.

MELLOR, G. L. Use guide for a three-dimensional, primitive equation, numerican ocean model. Princeton University. Princeton. 2004.

MIRANDA, L. B.; CASTRO, B. M. & KJERFVE, B. Princípios de Oceanografia Física de Estuários. Editora da Universidade de São Paulo - EDUSP. São Paulo, SP. 414 p. 2002.

MOSCATI, M.C.L., *et al.* Estudo climatológico sobre a costa sul – sudeste do Brasil (partes I, II e III). XI Congresso Brasileiro de Metereologia, Rio de Janeiro. 2000.

PELLEGATTI, C. H. G. Avaliação espaço-temporal da precipitação no perfil da Baixada Santista - Vertentes Oceânicas – Rebordo Interiorano da escarpa da serra do Mar – SP. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Geografia Física da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo - FFLCH/USP. 2007. 128p.

PRITCHARD, D. Estuarine Circulation Patterns. Proc. Am. Soc. Civil Eng. 81:717:1-11.1995.

PROCTOR, R. & FLATHER, R. A. & ELLIOT, A. J. – “Modelling tides and surface drift in the Arabian Gulf - Applications to the gulf oil spill” - Continental Shelf Research, Vol. 14, nº 5, pp 531-545. 1994

SAMPAIO, A. F. P. ; FERREIRA, J. M. S. ; TELÉSFORO, J. Socio-Economic Issues In Santos Estuary. In: R. Neves; J. Baretta; M. Mateus. (Org.) Perspectives on Integrated Coastal Zone Management in South America. IST Press, Lisboa, Portugal. 2008. p.205 -218.

SAMPAIO, A. F. P. Avaliação da correlação entre parâmetros de qualidade da água e socioeconômicos no complexo estuarino de Santos - São Vicente, através de modelagem numérica ambiental. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Ciência Ambiental da Universidade de São Paulo – PROCAM/USP. 2011. São Paulo. 170p.

SANTOS, E. O. A Baixada Santista; Aspectos geográficos. Editora da Universidade de São Paulo - EDUSP, SP, v.1, cap.4. 1965.

SIMPSON JH, WK GONG & JE ONG. 1997. The Determination of the Net fluxes From a Mangrove Estuary System. *Estuaries*, 20 (1): 103-109.

SIQUEIRA, G. W. Estudo dos teores de metais pesados e outros elementos em sedimentos superficiais do Sistema Estuarino de Santos (Baixada Santista – São Paulo) e da Plataforma Continental do Amazonas (margem continental norte). Tese de Doutorado. Instituto Oceanográfico. USP. 329 p. 2003.

SMA/CETESB. SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Mapeamento dos Ecossistemas Costeiros do Estado de São Paulo. 1998. São Paulo.

SONDOTÉCNICA. Comportamento hidráulico e sedimentológico do Estuário Santista”. 1997.

SOUSA, E. C. P. M.; TOMMASI, L. R. & DAVI, C. J. Microphytobenthic primary production, biomass, nutrients and pollutants of Santos Estuary (24 degrees S, 46 degrees 20 ‘ W). São Paulo, Brazil. *Brazilian Archives Biology and Technology*. 41: 27 – 36. 1998.

STUMM, W. & MORGAN, J. J. *Aquatic Chemistry*. New York. John Wiley & Sons, 779p. 1981.

TOMMASI, L.R. Considerações ecológicas sobre o sistema estuarino de Santos (SP). Tese de Livre-Docência. Universidade de São Paulo. Instituto Oceanográfico. São Paulo, SP, 2 v. 489p. 1979.

WILMOTT, C. J. On the validation of models. *Physical Geography*. Volume 2(2): p. 184-194, 1981

WROBEL, L.C. Introdução aos métodos numéricos. In: *Métodos Numéricos em Recursos Hídricos* (Volume 1), Capítulo 1, Associação Brasileira de Recursos Hídricos – ABRH. Rio de Janeiro. ABRH. 1989.

10 ANEXOS

Tabela 01 – Resultados de qualidade da água do rio Piaçaguera. Ano 2000. (Adaptado de Cetesb, 2001)

Resultados dos parâmetros e indicadores de qualidade das águas									
Código do Ponto 00SP07283PIAC02700			Classe 02		Ano 2000				
UGRHI 07 - Baixada Santista									
Local Rio Piaçaguera - Ponte localizada na COSIPA, continuação da antiga Rua 3, Vila Parisi, 300m jusante Adubo Trevos									
Parâmetros de Campo	Data			23/02/2000	06/04/2000	01/06/2000	09/08/2000	19/10/2000	14/12/2000
	Hora			11:00	09:50	09:03	09:30	10:40	10:00
	Coloração			Cinza	Cinza	Cinza	Verde	Cinza	Verde
	Chuva nas últimas 24h			Sim	Não	Não	Não	Não	Não
	Temp. da Água (°C)			25	24	21	21	25	25
	Temp. do Ar (°C)			29	27	23	24	27	29
Parâmetros Físico Químicos		Unidade	Padrão Conama						
Condutividade Específica	µS/cm	-	-	632,00	797,00	2120,00	2210,00	1927,00	1422,00
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO _{5,20})	mg/L	máximo	5	3,00	<1	<1	2,00	3,00	<1
Oxigênio Dissolvido (OD)	mg/L	mínimo	5	5,00	6,13	3,76	2,60	2,30	5,40
Potencial Hidrogeniônico (pH)	U.pH	entre	6,0 e 9,0	* 5,7	7,00	6,10	6,50	6,50	6,80
Resíduo Total (ST)	mg/L	-	-	401	604	1450	1740	1523	1090
Resíduo Filtrável (SD)	mg/L	máximo	500	389	* 602	* 1440	* 1590	* 1504	* 1038
Resíduo Volátil (SV)	mg/L	-	-	58	52	124	188	145	85
Turbidez	UNT	máximo	100	8,50	5,50	9,40	9,70	14,00	10,00
Alumínio	mg/L	máximo	0,1	* 1,79	* 3,5	* 1,37	* 1,39	* 1,88	* 1,59
Cádmio	mg/L	máximo	0,001	i < 0,010	i < 0,010	i < 0,010	i < 0,010	i < 0,010	i < 0,010
Chumbo	mg/L	máximo	0,03	<0,02	* 0,05	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Cloreto Total	mg/L	máximo	250	26,6	14,2	* 260	81,7	59,3	15,7
Cobre	mg/L	máximo	0,02	<0,02	0,02	* 0,03	* 0,06	* 0,04	* 0,04
Fenóis	mg/L	máximo	0,001	<0,002	<0,002	* 0,015	<0,002	<0,002	<0,002
Ferro	mg/L	-	-	1,27	2,86	2,00	<0,14	1,65	1,20
Fósforo Total	mg/L	máximo	0,025	* 1	* 15,59	* 12	* 2,5	* 35	* 9
Manganês	mg/L	máximo	0,1	1,19	1,27	3,16	2,33	3,13	1,81
Mercurio	mg/L	máximo	0,0002	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0010	<0,0010	0,0011
Amônia	mg/L	máximo	# 0,50	* 11,2	* 11,8	* 0,47	* 11,7	0,03	* 3,29
Nitrogênio Total	mg/L	-	-	14,60	15,59	12,70	-	12,12	5,86
Nitrogênio Kjeldahl	mg/L	-	-	11,70	13,70	12,40	-	10,10	3,29
Nitrogênio Nitrato	mg/L	máximo	10	2,80	1,70	<0,30	2,14	1,72	2,47
Nitrogênio Nitrito	mg/L	máximo	1	0,095	0,194	0,002	0,105	0,295	0,097
Níquel	mg/L	máximo	0,025	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
Zinco	mg/L	máximo	0,18	0,08	0,04	0,10	0,04	0,06	0,08

Legenda: (*) Não atendimento aos padrões de qualidade da Resolução CONAMA 20/86

(#) Padrões estabelecidos no Regulamento de Lei nº 997/76, aprovado pelo Decreto Estadual nº 8468/76.

(i) Conformidade indefinida quanto ao limite da classe, devido à análise laboratorial não ter atingido os limites pela legislação vigente.

Tabela 02 – Resultados de qualidade da água do rio Mogi. Ano 2000. (Adaptado de Cetesb, 2001)

Resultados dos parâmetros e indicadores de qualidade das águas									
Código do Ponto 00SP07283MOGI02800			Classe 02		Ano 2000				
UGRHI 07 - Baixada Santista									
Local - Rio Mogi - Ponte na Rodovia Piaçaguera-Guarujá, que liga Cubatão a Guarujá									
Parâmetros de Campo	Data	23/02/2000	06/04/2000	01/06/2000	09/08/2000	19/10/2000	14/12/2000		
	Hora	10:25	06:30	09:30	10:10	11:00	10:40		
	Coloração	Turva	Verde	Cinza	Verde	Verde	Verde		
	Chuva nas últimas 24h	Sim	Não	Não	Não	Não	Não		
	Temp. da Água (°C)	24	22	19	19	25	25		
	Temp. do Ar (°C)	29	28	22	25	27	29		
Parâmetros Físico Químicos		Unidade	Padrão Conama						
Condutividade Específica	µS/cm	-	-	253	272	171	283	151	144
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO5,20)	mg/L	máximo	5	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Oxigênio Dissolvido (OD)	mg/L	mínimo	5	5,40	6,75	6,04	5,60	5,60	6,60
Potencial Hidrogeniônico (pH)	U.pH	entre	6,0 a 9,0	* 5,7	* 5,5	6,50	6,00	* 5,9	6,00
Resíduo Total (ST)	mg/L	-	-	180	252	168	478	114	108
Resíduo Filtrável (SD)	mg/L	máximo	500	149	157	166	473	108	96
Resíduo Volátil (SV)	mg/L	-	-	40	33	90	82	38	47,6
Turbidez	UNT	máximo	100	22	3,9	2,6	3,4	3,3	2,5
Alumínio	mg/L	máximo	0,1	* 4,81	* 0,45	* 0,23	* 0,99	<0,10	* 0,68
Cádmio	mg/L	máximo	0,001	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Chumbo	mg/L	máximo	0,03	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,02
Cloreto	mg/L	máximo	250	8,8	4,8	7,6	17,6	7,4	6,4
Cobre	mg/L	máximo	0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	* 0,04	* 0,04
Fenóis	mg/L	máximo	0,001	* 0,01	i <0,002	* 0,006	i <0,002	i <0,002	i <0,002
Ferro	mg/L	-	-	1,96	0,66	0,71	<0,14	0,40	0,71
Fósforo Total	mg/L	máximo	0,025	* 4	* 9	* 0,55	* 2	* 1,2	* 0,5
Manganês	mg/L	máximo	0,1	* 0,31	* 0,36	* 0,43	* 0,42	* 0,4	* 0,3
Mercuríio	mg/L	máximo	0,0002	i <0,0003	i <0,0003	i <0,0003	i <0,0010	<0,0010	i <0,0010
Amônia	mg/L	máximo	# 0,50	* 9,85	* 8,33	* 3,01	* 9,79	0,45	* 2,1
Nitrogênio Total	mg/L	-	-	12,58	10,8	8,5	-	4,51	5,39
Nitrogênio Kjeldahl	mg/L	-	-	9,85	8,33	3,01	-	2,15	2,23
Nitrogênio Nitrato	mg/L	máximo	10	2,70	2,41	5,43	4,33	2,32	3,13
Nitrogênio Nitrito	mg/L	máximo	1	0,029	0,028	0,079	0,040	0,036	0,030
Níquel	mg/L	máximo	0,025	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
Zinco	mg/L	máximo	0,18	0,09	<0,02	<0,02	<0,02	0,03	0,02

Legenda: (*) Não atendimento aos padrões de qualidade da Resolução CONAMA 20/86

(#) Padrões estabelecidos no Regulamento de Lei nº 997/76, aprovado pelo Decreto Estadual nº 8468/76.

(i) Conformidade indefinida quanto ao limite da classe, devido à análise laboratorial não ter atingido os limites pela legislação vigente.

Tabela 03 – Resultados de qualidade da água do rio Cubatão. Ano 2000. (Adaptado de Cetesb, 2001)

Resultados dos parâmetros e indicadores de qualidade das águas										
Código do Ponto 00SP07283CUBA03900			Classe 03			Ano 2000				
UGRHI 07 - Baixada Santista										
Local: Rio Cubatão - Ponte da estrada de ferro Santos-Jundiá, cerca de 1,5 Km a jusante da confluência com o Perequê										
Parâmetros de Campo		Data		23/02/2000	06/04/2000	01/06/2000	09/08/2000	19/10/2000	14/12/2000	
		Hora		11:30	09:10	11:00	08:40	11:25	09:00	
		Coloração		Vermelha	Verde	Turva	Verde	Turva	Verde	
		Chuva nas últimas 24h		Sim	Não	Não	Não	Não	Não	
		Temp. da Água (°C)		25	24	21	20	23	24	
		Temp. do Ar (°C)		30	27	22	22	27	29	
Parâmetros Físico Químicos		Unidade	Padrão Conama							
Condutividade Específica		µS/cm	-	-	202	140	2280	61	278	245
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO _{5,20})		(mgO ₂ /L)	máximo	10	7	<1	2	3	<1	3
Oxigênio Dissolvido (OD)		mg/L	mínimo	4	5,5	5,3	5,7	5,6	7,0	7,1
Potencial Hidrogeniônico (pH)		U.pH	entre	6,0 a 9,0	6,2	7,5	7,1	7,5	7,3	7
Resíduo Total (ST)		mg/L	-	-	124	80	1300	1210	153	128
Resíduo Filtrável (SD)		mg/L	500	-	101	76,5	*1300	*1200	146	126
Resíduo Volátil (SV)		mg/L	-	-	24	29	196	214	21	34
Turbidez		UNT	máximo	100	8	5	3	3	5	5
Alumínio		mg/L	máximo	0,1	* 1,34	<0,10	* 0,14	<0,10	<0,10	* 0,11
Cádmio		mg/L	máximo	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Chumbo		mg/L	máximo	0,05	<0,02	<0,02	0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Cloreto Total		mg/L	máximo	250	35,2	19,0	* 609	* 613	58,4	32,0
Cobre		mg/L	máximo	0,5	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,04	0,04
Fenóis		mg/L	máximo	0,001	i <0,002	i <0,002	* 0,012	i <0,002	i <0,002	i <0,002
Ferro		mg/L	-	-	3,65	0,61	0,59	<0,14	0,55	0,37
Fósforo Total		mg/L	máximo	0,025	* 0,14	* 0,04	<0,010	* 0,03	* 0,03	* 0,03
Manganês		mg/L	máximo	0,5	0,13	0,08	0,10	0,02	0,08	0,08
Mercúrio		mg/L	máximo	0,002	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Amônia		mg/L	máximo	0,5	* 0,75	0,31	* 1,12	0,39	0,06	0,11
Nitrogênio Total		mg/L	máximo	1	* 4,529	0,83	* 2,93	* 1,576	* 1,381	* 1,556
Nitrogênio Kjeldahl		mg/L	-	-	3,57	0,42	2,43	1,20	1,00	1,11
Nitrogênio Nitrato		mg/L	máximo	10	0,90	<0,30	0,34	<0,30	0,37	0,41
Nitrogênio Nitrito		mg/L	máximo	1	0,059	<0,31	0,160	0,076	0,011	0,036
Níquel		mg/L	máximo	0,025	<0,020	<0,32	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
Zinco		mg/L	máximo	5	0,05	<0,33	<0,02	0,02	<0,02	<0,02

Legenda: (*) Não atendimento aos padrões de qualidade da Resolução CONAMA 20/86

(#) Padrões estabelecidos no Regulamento de Lei nº 997/76, aprovado pelo Decreto Estadual nº 8468/76.

(i) Conformidade indefinida quanto ao limite da classe, devido à análise laboratorial não ter atingido os limites pela legislação vigente.

Tabela 04 – Resultados de qualidade da água do rio Piaçaguera. Ano 2001. (Adaptado de Cetesb, 2002)

Resultados dos parâmetros e indicadores de qualidade das águas									
Código do Ponto 00SP07283PIAC02700			Classe 02		Ano 2001				
UGRHI 07 - Baixada Santista									
Local Rio Piaçaguera - Ponte localizada na COSIPA, continuação da antiga Rua 3, Vila Parisi, 300m jusante Adubo Trevos									
Parâmetros de Campo	Data	01/02/2001	17/04/2001	20/06/2001	08/08/2001	24/10/2001	06/12/2001		
	Hora	11:45	10:00	10:10	10:30	09:30	10:50		
	Coloração	Turva	Verde	Cinza	Cinza	Cinza	Verde		
	Chuva nas últimas 24h	Sim	Não	Não	Não	Não	Não		
	Temp. da Água (°C)	26	24	22	25	23	25		
	Temp. do Ar (°C)	35	26	24	22	25	27		
Parâmetros Físico Químicos			Unidade	Padrão Conama					
Condutividade Específica	µS/cm	-	-	768	2,2	3200	5150	2100	2590
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO5,20)	mg/L	máximo	5	<1	<1	3	4	5	* 28
Oxigênio Dissolvido (OD)	mg/L	mínimo	5	5,60	* 4,73	* 4,36	6,11	* 1,21	* 1,14
Potencial Hidrogeniônico (pH)	U.pH	entre	6,0 e 9,0	* 4,3	6,5	7,0	6,9	6,6	6,4
Resíduo Total (ST)	mg/L	-	-	402	1688	2325	4155	1546	1831
Resíduo Filtrável (SD)	mg/L	máximo	500	380	* 1680	* 2312	* 4120	* 1506	* 1811
Resíduo Volátil (SV)	mg/L	-	-	30	154	220	310	107	135
Turbidez	UNT	máximo	100	11	6,3	12	12	6,94	12,5
Alumínio	mg/L	máximo	0,1	* 3,76	* 0,23	* 0,37	* 1,65	* 0,35	* 0,42
Cádmio	mg/L	máximo	0,001	<0,010	* 0,003	* 0,004	<0,001	<0,001	* 0,005
Chumbo	mg/L	máximo	0,03	<0,02	<0,02	<0,02	<0,01	<0,10	<0,10
Cloreto	mg/L	máximo	250	22,4	8,6	* 311,1	107,3	39,1	227,0
Cobre	mg/L	máximo	0,02	<0,02	0,01	<0,006	0,01	<0,004	0,01
Fenóis	mg/L	máximo	0,001	i <0,002	i <0,002	i <0,002	i <0,002	* 0,009	* 0,016
Ferro	mg/L	-	-	4,38	0,49	1,03	1,34	1,09	1,31
Fósforo Total	mg/L	máximo	0,025	* 8,2	* 3,1	* 14,8	* 0,9	* 30	* 2
Manganês	mg/L	máximo	0,1	* 1,94	* 1,44	* 1,99	* 2,19	* 2,18	* 2,8
Mercurio	mg/L	máximo	0,0002	<0,0010	<0,0010	<0,0010	* 0,0006	* 0,0007	* 0,003
Amônia	mg/L	máximo	# 0,50	* 5,19	* 6,04	* 7,5	* 7,04	* 5,16	* 10,9
Nitrogênio Total	mg/L	-	-	7,20	9,30	8,51	10,11	8,48	14,54
Nitrogênio Kjeldahl	mg/L	-	-	5,19	7,40	7,73	7,58	6,22	11,50
Nitrogênio Nitrato	mg/L	máximo	10	1,90	1,70	0,55	2,21	2,09	1,94
Nitrogênio Nitrito	mg/L	máximo	1	0,106	0,204	0,230	0,320	0,171	* 1,1
Níquel	mg/L	máximo	0,025	<0,020	* 0,04	* 0,05	* 0,05	* 0,03	* 0,03
Zinco	mg/L	máximo	0,18	0,14	0,06	0,04	0,07	0,03	0,04

Legenda: (*) Não atendimento aos padrões de qualidade da Resolução CONAMA 20/86

(#) Padrões estabelecidos no Regulamento de Lei nº 997/76, aprovado pelo Decreto Estadual nº 8468/76.

(i) Conformidade indefinida quanto ao limite da classe, devido à análise laboratorial não ter atingido os limites pela legislação vigente.

Tabela 05 – Resultados de qualidade da água do rio Mogi. Ano 2001. (Adaptado de Cetesb, 2002)

Resultados dos parâmetros e indicadores de qualidade das águas									
Código do Ponto 00SP07283MOGI02800			Classe 02			Ano 2001			
UGRHI 07 Baixada Santista									
Local - Rio Mogi - Ponte na Rodovia Piaçaguera-Guarujá, que liga Cubatão a Guarujá									
Parâmetros de Campo	Data	01/02/2001	17/04/2001	20/06/2001	08/08/2001	24/10/2011	06/12/2011		
	Hora	10:30	11:00	09:00	09:30	10:10	08:50		
	Coloração	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde		
	Chuva nas últimas 24h	Sim	Não	Não	Não	Não	Não		
	Temp. da Água (°C)	26	22	20	20	23	22		
	Temp. do Ar (°C)	26	22	20	20	23	22		
Parâmetros Físico Químicos		Unidade	Padrão Conama						
Condutividade Específica	µS/cm	-	-	251	415	248	206	171	257
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO _{5,20})	mg/L	máximo	5	<1	* 12	3	3	<1	* 14
Oxigênio Dissolvido (OD)	mg/L	mínimo	5	5,56	7,03	* 4,87	5,19	6,26	7,80
Potencial Hidrogeniônico (pH)	U.pH	entre	6,0 e 9,0	6,10	7,00	6,60	* 5,6	* 5,2	6,00
Resíduo Total (ST)	mg/L	-	-	158	267	143	151	108	185
Resíduo Filtrável (SD)	mg/L	máximo	500	154	243	85	146	106	67
Resíduo Volátil (SV)	mg/L	-	-	51	111	43	52	24	71
Turbidez	UNT	máximo	100	4,5	11	2,6	2,1	2,74	4,05
Alumínio	mg/L	máximo	0,1	* 0,57	* 0,89	* 0,29	* 1,15	* 0,53	* 0,2
Cádmio	mg/L	máximo	0,001	i <0,010	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	* 0,002
Chumbo	mg/L	máximo	0,03	<0,02	<0,02	<0,02	* 0,06	i <0,10	i <0,10
Cloreto	mg/L	máximo	250	5,6	86,5	6,1	12,6	17,2	7,9
Cobre	mg/L	máximo	0,02	<0,02	0,01	<0,006	<0,004	<0,004	<0,004
Fenóis	mg/L	máximo	0,001	i <0,002	* 0,002	i <0,002	i <0,002	* 0,002	i <0,002
Ferro	mg/L	-	-	0,87	1,32	0,49	0,84	0,88	0,42
Fósforo Total	mg/L	máximo	0,025	* 2,5	* 2,1	* 0,56	* 0,03	* 0,6	* 0,24
Manganês	mg/L	máximo	0,1	* 0,36	* 0,68	* 0,49	* 0,54	* 0,47	* 0,57
Mercúrio	mg/L	máximo	0,0002	* 0,001	i <0,0010	i <0,0010	* 0,0003	<0,0001	* 0,0003
Amônia	mg/L	máximo	# 0,50	* 8,43	* 22,9	* 8,44	* 3,89	* 1,53	* 8,12
Nitrogênio Total	mg/L	-	-	13,77	35,5	15,2	7,65	4,71	13,79
Nitrogênio Kjeldahl	mg/L	-	-	8,43	26,00	8,88	4,28	2,07	10,60
Nitrogênio Nitrato	mg/L	máximo	10	5,20	9,30	6,19	3,31	2,62	2,96
Nitrogênio Nitrito	mg/L	máximo	1	0,142	0,160	0,114	0,060	0,016	0,230
Níquel	mg/L	máximo	0,025	<0,020	<0,010	<0,010	0,010	<0,010	<0,010
Zinco	mg/L	máximo	0,18	0,02	0,03	0,02	0,06	0,02	0,02

Legenda: (*) Não atendimento aos padrões de qualidade da Resolução CONAMA 20/86

(#) Padrões estabelecidos no Regulamento de Lei nº 997/76, aprovado pelo Decreto Estadual nº 8468/76.

(i) Conformidade indefinida quanto ao limite da classe, devido à análise laboratorial não ter atingido os limites pela legislação vigente.

Tabela 06 – Resultados de qualidade da água do rio Cubatão. Ano 2001. (Adaptado de Cetesb, 2002)

Resultados dos parâmetros e indicadores de qualidade das águas										
Código do Ponto 00SP07283CUBA03900			Classe 03			Ano 2001				
UGRHI 07 - Baixada Santista										
Local: Rio Cubatão - Ponte da estrada de ferro Santos-Jundiá, cerca de 1,5 Km a jusante da confluência com o Perequê										
Parâmetros de Campo	Data	01/02/2001	17/04/2001	20/06/2001	08/08/2001	24/10/2001	06/12/2001			
	Hora	09:00	09:15	11:00	09:03	09:00	10:20			
	Coloração	Turva	Verde	Turva	Turva	Turva	Verde			
	Chuva nas últimas 24h	Sim	Não	Não	Não	Não	Não			
	Temp. da Água (°C)	27	22	21	23	24	22			
	Temp. do Ar (°C)	29	26	25	24	25	27			
Parâmetros Físico Químicos		Unidade	Padrão Conama							
Condutividade Específica	µS/cm	-	-	562	1038	12270	4260	4770	869	
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO _{5,20})	mg/L	máximo	10	<1	8	4	5	5	4	
Oxigênio Dissolvido (OD)	mg/L	mínimo	4	7,21	6,03	4,92	5,14	5,15	6,04	
Potencial Hidrogeniônico (pH)	U.pH	entre	6,0 e 9,0	7,4	7,4	7,2	6,9	6,9	7	
Resíduo Total (ST)	mg/L	-	-	505	566	8174	1326	4022	500	
Resíduo Filtrável (SD)	mg/L	máximo	500	498	566	2272	1318	3725	500	
Resíduo Volátil (SV)	mg/L	-	-	215	98	1713	45	1648	66	
Turbidez	UNT	máximo	100	3,8	3,5	3,6	3,5	9,72	6,61	
Alumínio	mg/L	máximo	0,1	* 0,13	* 0,2	* 0,15	* 0,17	* 0,32	* 0,18	
Cádmio	mg/L	máximo	0,01	<0,010	<0,001	* 0,02	<0,001	<0,001	0,002	
Chumbo	mg/L	máximo	0,05	<0,02	<0,02	<0,02	<0,01	<0,01	i < 0,10	
Cloreto Total	mg/L	máximo	250	115,1	214,5	* 6243	* 1190	* 1390	213,0	
Cobre	mg/L	máximo	0,5	<0,02	0,01	<0,006	<0,004	0,01	<0,004	
Fenóis	mg/L	máximo	# 0,001	<0,002	<0,002	* 0,037	* 0,002	* 0,006	<0,002	
Ferro	mg/L	-	-	0,25	0,30	0,59	0,56	0,61	0,84	
Fósforo Total	mg/L	máximo	0,025	* 0,03	* 0,05	<0,01	* 19,5	* 0,08	* 0,18	
Manganês	mg/L	máximo	0,5	* 0,1	* 0,15	* 0,13	* 0,11	* 0,14	* 0,15	
Mercurio	mg/L	máximo	0,002	<0,0010	<0,0010	<0,0010	0,0007	0,0010	0,0009	
Amônia	mg/L	máximo	# 0,50	0,16	0,43	* 0,82	0,50	* 1,16	* 2,45	
Nitrogênio Total	mg/L	máximo	1	* 2,066	* 2,525	* 2,07	* 2,42	* 2,34	* 4,78	
Nitrogênio Kjeldahl	mg/L	-	-	1,58	1,43	1,44	1,63	1,61	4,12	
Nitrogênio Nitrato	mg/L	máximo	10	0,40	0,90	0,35	<0,3	0,50	0,47	
Nitrogênio Nitrito	mg/L	máximo	1	0,086	0,195	0,280	0,490	0,230	0,190	
Níquel	mg/L	máximo	0,025	* 0,81	<0,010	* 0,04	0,020	0,020	<0,010	
Zinco	mg/L	máximo	5	<0,02	0,02	<0,01	0,07	0,01	0,01	

Legenda: (*) Não atendimento aos padrões de qualidade da Resolução CONAMA 20/86

(#) Padrões estabelecidos no Regulamento de Lei nº 997/76, aprovado pelo Decreto Estadual nº 8468/76.

(i) Conformidade indefinida quanto ao limite da classe, devido à análise laboratorial não ter atingido os limites pela legislação vigente.

Tabela 07 – Resultados de qualidade da água do rio Piaçaguera. Ano 2002. (Adaptado de Cetesb, 2003)

Resultados dos parâmetros e indicadores de qualidade das águas									
Código do Ponto 00SP07283PIAC02700			Classe 02		Ano 2002				
UGRHI 07 - Baixada Santista									
Local Rio Piaçaguera - Ponte localizada na COSIPA, continuação da antiga Rua 3, Vila Parisi, 300m jusante Adubo Trevos									
Parâmetros de Campo	Data	26/02/2002	10/04/2002	11/06/2002	08/08/2002	23/10/2002	05/12/2002		
	Hora	09h00	09h50	09h10	08h45	09h30	09h10		
	Coloração	Cinza	Cinza	Cinza	Cinza	Cinza	Cinza		
	Chuva nas últimas 24 h	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Não		
	Temp. da Água (°C)	24	26	25	22	23	26		
	Temp. do Ar (°C)	29	26	27	23	25	28		
Parâmetros Físico Químicos			Unidade	Padrão Conama					
Condutividade	µS/cm	-	-	2120	1360	2540	2360	1140	881
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO5,20)	mg/L	máximo	5	5	2	* 21	* 6	4	4
Oxigênio Dissolvido (OD)	mg/L	mínimo	5	* 4,2	7,3	* 1,3	* 2,4	* 4,3	* 2,8
Potencial Hidrogeniônico (pH)	U.pH	entre	6,0 e 9,0	7,2	6,8	* 5,6	6,6	6,3	6,5
Resíduo Total (ST)	mg/L	-	-	1389	1068	1960	1780	989	739
Resíduo Filtrável (SD)	mg/L	máximo	500	* 1067	* 1041	* 1779	* 1730	182	* 666
Resíduo Volátil (SV)	mg/L	-	-	174	134	166	255	139	181
Turbidez	UNT	máximo	100	25,8	27,3	65,1	30,1	5,24	12
Alumínio	mg/L	máximo	0,1	* 1,31	* 1,52	* 3,19	* 1,96	* 5,98	* 1,24
Cádmio	mg/L	máximo	0,001	* 0,004	< 0,001	i < 0,01	i < 0,01	i < 0,01	i < 0,01
Chumbo	mg/L	máximo	0,03	i < 0,1	i < 0,1	< 0,02	i < 0,07	i < 0,07	i < 0,07
Cloreto Total	mg/L	máximo	250	248	60,5	161	* 897	45,8	32,5
Cobre	mg/L	máximo	0,02	0,01	0,01	* 0,15	< 0,01	* 0,05	0,01
Fenóis	mg/L	máximo	0,001	* 0,015	* 0,004	* 0,025	i < 0,002	* 0,006	* 0,003
Ferro Total	mg/L	-	-	1,37	1,48	4,92	4,35	7,15	1,71
Fósforo Total	mg/L	máximo	0,025	* 0,6	* 2,6	* 11,8	* 14,5	* 0,09	* 0,15
Manganês	mg/L	máximo	0,1	* 1,84	* 2,68	* 1,88	* 2,83	* 1,6	* 1,23
Mercúrio	mg/L	máximo	0,0002	* 0,0007	* 0,001	< 0,0001	i < 0,003	i < 0,0016	i < 0,0016
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	máximo	0,5	2,16	1,92	2,78	3,1	2,6	1,29
Nitrogênio Nitrato	mg/L	máximo	10	1,6	1,8	2,93	2,12	2,1	1,6
Nitrogênio Nitrito	mg/L	máximo	1	0,117	0,1	0,16	0,13	0,101	0,07
Níquel	mg/L	máximo	0,025	* 0,03	* 0,03	< 0,02	i < 0,03	i < 0,03	i < 0,03
Zinco	mg/L	máximo	0,18	0,06	0,11	0,09	< 0,02	0,13	0,03

Legenda: (*) Não atendimento aos padrões de qualidade da Resolução CONAMA 20/86

(i) Conformidade indefinida quanto ao limite da classe, devido à análise laboratorial não ter atingido os limites pela legislação vigente.

Nitrogênio amoniacal (em função da variação do pH):

Valor Limite de 0,5 mg/L N para pH > 8,5

Valor Limite de 2,0 mg/L N para 7,5 < pH ≤ 8,0

Valor Limite de 3,7 mg/L N para pH ≤ 7,5.

Valor Limite de 1,0 mg/L N para 8,0 < pH ≤ 8,5.

Tabela 08 – Resultados de qualidade da água do rio Mogi. Ano 2002. (Adaptado de Cetesb, 2003)

Resultados dos parâmetros e indicadores de qualidade das águas									
Código do Ponto 00SP07283MOGI02800			Classe 02		Ano 2002				
UGRHI 07 Baixada Santista									
Local - Rio Mogi - Ponte na Rodovia Piaçaguera-Guarujá, que liga Cubatão a Guarujá									
Parâmetros de Campo	Data	26/02/2002	10/04/2002	11/06/2002	08/08/2002	23/10/2002	05/12/2002		
	Hora	08h40	10h15	09h43	09h05	10h00	09h35		
	Coloração	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde		
	Chuva nas últimas 24h	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Não		
	Temp. da Água (°C)	24	26	23	22	21	25		
	Temp. do Ar (°C)	29	27	27	23	26	28		
Parâmetros Físico Químicos			Unidade	Padrão Conama					
Condutividade	µS/cm	-	-	150	186	202	232	136	250
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO _{5,20})	mg/L	máximo	5	< 1	< 1	< 1	4	< 1	* 13
Oxigênio Dissolvido (OD)	mg/L	mínimo	5	7	7,6	5,5	5,8	7,2	* 4,6
Potencial Hidrogeniônico (pH)	U.pH	entre	6,0 e 9,0	6,7	* 5	* 5	* 5,9	* 4,5	* 5,9
Resíduo Total (ST)	mg/L	-	-	116	174	168	173	174	6350
Resíduo Filtrável (SD)	mg/L	máximo	500	75	102	143	172	142	* 4030
Resíduo Volátil (SV)	mg/L	-	-	25	83	62	76	59	6260
Turbidez	UNT	máximo	100	33,6	4,4	5,8	4,4	7	4,5
Alumínio	mg/L	máximo	0,1	* 1,81	* 0,51	* 1,02	* 0,55	* 0,86	* 0,85
Cádmio	mg/L	máximo	0,001	< 0,001	< 0,001	i < 0,01	i < 0,01	i < 0,01	i < 0,01
Chumbo	mg/L	máximo	0,03	i < 0,1	i < 0,1	< 0,02	i < 0,07	i < 0,07	i < 0,07
Cloreto Total	mg/L	máximo	250	7,7	8	9	7,1	5,1	30,3
Cobre	mg/L	máximo	0,02	< 0,004	0,006	< 0,02	< 0,01	* 0,04	0,01
Fenóis	mg/L	máximo	0,001	* 0,006	i < 0,002	* 0,002	i < 0,002	* 0,002	i < 0,002
Ferro Total	mg/L	-	-	1,17	0,62	0,6	0,85	1,23	1,13
Fósforo Total	mg/L	máximo	0,025	* 0,25	* 0,39	* 0,8	* 2,1	* 0,9	* 1
Manganês	mg/L	máximo	0,1	* 0,35	* 0,51	* 0,49	* 0,57	0,07	* 0,64
Mercúrio	mg/L	máximo	0,0002	< 0,0001	* 0,0003	< 0,0001	i < 0,003	i < 0,0016	i < 0,0016
N. Amoniacal	mg/L	máximo	0,5	1,93	3,1	3,71	7,45	1,62	4,69
Nitrogênio Nitrato	mg/L	máximo	10	3,22	5,22	5,75	5,6	4,4	* 10,7
Nitrogênio Nitrito	mg/L	máximo	1	0,03	0,033	0,047	0,03	0,016	0,07
Níquel	mg/L	máximo	0,025	< 0,01	< 0,01	< 0,02	i < 0,03	i < 0,03	i < 0,03
Zinco	mg/L	máximo	0,18	0,03	0,08	0,02	< 0,02	0,04	0,08

Legenda: (*) Não atendimento aos padrões de qualidade da Resolução CONAMA 20/86

(i) Conformidade indefinida quanto ao limite da classe, devido à análise laboratorial não ter atingido os limites pela legislação vigente.

Nitrogênio amoniacal (em função da variação do pH):

Valor Limite de 0,5 mg/L N para pH > 8,5

Valor Limite de 2,0 mg/L N para 7,5 < pH ≤ 8,0

Valor Limite de 3,7 mg/L N para pH ≤ 7,5.

Valor Limite de 1,0 mg/L N para 8,0 < pH ≤ 8,5.

Tabela 09 – Resultados de qualidade da água do rio Cubatão. Ano 2002. (Adaptado de Cetesb, 2003)

Resultados dos parâmetros e indicadores de qualidade das águas										
Código do Ponto 00SP07283CUBA03900			Classe 03			Ano 2002				
UGRHI 07 - Baixada Santista										
Local: Rio Cubatão - Ponte da estrada de ferro Santos-Jundiá, cerca de 1,5 Km a jusante da confluência com o Perequê										
Parâmetros de Campo		Data	26/02/2002	10/04/2002	11/06/2002	08/08/2002	23/10/2002	05/12/2002		
		Hora	08h30	09h00	08h40	08h20	09h00	08h50		
		Coloração	Amarela	Verde	Marrom	Marrom	Marrom	Marrom		
		Chuva nas últimas 24h	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Não		
		Temp. da Água (°C)	26	26	25	23	20	26		
		Temp. do Ar (°C)	28	25	27	24	25	28		
Parâmetros Físico Químicos		Unidade	Padrão Conama							
Condutividade		µS/cm	-	-	5690	1990	8900	9800	405	375
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO _{5,20})		mg/L	máximo	5	3	4	< 1	6	3	4
Oxigênio Dissolvido (OD)		mg/L	mínimo	4	6,1	6,7	4,3	4	7	4,5
Potencial Hidrogeniônico (pH)		U.pH	entre	6,0 e 9,0	7,4	7,3	7,3	7	7	7,2
Resíduo Total (ST)		mg/L	-	-	3147	1275	6180	8800	283	236
Resíduo Filtrável (SD)		mg/L	máximo	500	* 3006	* 1261	* 4686	* 7700	211	235
Resíduo Volátil (SV)		mg/L	-	-	714	256	1494	3800	73	80
Turbidez		UNT	máximo	100	7,2	6,2	5,3	4,2	12,8	5,1
Alumínio		mg/L	máximo	0,1	* 0,3	* 0,9	* 0,57	i < 0,15	* 1,54	* 0,44
Cádmio		mg/L	máximo	0,01	0,005	< 0,001	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Chumbo		mg/L	máximo	0,05	i < 0,1	i < 0,1	< 0,02	i < 0,07	i < 0,07	i < 0,07
Cloreto Total		mg/L	máximo	250	* 1570	* 603,5	* 2880	* 3100	95,3	88,3
Cobre		mg/L	máximo	0,5	0,01	0,01	0,05	< 0,01	0,03	0,02
Fenóis		mg/L	máximo	0,3	0,007	< 0,002	0,005	< 0,002	0,006	0,003
Ferro Total		mg/L	-	-	0,72	2,14	0,57	0,85	1,25	0,85
Fósforo Total		mg/L	máximo	0,025	< 0,01	0,02	* 0,04	< 0,02	* 0,04	* 0,06
Manganês		mg/L	máximo	0,5	0,11	0,14	0,11	0,17	0,26	0,09
Mercúrio		mg/L	máximo	0,002	0,002	0,002	< 0,0001	i < 0,003	< 0,0016	< 0,0016
Nitrogênio Amoniacal		mg/L	máximo	1	0,59	0,46	* 1,72	0,81	0,08	0,2
Nitrogênio Nitrato		mg/L	máximo	10	0,64	0,67	0,4	< 0,3	0,8	0,64
Nitrogênio Nitrito		mg/L	máximo	1	0,076	0,29	0,059	0,11	0,022	0,15
Níquel		mg/L	máximo	0,025	0,02	< 0,01	< 0,02	i < 0,03	i < 0,03	i < 0,03
Zinco		mg/L	máximo	5	0,02	0,07	< 0,02	< 0,02	0,24	0,12

Legenda: (*) Não atendimento aos padrões de qualidade da Resolução CONAMA 20/86

(i) Conformidade indefinida quanto ao limite da classe, devido à análise laboratorial não ter atingido os limites pela legislação vigente.

-Nitrogênio amoniacal (em função da variação do pH):

Valor Limite de 13,3 mg/L N para pH < 7,5

Valor Limite de 5,5 mg/L N para 7,5 < pH < 8,0

Valor Limite de 2,2 mg/L N para 8,0 < pH ≤ 8,5.

Valor Limite de 1,0 mg/L N para pH > 7,5.

Tabela 10 – Resultados de qualidade da água do rio Piaçaguera. Ano 2003. (Adaptado de Cetesb, 2004)

Resultados dos parâmetros e indicadores de qualidade das águas									
Código do Ponto 00SP07283PIAC02700			Classe 02		Ano 2003				
UGRHI 07 - Baixada Santista									
Local Rio Piaçaguera - Ponte localizada na COSIPA, continuação da antiga Rua 3, Vila Parisi, 300m jusante Adubo Trevos									
Parâmetros de Campo	Data		04/02/2003	07/04/2003	10/06/2003	07/08/2003	22/10/2003	04/12/2003	
	Hora		08h30	09h00	09h00	09h00	09h00	09h00	
	Coloração		Cinza	Cinza	Cinza	Cinza	Cinza	Cinza	
	Chuva nas últimas 24		Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	
	Temp. da Água (°C)		25	23	24	27	23	25	
	Temp. do Ar (°C)		30	26	26	25	26	27	
Parâmetros Físico Químicos		Unidade	Padrão Conama						
Condutividade	µS/cm	-	-	922	489	5370	3890	839	743
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO5,20)	mg/L	máximo	5	4	5	* 6	2	* 8	3
Oxigênio Dissolvido (OD)	mg/L	mínimo	5	* 3	* 2,6	* 2,3	* 1,9	* 2,2	* 4,07
Potencial Hidrogeniônico (pH)	U.pH	entre	6,0 e 9,0	6,1	6,8	6,8	7,2	* 5,8	6
Resíduo Total (ST)	mg/L	-	-	682	2600	3600	3280	572	520
Resíduo Filtrável (SD)	mg/L	máximo	500	* 636	* 1240	* 2150	* 3240	* 551	450
Resíduo Volátil (SV)	mg/L	-	-	79	-	-	-	-	-
Turbidez	UNT	máximo	100	5,39	8,47	5,95	2,81	14,8	14
Alumínio	mg/L	máximo	0,1	i < 0,15	i < 0,15	i < 0,15	* 0,16	* 0,75	* 0,75
Cádmio	mg/L	máximo	0,001	i < 0,01	i < 0,01	i < 0,01	i < 0,01	i < 0,02	i < 0,01
Chumbo	mg/L	máximo	0,03	i < 0,07	i < 0,07	i < 0,07	i < 0,07	i < 0,07	i < 0,07
Cloreto Total	mg/L	máximo	250	28	34	* 1160	214	82	51,6
Cobre	mg/L	máximo	0,02	< 0,01	< 0,02	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01
Fenóis	mg/L	máximo	0,001	* 0,006	* 0,017	* 0,004	i < 0,003	* 0,016	i < 0,003
Ferro Total	mg/L	-	-	1,19	1,55	0,68	0,96	1,6	1,78
Fósforo Total	mg/L	máximo	0,025	* 5,5	* 0,4	* 8,5	* 1,1	* 1,9	0,01
Manganês	mg/L	máximo	0,1	* 0,79	* 1,14	0,1	* 2,34	* 1,76	* 1,45
Mercurio	mg/L	máximo	0,0002	i < 0,0016	i < 0,0016	i < 0,0016	i < 0,0016	i < 0,001	i < 0,0016
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	máximo	0,5	* 0,99	* 7,74	* 4,26	* 7,48	* 1,75	* 1,93
Nitrogênio Nitrato	mg/L	máximo	10	1,98	1,75	1,31	2,76	0,85	2,61
Nitrogênio Nitrito	mg/L	máximo	1	0,19	0,066	0,27	0,185	0,062	0,051
Níquel	mg/L	máximo	0,025	i < 0,03	i < 0,03	i < 0,03	i < 0,03	i < 0,03	i < 0,03
Zinco	mg/L	máximo	0,18	0,14	0,09	0,03	0,09	0,07	0,07

Legenda: (*) Não atendimento aos padrões de qualidade da Resolução CONAMA 20/86

(i) Conformidade indefinida quanto ao limite da classe, devido à análise laboratorial não ter atingido os limites pela legislação vigente.

Nitrogênio amoniacal (em função da variação do pH):

Valor Limite de 0,5 mg/L N para pH > 8,5

Valor Limite de 2,0 mg/L N para 7,5 < pH ≤ 8,0

Valor Limite de 3,7 mg/L N para pH ≤ 7,5.

Valor Limite de 1,0 mg/L N para 8,0 < pH ≤ 8,5.

Tabela 11 – Resultados de qualidade da água do rio Mogi. Ano 2003. (Adaptado de Cetesb, 2004)

Resultados dos parâmetros e indicadores de qualidade das águas									
Código do Ponto 00SP07283MOGI02800			Classe 02			Ano 2003			
UGRHI 07 Baixada Santista									
Local - Rio Mogi - Ponte na Rodovia Piaçaguera-Guarujá, que liga Cubatão a Guarujá									
Parâmetros de Campo	Data	04/02/2003	07/04/2003	10/06/2003	07/08/2003	22/10/2003	04/12/2003		
	Hora	09h00	09h30	09h35	09h30	09h25	09h25		
	Coloração	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde		
	Chuva nas últimas 24	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim		
	Temp. da Água (°C)	25	21	20	21	23	25		
	Temp. do Ar (°C)	30	26	27	23	26	27		
Parâmetros Físico Químicos		Unidade	Padrão Conama						
Condutividade	µS/cm	-	-	302	232	153	347	185	168
Demanda Bioquímica de Oxigênio	mg/L	máximo	5	3	<1	5	<1	2	3
Oxigênio Dissolvido (OD)	mg/L	mínimo	5	6,10	6,20	5,40	5,20	5,40	5,28
Potencial Hidrogeniônico (pH)	U.pH	entre	6,0 e 9,0	* 5,6	* 4,3	6,1	7,3	6,0	* 5,7
Resíduo Total (ST)	mg/L	-	-	223,00	78,00	472,00	356,00	138,00	494,00
Resíduo Filtrável (SD)	mg/L	máximo	500	215	52	132	280	108	138
Resíduo Volátil (SV)	mg/L	-	-	40	-	-	-	-	-
Turbidez	UNT	máximo	100	4,05	4,63	2,65	2,22	4,57	2,93
Alumínio	mg/L	máximo	0,1	* 0,6	* 0,17	i < 0,15	* 0,64	* 0,53	* 0,17
Cádmio	mg/L	máximo	0,001	i < 0,01	i < 0,01	i < 0,01	i < 0,01	i < 0,02	i < 0,01
Chumbo	mg/L	máximo	0,03	i < 0,07	i < 0,07	i < 0,07	i < 0,07	i < 0,07	i < 0,07
Cloreto Total	mg/L	máximo	250	7	7,93	7	18,6	7,9	5,96
Cobre	mg/L	máximo	0,02	< 0,01	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01
Fenóis	mg/L	máximo	0,001	i < 0,002	* 0,005	* 0,003	i < 0,003	i < 0,003	i < 0,003
Ferro Total	mg/L	-	-	0,73	1,33	0,54	0,77	0,81	0,65
Fósforo Total	mg/L	máximo	0,025	* 10	* 1,2	* 0,7	* 1,2	* 2,2	* 0,19
Manganês	mg/L	máximo	0,1	* 0,48	* 0,43	* 1,56	* 1,08	* 0,43	* 0,38
Mercúrio	mg/L	máximo	0,0002	i < 0,0016	i < 0,0016	i < 0,0016	* 0,0075	i < 0,001	i < 0,0016
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	máximo	0,5	* 7,5	* 9,5	* 2,1	* 10	* 4,67	* 2,92
Nitrogênio Nitrato	mg/L	máximo	10	6,85	3,34	4,44	7,81	2,81	3,37
Nitrogênio Nitrito	mg/L	máximo	1	0,18	0,024	0,03	0,116	0,026	0,033
Níquel	mg/L	máximo	0,025	i < 0,03	i < 0,03	i < 0,03	i < 0,03	i < 0,03	i < 0,03
Zinco	mg/L	máximo	0,18	0,14	0,07	0,06	0,07	< 0,02	0,03

Legenda: (*) Não atendimento aos padrões de qualidade da Resolução CONAMA 20/86

(i) Conformidade indefinida quanto ao limite da classe, devido à análise laboratorial não ter atingido os limites pela legislação vigente.

-Nitrogênio amoniacal (em função da variação do pH):

Valor Limite de 0,5 mg/L N para pH > 8,5

Valor Limite de 2,0 mg/L N para 7,5 < pH ≤ 8,0

Valor Limite de 3,7 mg/L N para pH ≤ 7,5.

Valor Limite de 1,0 mg/L N para 8,0 < pH ≤ 8,5.

Tabela 12 – Resultados de qualidade da água do rio Cubatão. Ano 2003. (Adaptado de Cetesb, 2004)

Código do Ponto 00SP07283CUBA03900			Classe 03		Ano 2003				
UGRHI 07 - Baixada Santista									
Local: Rio Cubatão - Ponte da estrada de ferro Santos-Jundiá, cerca de 1,5 Km a jusante da confluência com o Perequê									
Parâmetros de Campo		Data	04/02/2003	07/04/2003	10/06/2003	07/08/2003	22/10/2003	04/12/2003	
		Hora	08h00	08h20	08h30	08h35	08h20	08h30	
		Coloração	Verde	Amarela	Amarela	Verde	Amarela	Verde	
		Chuva nas últimas 24h	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	
		Temp. da Água (°C)	26	24	22	23	25	25	
		Temp. do Ar (°C)	29	27	26	25	26	28	
Parâmetros Físico-Químicos		Unidade	Padrão Conama						
Condutividade	µS/cm	-	-	400	222	10700	4150	9000	6730
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO _{5,20})	mg/L	máximo	10	4	5	5	4	* 17	3
Oxigênio Dissolvido (OD)	mg/L	mínimo	4	5,5	5	4,7	6,3	4,9	4,88
Potencial Hidrogeniônico (pH)	U.pH	entre	6,0 e 9,0	6,9	7,4	7,2	8,5	6,5	6,5
Resíduo Total (ST)	mg/L	-	-	4840	150	6470	2430	5570	4,21
Resíduo Filtrável (SD)	mg/L	máximo	500	* 806	94	* 5780	* 2320	* 5040	4,14
Resíduo Volátil (SV)	mg/L	-	-	4470	-	-	-	-	-
Turbidez	UNT	máximo	100	3,42	8,57	3,1	2,86	4,9	4,54
Alumínio	mg/L	máximo	0,1	i < 0,015	i < 0,015	i < 0,015	i < 0,015	i < 0,015	i < 0,015
Cádmio	mg/L	máximo	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,02	< 0,01
Chumbo	mg/L	máximo	0,05	< 0,07	< 0,07	< 0,07	< 0,07	< 0,07	< 0,07
Cloreto Total	mg/L	máximo	250	* 369	42,1	* 4010	* 1280	* 695	* 2060
Cobre	mg/L	máximo	0,5	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Fenóis	mg/L	máximo	0,3	< 0,002	0,004	0,004	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Ferro Total	mg/L	-	-	0,63	0,36	0,35	0,81	0,74	0,68
Fósforo Total	mg/L	máximo	0,025	< 0,02	* 0,19	< 0,02	* 0,07	* 0,44	< 0,01
Manganês	mg/L	máximo	0,5	0,1	0,09	0,03	0,08	0,11	0,11
Mercurio	mg/L	máximo	0,002	< 0,0016	< 0,0016	< 0,0016	< 0,0019	< 0,001	< 0,0016
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	máximo	1	0,44	0,87	0,79	0,8	0,91	0,4
Nitrogênio Nitrato	mg/L	máximo	10	0,76	0,38	<0,3	0,47	0,37	0,4
Nitrogênio Nitrito	mg/L	máximo	1	0,22	0,046	0,13	0,116	0,081	0,023
Níquel	mg/L	máximo	0,025	i < 0,03	i < 0,03	i < 0,03	i < 0,03	i < 0,03	i < 0,03
Zinco	mg/L	máximo	5	0,12	0,02	0,03	0,02	< 0,02	0,03

Legenda: (*) Não atendimento aos padrões de qualidade da Resolução CONAMA 20/86

(i) Conformidade indefinida quanto ao limite da classe, devido à análise laboratorial não ter atingido os limites pela legislação vigente.

Nitrogênio amoniacal (em função da variação do pH):

Valor Limite de 13,3 mg/L N para pH < 7,5

Valor Limite de 5,5 mg/L N para 7,5 < pH < 8,0

Valor Limite de 2,2 mg/L N para 8,0 < pH ≤ 8,5.

Valor Limite de 1,0 mg/L N para pH > 8,5.

Tabela 13 – Resultados de qualidade da água do rio Piaçaguera. Ano 2004. (Adaptado de Cetesb, 2005)

Resultados dos parâmetros e indicadores de qualidade das águas									
Código do Ponto 00SP07283PIAC02700			Classe 02		Ano 2004				
UGRHI 07 - Baixada Santista									
Local Rio Piaçaguera - Ponte localizada na COSIPA, continuação da antiga Rua 3, Vila Parisi, 300m jusante Adubo Trevos									
Parâmetros de Campo	Data	10/02/2004	27/04/2004	24/06/2004	12/08/2004	20/10/2004	02/12/2004		
	Hora	08h50	09h00	09h00	09h45	09h05	09h30		
	Coloração	Cinza	Cinza	Cinza	Cinza	Cinza	Cinza		
	Chuva nas últimas 24h	Sim	Sim	Não	Não	Sim	Sim		
	Temp. da Água (°C)	22	21	24	23	21	22		
Temp. do Ar (°C)	26	23	24	21	24	25			
Parâmetros Físico Químicos		Unidade	Padrão Conama						
Condutividade	µS/cm	-	-	574	551	2540	3270	737	619
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO _{5,20})	mg/L	máximo	5	< 1	< 1	* 6	3,00	< 1	2,00
Oxigênio Dissolvido (OD)	mg/L	mínimo	5	5,30	* 4,8	* 3,14	* 4,15	* 4,82	* 4,58
Potencial Hidrogeniônico (pH)	U.pH	entre	6,0 e 9,0	7,1	6,5	6,8	6,9	7,0	6,4
Resíduos Totais (ST)	mg/L	-	-	392	382	2010	9960	566	403
Resíduos Filtráveis (SD)	mg/L	máximo	500	294	274	* 1810	* 9560	479	388
Turbidez	UNT	máximo	100	11,50	5,99	1,73	3,66	3,11	7,37
Alumínio	mg/L	máximo	0,1	* 1,01	* 1,8	i < 0,15	* 0,99	* 1,41	* 1,08
Cádmio	mg/L	máximo	0,001	i < 0,01	i < 0,01	i < 0,01	i < 0,01	i < 0,005	i < 0,005
Chumbo	mg/L	máximo	0,03	i < 0,07	i < 0,07	< 0,02	i < 0,07	i < 0,5	i < 0,1
Cloreto Total	mg/L	máximo	250	43	20	33	147	25	33,2
Cobre	mg/L	máximo	0,02	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Fenóis	mg/L	máximo	0,001	i < 0,003	i < 0,003	i < 0,001	i < 0,001	i < 0,001	i < 0,001
Ferro Total	mg/L	-	-	1,33	1,09	1,18	1,35	1,72	1,66
Fósforo Total	mg/L	máximo	0,025	* 0,28	* 1	* 1,1	* 3,2	* 5,2	* 0,1
Manganês	mg/L	máximo	0,1	* 0,93	* 0,37	* 1,9	* 1,9	* 0,62	* 1,27
Mercurio	mg/L	máximo	0,0002	i < 0,0016	i < 0,0016	i < 0,0016	i < 0,0016	< 0,0001	< 0,0001
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	máximo	0,5	* 2,13	* 1,09	* 1,97	* 1,72	* 2,28	* 3,22
Nitrogênio Nitrato	mg/L	máximo	10	1,46	1,72	1,03	1,14	1,4	3,47
Nitrogênio Nitrito	mg/L	máximo	1	0,048	0,041	0,068	0,094	0,062	0,135
Níquel	mg/L	máximo	0,025	i < 0,03	i < 0,03	* 0,03	i < 0,03	< 0,02	< 0,02
Sulfato	mg/L	máximo	250	142	144	73	*1080	137	137
Zinco	mg/L	máximo	0,18	0,03	0,04	0,06	0,05	0,05	0,06

Legenda: (*) Não atendimento aos padrões de qualidade da Resolução CONAMA 20/86

(i) Conformidade indefinida quanto ao limite da classe, devido à análise laboratorial não ter atingido os limites pela legislação vigente.

-Nitrogênio amoniacal (em função da variação do pH):

Valor Limite de 0,5 mg/L N para pH > 8,5

Valor Limite de 2,0 mg/L N para 7,5 < pH ≤ 8,0

Valor Limite de 3,7 mg/L N para pH ≤ 7,5.

Valor Limite de 1,0 mg/L N para 8,0 < pH ≤ 8,5.

Tabela 14 – Resultados de qualidade da água do rio Mogi. Ano 2004. (Adaptado de Cetesb, 2005)

Resultados dos parâmetros e indicadores de qualidade das águas										
Código do Ponto 00SP07283MOGI02800				Classe 02			Ano 2004			
UGRHI 07 Baixada Santista										
Local - Rio Mogi - Ponte na Rodovia Piaçaguera-Guarujá, que liga Cubatão a Guarujá										
Parâmetros de Campo	Data	10/02/2004	27/04/2004	24/06/2004	12/08/2004	20/10/2004	02/12/2004			
	Hora	09h20	09h30	09h20	09h08	09h30	10h00			
	Coloração	Verde	Verde	Verde	Verde	Preta	Verde			
	Chuva nas últimas 24h	Sim	Sim	Não	Não	Sim	Sim			
	Temp. da Água (°C)	22	21	20	18	21	22			
	Temp. do Ar (°C)	27	24	23	20	24	27			
Parâmetros Físico Químicos		Unidade	Padrão Conama							
Condutividade	µS/cm	-	-	153	135	155	145	217	121	
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO5,20)	mg/L	máximo	5	< 1	< 1	4	< 1	< 1	2	
Oxigênio Dissolvido (OD)	mg/L	mínimo	5	6,00	7,10	6,42	6,48	6,70	5,62	
Potencial Hidrogeniônico (pH)	U.pH	entre	6,0 e 9,0	6,1	6,1	6,4	6,5	* 4,5	6,6	
Resíduo Total (ST)	mg/L	-	-	112	115	96	154	104	147	
Resíduo Filtrável (SD)	mg/L	máximo	500	66	101	81	127	62	82	
Turbidez	UNT	máximo	100	6,15	8,90	1,84	2,40	4,59	4,36	
Alumínio	mg/L	máximo	0,1	* 0,4	i < 0,15	i < 0,15	* 0,56	* 1,87	* 0,79	
Cádmio	mg/L	máximo	0,001	i < 0,01	i < 0,01	i < 0,01	i < 0,01	i < 0,005	i < 0,005	
Chumbo	mg/L	máximo	0,03	i < 0,07	i < 0,07	i < 0,02	i < 0,07	i < 0,1	i < 0,1	
Cloreto Total	mg/L	máximo	250	7	5	6	9,4	8	4,6	
Cobre	mg/L	máximo	0,02	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
Fenóis	mg/L	máximo	0,001	i < 0,003	i < 0,003	0,001	* 0,002	< 0,001	< 0,001	
Ferro Total	mg/L	-	-	0,47	0,56	0,78	0,54	0,98	0,85	
Fósforo Total	mg/L	máximo	0,025	* 1,3	* 0,6	* 1	* 0,9	* 1,5	* 0,78	
Manganês	mg/L	máximo	0,1	* 0,13	0,1	* 0,41	* 0,29	* 0,33	* 0,3	
Mercuríio	mg/L	máximo	0,0002	i < 0,0016	i < 0,0016	i < 0,0016	i < 0,0016	< 0,0001	< 0,0001	
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	máximo	0,5	* 3,5	* 2,22	* 3,49	* 3,76	* 6,38	* 1,42	
Nitrogênio Nitrato	mg/L	máximo	10	2,46	2,23	4,61	3,16	3,16	2,75	
Nitrogênio Nitrito	mg/L	máximo	1	0,013	0,007	0,03	0,018	0,023	0,01	
Níquel	mg/L	máximo	0,025	i < 0,03	i < 0,03	* 0,05	i < 0,03	< 0,02	< 0,02	
Sulfato	mg/L	máximo	250	32,1	35,7	31	31,6	46,6	26,4	
Zinco	mg/L	máximo	0,18	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,04	< 0,02	

Legenda: (*) Não atendimento aos padrões de qualidade da Resolução CONAMA 20/86

(i) Conformidade indefinida quanto ao limite da classe, devido à análise laboratorial não ter atingido os limites pela legislação vigente.

-Nitrogênio amoniacal (em função da variação do pH):

Valor Limite de 0,5 mg/L N para pH > 8,5

Valor Limite de 2,0 mg/L N para 7,5 < pH ≤ 8,0

Valor Limite de 3,7 mg/L N para pH ≤ 7,5.

Valor Limite de 1,0 mg/L N para 8,0 < pH ≤ 8,5.

Tabela 15 – Resultados de qualidade da água do rio Cubatão. Ano 2004. (Adaptado de Cetesb, 2005)

Resultados dos parâmetros e indicadores de qualidade das águas									
Código do Ponto 00SP07283CUBA03900			Classe 03			Ano 2004			
UGRHI 07 - Baixada Santista									
Local: Rio Cubatão - Ponte da estrada de ferro Santos-Jundiá, cerca de 1,5 Km a jusante da confluência com o Perequê									
Parâmetros de Campo	Data	10/02/2004	27/04/2004	24/06/2004	12/08/2004	20/10/2004	02/12/2004		
	Hora	08h20	08h15	07h20	08h20	08h20	08h30		
	Coloração	Marrom	Marrom	Verde	Preta	Marrom	Amarelo		
	Chuva nas últimas 24h	Sim	Sim	Não	Não	Sim	Sim		
	Temp. da Água (°C)	24	23	20	19	21	22		
	Temp. do Ar (°C)	25	23	23	20	24	24		
Parâmetros Físico Químicos		Unidade	Padrão Conama						
Condutividade	µS/cm	-	-	485	455	584	4720	1690	464
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO _{5,20})	mg/L	máximo	10	3	2	7	< 1	< 1	< 2
Oxigênio Dissolvido (OD)	mg/L	mínimo	4	5,8	6,5	5,96	6,48	6,92	5,98
Potencial Hidrogeniônico (pH)	U.pH	entre	6,0 e 9,0	7	7,1	7,6	7,2	7,4	7,1
Resíduos Totais (ST)	mg/L	-	-	265	254	292	3740	909	269
Resíduos Filtráveis (SD)	mg/L	máximo	500	223	233	283	* 2860	* 783	253
Turbidez	UNT	máximo	100	7,46	5,69	2,11	2,18	5,28	4,51
Alumínio	mg/L	máximo	0,1	i < 0,15	* 1,46	i < 0,15	i < 0,15	* 0,42	* 0,43
Cádmio	mg/L	máximo	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,005	< 0,005
Chumbo	mg/L	máximo	0,05	i < 0,07	i < 0,07	i < 0,02	i < 0,07	i < 0,1	i < 0,1
Cloreto Total	mg/L	máximo	250	74	86	120	1470	437	109
Cobre	mg/L	máximo	0,5	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Fenóis	mg/L	máximo	0,3	< 0,003	< 0,003	0,001	0,001	< 0,001	< 0,001
Ferro Total	mg/L	-	-	1,71	0,22	0,11	0,38	0,74	0,57
Fósforo Total	mg/L	máximo	0,025	< 0,01	* 0,04	< 0,01	* 0,13	* 0,11	* 0,05
Manganês	mg/L	máximo	0,5	0,04	0,07	0,05	0,08	0,06	0,06
Mercurío	mg/L	máximo	0,002	< 0,0016	< 0,0016	< 0,0016	< 0,0016	< 0,0001	< 0,0001
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	máximo	1	0,62	* 1,45	0,34	0,69	0,26	0,13
Nitrogênio Nitrato	mg/L	máximo	10	0,98	2,69	0,78	0,42	0,57	0,73
Nitrogênio Nitrito	mg/L	máximo	1	0,089	0,061	0,004	0,116	0,066	0,039
Níquel	mg/L	máximo	0,025	i < 0,03	i < 0,03	i < 0,03	i < 0,03	< 0,02	< 0,02
Sulfato	mg/L	máximo	250	26,3	27,3	75,8	145	68,6	27,8
Zinco	mg/L	máximo	5	< 0,02	0,02	< 0,02	< 0,02	0,03	< 0,02

Legenda: (*) Não atendimento aos padrões de qualidade da Resolução CONAMA 20/86

(i) Conformidade indefinida quanto ao limite da classe, devido à análise laboratorial não ter atingido os limites pela legislação vigente.

Nitrogênio amoniacal (em função da variação do pH):

Valor Limite de 13,3 mg/L N para pH < 7,5

Valor Limite de 5,5 mg/L N para 7,5 < pH < 8,0

Valor Limite de 2,2 mg/L N para 8,0 < pH ≤ 8,5.

Valor Limite de 1,0 mg/L N para pH > 7,5.

Tabela 16 – Resultados de qualidade da água do rio Piaçaguera. Ano 2005. (Adaptado de Cetesb, 2006)

Resultados dos parâmetros e indicadores de qualidade das águas									
Código do Ponto 00SP07283PIAC02700			Classe 02		Ano 2005				
UGRHI 07 - Baixada Santista									
Local Rio Piaçaguera - Ponte localizada na COSIPA, continuação da antiga Rua 3, Vila Parisi, 300m jusante Adubo Trevos									
Parâmetros de Campo	Data	15/02/2005	26/04/2005	23/06/2005	11/08/2005	19/10/2005	14/12/2005		
	Hora	09h50	10h00	09h00	09h20	09h00	09h40		
	Coloração	Verde	Cinza	Cinza	Cinza	Cinza	Cinza		
	Chuva nas últimas 24h	Sim	Sim	Não	Não	Sim	Sim		
	Temp. da Água (°C)	21	21	19	21	21	22		
	Temp. do Ar (°C)	27	22	24	22	22	24		
Parâmetros Físico Químicos		Unidade	Padrão Conama						
Condutividade	µS/cm	-	-	125,00	454,00	774,00	3860,00	903,00	504,00
Demanda Bioquímica de Oxigênio	mg/L	máximo	5	<2	5	3	5	4	5
Oxigênio Dissolvido (OD)	mg/L	mínimo	5	6,20	* 4,8	6,30	* 3,1	* 4,7	* 4,8
Potencial Hidrogeniônico (pH)	U.pH	entre	6,0 e 9,0	7,9	6,2	6,4	6,6	6,6	8,8
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	máximo	500	40	267	454	*2200	*732	305
Sólidos Totais	mg/L	-	-	67	381	590	2600	752	322
Turbidez	UNT	máximo	100	10,30	7,97	7,31	10,10	5,77	10,10
Alumínio Total	mg/L	máximo	-	1,18	5,41	1,99	0,97	1,1	1,13
Cádmio Total	mg/L	máximo	0,001	i < 0,005	i < 0,005	i < 0,005	i < 0,005	i < 0,005	i < 0,005
Chumbo Total	mg/L	máximo	0,01	i < 0,1	i < 0,1	i < 0,1	i < 0,1	i < 0,1	i < 0,1
Cloreto Total	mg/L	máximo	250	72,5	15,6	33,9	* 636	33,1	26,9
Cobre Total	mg/L	-	-	< 0,01	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Fenóis Totais	mg/L	máximo	0,003	* 0,011	< 0,001	* 0,01	* 0,02	< 0,003	0,002
Ferro Total	mg/L	-	-	0,97	5,1	3,26	1,7	1,24	2,44
Fósforo Total	mg/L	máximo	0,1	* 0,37	* 65	* 16	* 2	* 33,8	* 0,3
Manganês Total	mg/L	máximo	0,1	* 0,3	* 0,69	* 1,64	* 1,25	* 0,86	* 0,73
Mercurio Total	mg/L	máximo	0,0002	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	máximo	0,5	-	-	-	-	-	* 7,49
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	máximo	2	* 2,27	-	-	-	-	-
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	máximo	3,7	-	* 4,98	1,2	* 4,58	* 6,17	-
Nitrogênio Nitrato	mg/L	máximo	10	4,2	2,8	1,19	0,94	3,84	1,68
Nitrogênio Nitrito	mg/L	máximo	1	0,014	0,145	0,061	0,21	0,14	0,15
Níquel Total	mg/L	máximo	0,025	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Sulfato Total	mg/L	máximo	250	21,9	110	111	*481	234	117
Zinco Total	mg/L	máximo	0,18	< 0,02	0,06	0,08	0,06	0,05	0,07

Legenda: (*) Não atendimento aos padrões de qualidade da Resolução CONAMA 357/05

(i) Conformidade indefinida quanto ao limite da classe, devido à análise laboratorial não ter atingido os limites pela legislação vigente.

-Nitrogênio amoniacal (em função da variação do pH):

Valor Limite de 0,5 mg/L N para pH > 8,5

Valor Limite de 2,0 mg/L N para 7,5 < pH ≤ 8,0

Valor Limite de 3,7 mg/L N para pH ≤ 7,5.

Valor Limite de 1,0 mg/L N para 8,0 < pH ≤ 8,5.

Tabela 17 – Resultados de qualidade da água do rio Mogi. Ano 2005. (Adaptado de Cetesb, 2006)

Resultados dos parâmetros e indicadores de qualidade das águas									
Código do Ponto 00SP07283MOGI02800			Classe 02			Ano 2005			
UGRHI 07 - Baixada Santista									
Local - Rio Mogi - Ponte na Rodovia Piaçaguera-Guarujá, que liga Cubatão a Guarujá									
Parâmetros de Campo	Data		15/02/2005	26/04/2005	23/06/2005	11/08/2005	19/10/2005	14/12/2005	
	Hora		09h20	10h30	09h25	09h50	09h20	10h10	
	Coloração		Cinza	Amarela	Verde	Verde	Amarela	Verde	
	Chuva nas últimas 24h		Sim	sim	Não	Não	sim	Sim	
	Temp. da Água (°C)		23	20	19	17	20	22	
	Temp. do Ar (°C)		27	22	25	25	22	24	
Parâmetros Físico Químicos		Unidade	Padrão Conama						
Condutividade	µS/cm	-	-	1220	134	135	172	-	127
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO _{5,20})	mg/L	máximo	5	2	4	2	4	<3	2
Oxigênio Dissolvido (OD)	mg/L	mínimo	5	5,1	5,8	6,9	6,3	7,2	6,1
Potencial Hidrogeniônico (pH)	U.pH	entre	6,0 e 9,0	6,7	* 4,2	6,0	* 5,55	6,3	6,5
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	máximo	500	* 623	79,00	79,00	101,00	<100	94,00
Sólidos Totais	mg/L	-	-	876	171	118	142	<100	334
Turbidez	UNT	máximo	100	12,40	17,40	4,39	5,21	9,98	8,01
Alumínio Total	mg/L	máximo	-	1,43	12	0,57	0,59	4,02	1,07
Cádmio Total	mg/L	máximo	0,001	i < 0,005	i < 0,005	i < 0,005	i < 0,005	i < 0,005	i < 0,005
Chumbo Total	mg/L	máximo	0,01	i < 0,1	i < 0,1	i < 0,1	i < 0,1	i < 0,1	i < 0,1
Cloreto Total	mg/L	máximo	250	* 983	4,5	1,5	7,8	5,11	7,1
Cobre Total	mg/L	máximo	-	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01	< 0,01	< 0,01
Fenóis Totais	mg/L	máximo	0,003	* 0,009	< 0,001	* 0,005	* 0,057	< 0,003	< 0,001
Ferro Total	mg/L	-	-	1,6	8,59	0,84	0,8	1,05	1,17
Fósforo Total	mg/L	máximo	0,1	* 17	* 0,8	* 1,4	* 1,9	* 0,49	* 0,44
Manganês Total	mg/L	máximo	0,1	* 1,14	* 0,36	* 0,38	* 0,39	* 0,22	* 0,3
Mercúrio Total	mg/L	máximo	0,0002	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	máximo	3,7	1,26	0,99	1,24	2,1	2,55	2,27
Nitrogênio Nitrato	mg/L	máximo	10	2,13	1,92	2,88	2,43	4,02	3,69
Nitrogênio Nitrito	mg/L	máximo	1	0,038	0,011	0,005	0,006	0,008	0,012
Níquel Total	mg/L	máximo	0,025	< 0,02	* 0,27	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Sulfato Total	mg/L	-	-	* 464	40	19,7	* 679	21,3	24,4
Zinco Total	mg/L	máximo	0,18	0,03	0,05	0,02	0,06	< 0,02	0,03

Legenda: (*) Não atendimento aos padrões de qualidade da Resolução CONAMA 357/05

(i) Conformidade indefinida quanto ao limite da classe, devido à análise laboratorial não ter atingido os limites pela legislação vigente.

-Nitrogênio amoniacal (em função da variação do pH):

Valor Limite de 0,5 mg/L N para pH > 8,5

Valor Limite de 2,0 mg/L N para 7,5 < pH ≤ 8,0

Valor Limite de 3,7 mg/L N para pH ≤ 7,5.

Valor Limite de 1,0 mg/L N para 8,0 < pH ≤ 8,5.

Tabela 18 – Resultados de qualidade da água do rio Cubatão. Ano 2005. (Adaptado de Cetesb, 2006)

Resultados dos parâmetros e indicadores de qualidade das águas									
Código do Ponto 00SP07283CUBA03900			Classe 03			Ano 2005			
UGRHI 07 - Baixada Santista									
Local: Rio Cubatão - Ponte da estrada de ferro Santos-Jundiá, cerca de 1,5 Km a jusante da confluência com o Perequê									
Parâmetros de Campo		Data	15/02/2005	26/04/2005	23/06/2005	11/08/2005	19/10/2005	14/12/2005	
		Hora	08h30	08h35	08h15	08h35	08h15	08h30	
		Coloração	Marrom	Amarela	amarela	Preta	Preta	Verde	
		Chuva nas últimas 24h	Sim	Sim	Não	Não	Sim	sim	
		Temp. da Água (°C)	25	23	20	19	21	21	
		Temp. do Ar (°C)	26	23	22	20	22	24	
Parâmetros Físico Químicos		Unidade	Padrão Conama						
Condutividade	µS/cm	-	-	831	1280	409	1080	900	106
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO _{5,20})	mg/L	máximo	10	2	3	2	4	3	3
Oxigênio Dissolvido (OD)	mg/L	mínimo	4	5,9	5,6	7,9	6	5,61	6,8
Potencial Hidrogeniônico (pH)	U.pH	entre	6,0 e 9,0	8,1	7,3	7,5	7,4	6,97	6,8
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	máximo	500	292	* 752	241	* 635	5100	192
Sólidos Totais	mg/L	-	-	349	993	362	5100	-	192
Turbidez	UNT	máximo	100	6,52	4,06	3,68	4,81	2,18	3,98
Alumínio Total	mg/L	máximo	-	0,24	1,03	0,32	0,11	0,29	0,28
Cádmio Total	mg/L	máximo	0,01	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Chumbo Total	mg/L	máximo	0,033	i < 0,01	i < 0,01	i < 0,01	i < 0,01	-	i < 0,01
Cloreto Total	mg/L	máximo	250	* 394	* 358	78,5	* 256	221	16,5
Cobre Total	mg/L	máximo	-	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Fenóis Totais	mg/L	máximo	0,01	0,01	< 0,001	* 0,011	0,003	< 0,003	< 0,001
Ferro Total	mg/L	-	-	0,59	1,07	0,44	0,29	0,39	0,43
Fósforo Total	mg/L	máximo	0,15	0,03	* 0,43	* 1,2	0,09	* 1,27	0,04
Manganês Total	mg/L	máximo	0,5	0,09	0,1	0,09	0,07	0,07	0,05
Mercurio Total	mg/L	máximo	0,002	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	máximo	13,3	-	0,38	0,38	0,34	0,7	0,27
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	máximo	2,2	0,23	-	-	-	-	-
Nitrogênio Nitrato	mg/L	máximo	10	0,78	0,52	0,78	0,55	0,77	0,52
Nitrogênio Nitrito	mg/L	máximo	1	0,083	0,06	0,093	0,1	< 0,004	0,031
Níquel Total	mg/L	máximo	0,025	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Sulfato Total	mg/L	máximo	250	29,7	59,6	17,4	80,8	-	-
Zinco Total	mg/L	máximo	5	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,02

Legenda: (*) Não atendimento aos padrões de qualidade da Resolução CONAMA 357/05

(i) Conformidade indefinida quanto ao limite da classe, devido à análise laboratorial não ter atingido os limites pela legislação vigente.

Nitrogênio amoniacal (em função da variação do pH):

Valor Limite de 13,3 mg/L N para pH < 7,5

Valor Limite de 5,5 mg/L N para 7,5 < pH < 8,0

Valor Limite de 2,2 mg/L N para 8,0 < pH ≤ 8,5.

Valor Limite de 1,0 mg/L N para pH > 8,5.

Tabela 19 – Resultados de qualidade da água do rio Piaçaguera. Ano 2006. (Adaptado de Cetesb, 2007)

Resultados dos parâmetros e indicadores de qualidade das águas									
Código do Ponto 00SP07283PIAC02700			Classe 02		Ano 2006				
UGRHI 07 - Baixada Santista									
Local Rio Piaçaguera - Ponte localizada na COSIPA, continuação da antiga Rua 3, Vila Parisi, 300m jusante Adubo Trevos									
Parâmetros de Campo		Data	01/02/2006	05/04/2006	26/06/2006	02/08/2006	18/10/2006	13/12/2006	
		Hora	09h08	09h50	09h32	09h00	09h05	09h00	
		Coloração	Amarela	Verde	Cinza	Cinza	Cinza	Cinza	
		Chuva nas últimas 24h	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Não	
		Temp. da Água (°C)	24	24	25	21	20	24	
		Temp. do Ar (°C)	27	26	19	17	23	27	
Parâmetros Físico Químicos		Unidade	Padrão Conama						
Condutividade	µS/cm	-	-	658	2010	4280	1240	275	12300
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO _{5,20})	mg/L	máximo	5	5,00	2,00	* 16	*16	4,00	4,00
Oxigênio Dissolvido (OD)	mg/L	mínimo	5	* 3,9	* 4,34	* 3,9	* 3,8	7,10	6,72
Potencial Hidrogeniônico (pH)	U.pH	entre	6,0 e 9,0	6,60	6,88	7,20	7,70	6,80	6,42
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	máximo	500	480	<10	* 3390	* 934	112	* 870
Sólidos Totais	mg/L	-	-	526,00	< 10	3660,00	1160,00	296,00	926,00
Turbidez	UNT	máximo	100	22,30	10,10	* 113	* 132	26,50	6,46
Alumínio Dissolvido	mg/L	máximo	0,1	-	-	< 0,1	* 0,47	* 0,12	* 0,17
Alumínio Total	mg/L	-	-	2,46	0,78	-	-	-	-
Cádmio Total	mg/L	máximo	0,001	i < 0,005	0,0001	0,0004	0,0002	< 0,0001	< 0,0001
Chumbo Total	mg/L	máximo	0,01	i < 0,1	< 0,002	0,004	0,005	0,003	< 0,002
Cloreto Total	mg/L	máximo	250	10,4	21	78,4	24,9	9,67	14,6
Cobre Dissolvido	mg/L	máximo	0,009	-	-	i < 0,01	i < 0,01	i < 0,01	i < 0,01
Cobre Total	mg/L	-	-	0,01	0,01	-	-	-	-
Fenóis Totais	mg/L	máximo	0,003	< 0,003	* 0,004	0,003	0,003	< 0,003	< 0,003
Ferro Dissolvido	mg/L	máximo	0,3	-	-	< 0,1	0,3	< 0,1	< 0,1
Ferro Total	mg/L	-	-	1,81	0,78	-	-	-	-
Fósforo Total	mg/L	máximo	0,1	* 62,5	* 4,53	* 2,98	< 0,05	* 3,22	* 7,6
Manganês Total	mg/L	máximo	0,1	* 0,87	* 0,87	0,09	* 1,56	* 0,57	* 1,01
Mercúrio Total	mg/L	máximo	0,0002	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0002	< 0,0002
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	máximo	2	-	-	-	* 3,36	-	-
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	máximo	3,7	* 3,87	1,09	* 17,6	-	0,69	0,49
Nitrogênio Nitrato	mg/L	máximo	10	1,43	0,47	2,59	1,3	1,4	0,87
Nitrogênio Nitrito	mg/L	máximo	1	0,126	0,048	0,29	0,118	0,032	0,028
Níquel Total	mg/L	máximo	0,025	< 0,02	* 0,03	< 0,02	< 0,02	0,02	* 0,03
Sulfato Total	mg/L	máximo	250	* 261,08	* 815	* 1910	* 486	84	* 790
Zinco Total	mg/L	máximo	0,18	0,07	0,15	0,13	0,05	0,05	0,14

Legenda: (*) Não atendimento aos padrões de qualidade da Resolução CONAMA 357/05

(i) Conformidade indefinida quanto ao limite da classe, devido à análise laboratorial não ter atingido os limites pela legislação vigente.

-Nitrogênio amoniacal (em função da variação do pH):

Valor Limite de 0,5 mg/L N para pH > 8,5

Valor Limite de 2,0 mg/L N para 7,5 < pH ≤ 8,0

Valor Limite de 3,7 mg/L N para pH ≤ 7,5.

Valor Limite de 1,0 mg/L N para 8,0 < pH ≤ 8,5.

Tabela 20 – Resultados de qualidade da água do rio Mogi. Ano 2006. (Adaptado de Cetesb, 2007)

Resultados dos parâmetros e indicadores de qualidade das águas									
Código do Ponto 00SP07283MOGI02800			Classe 02			Ano 2006			
UGRHI 07 - Baixada Santista									
Local - Rio Mogi - Ponte na Rodovia Piaçaguera-Guarujá, que liga Cubatão a Guarujá									
Parâmetros de Campo	Data	01/02/2006	05/04/2006	26/06/2006	02/08/2006	18/10/2006	13/12/2006		
	Hora	09h36	10h16	10h00	09h30	09h30	09h20		
	Coloração	Amarela	Verde	Verde	Vermelha	Verde	Verde		
	Chuva nas últimas 24h	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Não		
	Temp. da Água (°C)	23	24	20	17	19	22		
	Temp. do Ar (°C)	27	28	19	17	22	27		
Parâmetros Físico Químicos		Unidade	Padrão Conama						
Condutividade	µS/cm	-	-	228	216	171	165	115	139
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO5,20)	mg/L	máximo	5	3	<2	* 7	* 13	5	3
Oxigênio Dissolvido (OD)	mg/L	mínimo	5	5,8	5,76	5,80	8,20	7,90	6,62
Potencial Hidrogeniônico (pH)	U.pH	entre	6,0 e 9,0	* 4,5	6,16	* 5,9	6,70	6,00	* 5,94
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	máximo	500	150	<10	138,00	100,00	74,00	<50
Sólidos Totais	mg/L	-	-	184	<10	306,00	258,00	112,00	<50
Turbidez	UNT	máximo	100	18,5	4,01	11,90	7,16	8,41	4,42
Alumínio Dissolvido	mg/L	máximo	0,1	-	-	* 0,4	* 0,42	* 0,59	* 0,33
Alumínio Total	mg/L	-	-	2,88	0,46	-	-	-	-
Cádmio Total	mg/L	máximo	0,001	i < 0,005	< 0,0001	< 0,0001	0,0002	0,0002	< 0,0001
Chumbo Total	mg/L	máximo	0,01	i < 0,1	< 0,002	0,005	0,003	0,004	< 0,002
Cloreto Total	mg/L	máximo	250	5,4	6,9	8,08	8,2	4,52	4,78
Cobre Dissolvido	mg/L	máximo	0,009	-	-	* 0,01	i < 0,01	i < 0,01	i < 0,01
Cobre Total	mg/L	-	-	0,01	< 0,01	-	-	-	-
Fenóis Totais	mg/L	máximo	0,003	< 0,003	0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Ferro Dissolvido	mg/L	máximo	0,3	-	-	0,1	0,22	0,12	< 0,1
Ferro Total	-	-	-	2,1	0,64	-	-	-	-
Fósforo Total	mg/L	máximo	0,1	* 0,84	0,03	* 1,18	* 0,56	* 0,6	* 0,81
Manganês Total	mg/L	máximo	0,1	* 0,43	* 0,32	* 0,42	0,08	* 0,19	* 0,36
Mercurio Total	mg/L	máximo	0,0002	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0002	< 0,0002
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	máximo	3,7	* 6,16	3,33	* 24	3,13	1,13	* 12,8
Nitrogênio Nitrato	mg/L	máximo	10	2,18	2,79	0,49	2,92	2,54	2,21
Nitrogênio Nitrito	mg/L	máximo	1	0,019	0,019	0,019	0,45	0,016	0,007
Níquel Total	mg/L	máximo	0,025	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,02	* 0,03
Sulfato Total	mg/L	máximo	250	66,4	55,2	47,6	39,9	27,8	31,4
Zinco Total	mg/L	máximo	0,18	0,08	0,06	0,08	< 0,02	0,02	0,04

Legenda: (*) Não atendimento aos padrões de qualidade da Resolução CONAMA 357/05

(i) Conformidade indefinida quanto ao limite da classe, devido à análise laboratorial não ter atingido os limites pela legislação vigente.

-Nitrogênio amoniacal (em função da variação do pH):

Valor Limite de 0,5 mg/L N para pH > 8,5

Valor Limite de 2,0 mg/L N para 7,5 < pH ≤ 8,0

Valor Limite de 3,7 mg/L N para pH ≤ 7,5.

Valor Limite de 1,0 mg/L N para 8,0 < pH ≤ 8,5.

Tabela 21 – Resultados de qualidade da água do rio Cubatão. Ano 2006. (Adaptado de Cetesb, 2007)

Resultados dos parâmetros e indicadores de qualidade das águas									
Código do Ponto 00SP07283CUBA03900			Classe 03			Ano 2006			
UGRHI 07 - Baixada Santista									
Local: Rio Cubatão - Ponte da estrada de ferro Santos-Jundiá, cerca de 1,5 Km a jusante da confluência com o Perequê									
Parâmetros de Campo		Data	01/02/2006	05/04/2006	26/06/2006	02/08/2006	18/10/2006	13/12/2006	
		Hora	08h15	08h50	08h30	08h10	08h15	08h10	
		Coloração	Marrom	Verde	Verde	Preta	Marrom	Verde	
		Chuva nas últimas 24h	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Não	
		Temp. da Água (°C)	23	23	22	19	20	22	
		Temp. do Ar (°C)	26	26	21	17	23	27	
Parâmetros Físico Químicos		Unidade	Padrão Conama						
Condutividade	µS/cm	-	-	102	176	26280	857	123	145
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO5,20)	mg/L	máximo	10	7	3	8	* 15	3	5
Oxigênio Dissolvido (OD)	mg/L	mínimo	4	6,1	5,8	5,8	6,9	7	6,8
Potencial Hidrogeniônico (pH)	U.pH	entre	6,0 e 9,0	7,4	7,5	7,2	7,2	6,6	6,9
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	máximo	500	108	<10	*1520	490	<50	<50
Sólidos Totais	mg/L	-	-	120	<10	1590	542	76	54
Turbidez	UNT	máximo	100	52,6	3,7	8,19	5,19	8,19	4,49
Alumínio Dissolvido	mg/L	máximo	0,2	-	-	0,11	< 0,1	0,19	0,15
Alumínio Total	mg/L	-	-	3,47	< 0,1	-	-	-	-
Cádmio Total	mg/L	máximo	0,01	< 0,0001	< 0,0001	0,0003	0,0002	< 0,0001	< 0,0001
Chumbo Total	mg/L	máximo	0,033	0,009	< 0,002	0,006	0,003	0,004	< 0,002
Cloreto Total	mg/L	máximo	250	11,2	26,2	* 724	199	17	18,9
Cobre Dissolvido	mg/L	máximo	0,013	-	-	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Cobre Total	mg/L	máximo	-	< 0,01	< 0,01	-	-	-	-
Fenóis Totais	mg/L	máximo	0,01	< 0,003	0,005	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Ferro Dissolvido	mg/L	máximo	5	-	-	< 0,1	< 0,1	0,13	< 0,1
Ferro Total	mg/L	-	-	2,78	0,14	-	-	-	-
Fósforo Total	mg/L	máximo	0,15	* 0,36	0,05	0,04	0,02	0,07	0,04
Manganês Total	mg/L	máximo	0,5	0,07	0,07	0,08	0,08	0,06	0,08
Mercúrio Total	mg/L	máximo	0,002	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0002	< 0,0002
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	máximo	13,3	0,2	0,25	0,46	0,26	0,33	0,23
Nitrogênio Nitrato	mg/L	máximo	10	0,57	< 0,2	0,27	0,43	0,54	0,6
Nitrogênio Nitrito	mg/L	máximo	1	0,04	0,015	0,019	0,022	0,014	< 0,005
Níquel Total	mg/L	máximo	0,025	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	* 0,04	< 0,02
Sulfato Total	mg/L	máximo	250	26,34	9,8	96,1	35,5	16,1	12,5
Zinco Total	mg/L	máximo	5	0,04	0,05	0,19	< 0,02	0,02	0,05

Legenda: (*) Não atendimento aos padrões de qualidade da Resolução CONAMA 357/05

(i) Conformidade indefinida quanto ao limite da classe, devido à análise laboratorial não ter atingido os limites pela legislação vigente.

Nitrogênio amoniacal (em função da variação do pH):

Valor Limite de 13,3 mg/L N para pH < 7,5

Valor Limite de 5,5 mg/L N para 7,5 < pH < 8,0

Valor Limite de 2,2 mg/L N para 8,0 < pH ≤ 8,5.

Valor Limite de 1,0 mg/L N para pH > 8,5.

Tabela 22 – Resultados de qualidade da água do rio Piaçaguera. Ano 2007. (Adaptado de Cetesb, 2008)

Resultados dos parâmetros e indicadores de qualidade das águas									
Código do Ponto 00SP07283PIAC02700			Classe 02		Ano 2007				
UGRHI 07 - Baixada Santista									
Local Rio Piaçaguera - Ponte localizada na COSIPA, continuação da antiga Rua 3, Vila Parisi, 300m jusante Adubo Trevos									
Parâmetros de Campo	Data	06/02/2007	25/04/2007	21/06/2007	22/08/2007	17/10/2007	12/12/2007		
	Hora	09h00	09h00	09h00	09h30	09h10	09h46		
	Coloração	Amarela	Cinza	Cinza	Cinza	Cinza	Cinza		
	Chuva nas últimas 24h	Sim	Não	Não	Não	Sim	Sim		
	Temp.da Água (°C)	23	26	22	21	24	25		
	Temp. do Ar (°C)	25	27	22	25	25	26		
Parâmetros Físico Químicos		Unidade	Padrão Conama						
Condutividade	µS/cm	-	-	807	3,05	42600,00	255,00	197,00	1250,00
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO _{5,20})	mg/L	máximo	5	* 10	* 11	5,00	2,00	* 10	* 16
Oxigênio Dissolvido (OD)	mg/L	mínimo	5	7	* 4	* 4,1	* 3,1	* 3,9	* 4,4
Potencial Hidrogeniônico (pH)	U.pH	entre	6,0 e 9,0	6,5	6,50	6,60	6,70	8,50	8,90
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	máximo	500	* 542	* 13200	* 35400	246,00	141,00	* 768
Sólidos Totais	mg/L	-	-	790	14100	37800	254	151	786
Turbidez	UNT	máximo	100	* 119	6,15	1,84	17,90	* 186	88,40
Alumínio Dissolvido	mg/L	máximo	0,1	* 0,57	* 0,14	< 0,1	* 0,36	< 0,1	< 0,1
Cádmio Total	mg/L	máximo	0,001	0,0003	0,0003	< 0,0001	< 0,0001	0,0003	0,0003
Chumbo Total	mg/L	máximo	0,01	0,01	0,008	< 0,002	< 0,002	0,005	0,003
Cloreto Total	mg/L	máximo	250	10,3	24,9	130	49,9	97,7	* 1960
Cobre Dissolvido	mg/L	máximo	0,009	* 0,02	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009
Fenóis Totais	mg/L	máximo	0,003	< 0,003	* 0,007	* 0,004	< 0,003	* 0,018	* 0,004
Ferro Dissolvido	mg/L	máximo	0,3	< 0,1	0,12	< 0,1	* 0,46	< 0,1	< 0,1
Fluoreto Total	mg/L	máximo	1,4					0,74	* 1,42
Fósforo Total	mg/L	máximo	0,1	* 3,07	* 28,7	* 27,5	* 29,1	* 0,41	* 0,22
Manganês Total	mg/L	máximo	0,1	* 0,7	0,1	* 2,26	* 1,43	* 1,01	* 0,56
Mercurio Total	mg/L	máximo	0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	máximo	0,5						* 34,2
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	máximo	1					* 4,47	
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	máximo	3,7	0,74	1,07	2,64	1,55		
Nitrogênio Nitrato	mg/L	máximo	10	0,8	0,43	0,8	3,05	5,32	* 30,9
Nitrogênio Nitrito	mg/L	máximo	1	0,04	0,054	0,19	0,088	0,25	0,37
Níquel Total	mg/L	máximo	0,025	* 0,03	< 0,02	* 0,07	* 0,04	* 0,04	< 0,02
Sulfato Total	mg/L	máximo	250	92,7	9,29	* 14600	* 708	* 708	36,4
Zinco Total	mg/L	máximo	0,18	0,07	< 0,04	< 0,04	< 0,04	0,08	0,1

Legenda: (*) Não atendimento aos padrões de qualidade da Resolução CONAMA 357/05

(i) Conformidade indefinida quanto ao limite da classe, devido à análise laboratorial não ter atingido os limites pela legislação vigente.

-Nitrogênio amoniacal (em função da variação do pH):

Valor Limite de 0,5 mg/L N para pH > 8,5

Valor Limite de 2,0 mg/L N para 7,5 < pH ≤ 8,0

Valor Limite de 3,7 mg/L N para pH ≤ 7,5.

Valor Limite de 1,0 mg/L N para 8,0 < pH ≤ 8,5.

Tabela 23 – Resultados de qualidade da água do rio Mogi. Ano 2007. (Adaptado de Cetesb, 2008)

Resultados dos parâmetros e indicadores de qualidade das águas									
Código do Ponto 00SP07283MOGI02800			Classe 02			Ano 2007			
UGRHI 07 - Baixada Santista									
Local - Rio Mogi - Ponte na Rodovia Piaçaguera-Guarujá, que liga Cubatão a Guarujá									
Parâmetros de Campo			Data	06/02/2007	25/04/2007	21/06/2007	22/08/2007	17/10/2007	12/12/2007
			Hora	09h20	09h20	09h15	10h00	09h30	10h12
			Coloração	Amarela	Verde	Verde	Verde	Verde	Amarela
			Chuva nas últimas 24h	Sim	Não	Não	Não	Sim	Sim
			Temp.da Água (°C)	23	25	20	19	23	24
			Temp. do Ar (°C)	26	28	25	25	26	26
Parâmetros Físico Químicos		Unidade	Padrão Conama						
Condutividade	µS/cm	-	-	133	158,00	189,00	264,00	203,00	196,00
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO _{5,20})	mg/L	máximo	5	* 11	* 12	* 6	3	*9	* 9
Oxigênio Dissolvido (OD)	mg/L	mínimo	5	8	* 4,7	7,40	* 4,1	5,90	7,50
Potencial Hidrogeniônico (pH)	U.pH	entre	6,0 e 9,0	7,1	6,00	6,00	6,30	6,60	* 4,3
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	máximo	500	< 50	< 50	252	* 658	154	294
Sólidos Totais	mg/L	-	-	276	52	532	762	158	322
Turbidez	UNT	máximo	100	* 181	15,80	2,43	5,20	5,42	25,60
Alumínio Dissolvido	mg/L	máximo	0,1	* 0,23	< 0,1	* 0,26	* 0,42	* 0,46	* 0,67
Cádmio Total	mg/L	máximo	0,001	< 0,0001	0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,0002	0,0001
Chumbo Total	mg/L	máximo	0,01	0,008	0,01	0,005	< 0,002	0,005	0,009
Cloreto Total	mg/L	máximo	250	5,6	8,2	6,41	7,6	5,54	36,4
Cobre Dissolvido	mg/L	máximo	0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009
Fenóis Totais	mg/L	máximo	0,003	< 0,003	< 0,003	* 0,004	< 0,003	* 0,008	< 0,003
Ferro Dissolvido	mg/L	máximo	0,3	0,13	0,11	< 0,1	0,23	< 0,1	< 0,1
Fluoreto Total	mg/L	máximo	1,4					0,93	1,27
Fósforo Total	mg/L	máximo	0,1	* 1,15	* 0,36	* 0,65	* 1,89	* 1,2	* 1,3
Manganês Total	mg/L	máximo	0,1	* 0,35	0,03	* 0,48	* 0,46	* 0,4	* 0,23
Mercurio Total	mg/L	máximo	0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	máximo	3,7	1,44	3,05	2,59	* 11,7	* 6,12	* 7,8
Nitrogênio Nitrato	mg/L	máximo	10	2,73	3,52	3,54	6,14	6,39	4,71
Nitrogênio Nitrito	mg/L	máximo	1	0,03	0,039	0,035	0,066	0,048	0,065
Níquel Total	mg/L	máximo	0,025	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Sulfato Total	mg/L	máximo	250	31,4	31,9	30,4	69,6	69,6	4,96
Zinco Total	mg/L	máximo	0,18	0,03	< 0,04	< 0,04	< 0,02	0,05	0,06

Legenda: (*) Não atendimento aos padrões de qualidade da Resolução CONAMA 357/05

(i) Conformidade indefinida quanto ao limite da classe, devido à análise laboratorial não ter atingido os limites pela legislação vigente.

-Nitrogênio amoniacal (em função da variação do pH):

Valor Limite de 0,5 mg/L N para pH > 8,5

Valor Limite de 2,0 mg/L N para 7,5 < pH ≤ 8,0

Valor Limite de 3,7 mg/L N para pH ≤ 7,5.

Valor Limite de 1,0 mg/L N para 8,0 < pH ≤ 8,5.

Tabela 24 – Resultados de qualidade da água do rio Cubatão. Ano 2007. (Adaptado de Cetesb, 2008)

Resultados dos parâmetros e indicadores de qualidade das águas									
Código do Ponto 00SP07283CUBA03900			Classe 03			Ano 2007			
UGRHI 07 - Baixada Santista									
Local - Rio Cubatão - Ponte da estrada de ferro Santos-Jundiá, cerca de 1,5 Km a jusante da confluência com o Perequê									
Parâmetros de Campo		Data	06/02/2007	25/04/2007	21/06/2007	22/08/2007	17/10/2007	12/12/2007	
		Hora	08h25	08h15	08h10	08h40	08h40	08h20	
		Coloração	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	
		Chuva nas últimas 24h	Sim	Não	Não	Não	Sim	Sim	
		Temp.da Água (°C)	25	22	20	19	21	24	
		Temp. do Ar (°C)	25	27	20	24	21	26	
Parâmetros Físico Químicos		Unidade	Padrão Conama						
Condutividade	µS/cm	-	-	201	721	10800	660	279	418
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO5,20)	mg/L	máximo	10	10	9	6	5	* 12	* 15
Oxigênio Dissolvido (OD)	mg/L	mínimo	4	8,2	6,5	8,8	4,9	8,1	6,1
Potencial Hidrogeniônico (pH)	U.pH	entre	6,0 e 9,0	7,6	6,5	7,7	7	7,2	7,4
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	máximo	500	<50	282	* 672	* 720	188	382
Sólidos Totais	mg/L	-	-	142	350	914	938	194	398
Turbidez	UNT	máximo	100	8,28	6,22	4,67	5,61	2,96	6,53
Alumínio Dissolvido	mg/L	máximo	0,2	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Cádmio Total	mg/L	máximo	0,01	< 0,0001	0,0002	< 0,0001	< 0,0001	0,0005	< 0,0001
Chumbo Total	mg/L	máximo	0,033	0,007	0,02	0,01	< 0,002	0,005	< 0,002
Cloreto Total	mg/L	máximo	250	51,3	199	* 260	225	52,5	* 1300
Cobre Dissolvido	mg/L	máximo	0,013	< 0,009	0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009
Fenóis Totais	mg/L	máximo	0,01	< 0,003	< 0,003	0,005	< 0,003	* 0,011	< 0,003
Ferro Dissolvido	mg/L	máximo	5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Fósforo Total	mg/L	máximo	0,15	0,03	0,03	0,08	0,06	0,04	0,07
Fluoreto Total	mg/L	máximo	1,4						
Manganês Total	mg/L	máximo	0,5	0,07	0,33	0,07	0,11	0,07	0,06
Mercurio Total	mg/L	máximo	0,002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	máximo	13,3		0,81		0,34	< 0,1	0,26
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	máximo	5,6	0,33		0,2			
Nitrogênio Nitrato	mg/L	máximo	10	0,38	0,58	0,26	1,1	1,21	< 1
Nitrogênio Nitrito	mg/L	máximo	1	0,03	0,048	0,032	0,04	0,012	0,061
Níquel Total	mg/L	máximo	0,025	< 0,02	< 0,02	i < 0,2	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Sulfato Total	mg/L	máximo	250	14,3	14,5	35,4	29,1	29,1	22,8
Zinco Total	mg/L	máximo	5	< 0,02	< 0,04	< 0,04	0,08	0,05	0,03

Legenda: (*) Não atendimento aos padrões de qualidade da Resolução CONAMA 357/05

(i) Conformidade indefinida quanto ao limite da classe, devido à análise laboratorial não ter atingido os limites pela legislação vigente.

Nitrogênio amoniacal (em função da variação do pH):

Valor Limite de 13,3 mg/L N para pH < 7,5

Valor Limite de 5,5 mg/L N para 7,5 < pH < 8,0

Valor Limite de 2,2 mg/L N para 8,0 < pH ≤ 8,5.

Valor Limite de 1,0 mg/L N para pH > 8,5.

Tabela 25 – Resultados de qualidade da água do rio Piaçaguera. Ano 2008. (Adaptado de Cetesb, 2009)

Resultados dos parâmetros e indicadores de qualidade das águas										
Código do Ponto 00SP07283PIAC02700				Classe 02		Ano 2008				
UGRHI 07 - Baixada Santista										
Local Rio Piaçaguera - Ponte localizada na COSIPA, continuação da antiga Rua 3, Vila Parisi, 300m jusante Adubo Trevos										
Parâmetros de Campo			Data		19/02/2008	22/04/2008	11/06/2008	27/08/2008	15/10/2008	10/12/2008
			Hora		10h05	09h25	09h20	09h15	09h10	08h43
			Coloração		Verde	Preta	Cinza	Cinza	Preta	Cinza
			Chuva nas últimas 24h		Não	Sim	Não	Não	Não	Não
			Temp.da Água (°C)		25	21	24	23	23	23
			Temp. do Ar (°C)		28	28	23	21	30	26
Parâmetros Físico Químicos		Unidade	Padrão Conama							
Condutividade	µS/cm	-	-	812	692	1900	1410	801	762	
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO5,20)	mg/L	máximo	5	* 26	4	<2	5	2	4	
Oxigênio Dissolvido (OD)	mg/L	mínimo	5	6,36	5,80	5,30	* 4,8	* 4,7	* 4,8	
Potencial Hidrogeniônico (pH)	U.pH	entre	6,0 e 9,0	* 9,25	7,10	6,50	8,10	7,30	6,80	
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	máximo	500	* 636	* 560	* 7480	* 1220	416	*822	
Sólidos Totais	mg/L	-	-	786	830	7640	1470	988	916	
Turbidez	UNT	máximo	100	33,00	* 269	18,00	35,30	* 171	15,70	
Alumínio Dissolvido	mg/L	máximo	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	
Cádmio Total	mg/L	máximo	0,001	< 0,0001	0,0003	< 0,0001	< 0,001	< 0,0001	< 0,0001	
Chumbo Total	mg/L	máximo	0,01	< 0,002	0,01	< 0,002	< 0,01	0,004	< 0,002	
Cloreto Total	mg/L	máximo	250	94,8	17,74	100	* 300	120	19,5	
Cobre Dissolvido	mg/L	máximo	0,009	< 0,009	< 0,009	* 0,03	< 0,009	< 0,009	< 0,009	
Fenóis Totais	mg/L	máximo	0,003	< 0,003	* 0,004	< 0,003	* 0,007	< 0,003	< 0,003	
Ferro Dissolvido	mg/L	máximo	0,3	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,21	
Fósforo Total	mg/L	máximo	0,1	* 2,1	* 0,67	< 0,01	* 0,4	0,06	* 3,9	
Fluoreto Total	mg/L	máximo	1,4	1,28	1,31	0,76	0,92	0,79	0,7	
Manganês Total	mg/L	máximo	0,1	* 0,89	* 1,22	* 1,45	* 1,63	* 1,37	* 1,27	
Mercurio Total	mg/L	máximo	0,0002	< 0,0002	0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	máximo	0,5	* 1,72	-	-	-	-	-	
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	máximo	1	-	-	-	* 9,12	-	-	
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	máximo	3,7	-	1,16	1,38	-	0,38	2,6	
Nitrogênio Nitrato	mg/L	máximo	10	2,75	3,19	2	2,43	2,02	2,92	
Nitrogênio Nitrito	mg/L	máximo	1	0,055	0,044	0,11	0,178	0,065	0,062	
Niquel Total	mg/L	máximo	0,025	0,02	* 0,04	* 0,06	* 0,04	* 0,03	* 0,03	
Sulfato Total	mg/L	máximo	250	-	* 288	158	* 584	* 298	136	
Zinco Total	mg/L	máximo	0,18	0,06	0,14	0,09	0,11	0,11	0,05	

Legenda: (*) Não atendimento aos padrões de qualidade da Resolução CONAMA 357/05

(i) Conformidade indefinida quanto ao limite da classe, devido à análise laboratorial não ter atingido os limites pela legislação vigente.

-Nitrogênio amoniacal (em função da variação do pH):

Valor Limite de 0,5 mg/L N para pH > 8,5

Valor Limite de 2,0 mg/L N para 7,5 < pH ≤ 8,0

Valor Limite de 3,7 mg/L N para pH ≤ 7,5.

Valor Limite de 1,0 mg/L N para 8,0 < pH ≤ 8,5.

Tabela 26 – Resultados de qualidade da água do rio Mogi. Ano 2008. (Adaptado de Cetesb, 2009)

Resultados dos parâmetros e indicadores de qualidade das águas									
Código do Ponto 00SP07283MOGI02800			Classe 02			Ano 2008			
UGRHI 07 - Baixada Santista									
Local - Rio Mogi - Ponte na Rodovia Piaçaguera-Guarujá, que liga Cubatão a Guarujá									
Parâmetros de Campo	Data	19/02/2008	22/04/2008	11/06/2008	27/08/2008	15/10/2008	10/12/2008		
	Hora	10h30	10h00	09h40	09h55	09h35	09h10		
	Coloração	Verde	Verde	Verde	Verde	Vermelha	Verde		
	Chuva nas últimas 24h	Não	Sim	Não	Não	Não	Não		
	Temp.da Água (°C)	25	22	20	20	26	23		
	Temp. do Ar (°C)	29	29	24	24	31	26		
Parâmetros Físico Químicos		Unidade	Padrão Conama						
Condutividade	µS/cm	-	-	400	211	307	227	190	137,9
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO5,20)	mg/L	máximo	5	* 17	2	<2	4	<2	<2
Oxigênio Dissolvido (OD)	mg/L	mínimo	5	6,54	6,9	5,8	5,2	* 4,4	6,7
Potencial Hidrogeniônico (pH)	U.pH	entre	6,0 e 9,0	* 5,67	6,40	* 4,7	6,20	6,20	6,30
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	máximo	500	166	80	238	288	98	176
Sólidos Totais	mg/L	-	-	176	92	256	486	270	204
Turbidez	UNT	máximo	100	4,94	6,56	3,61	6,39	3,24	3,32
Alumínio Dissolvido	mg/L	máximo	0,1	* 0,3	* 0,38	* 1,19	* 0,59	* 0,3	< 0,1
Cádmio Total	mg/L	máximo	0,001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,001	< 0,0001	< 0,0001
Chumbo Total	mg/L	máximo	0,01	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,01	< 0,002	< 0,002
Cloreto Total	mg/L	máximo	250	76,2	10	10	5	12	4,76
Cobre Dissolvido	mg/L	máximo	0,009	< 0,009	< 0,009	* 0,03	< 0,009	< 0,009	< 0,009
Fenóis Totais	mg/L	máximo	0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Ferro Dissolvido	mg/L	máximo	0,3	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	* 0,48	0,11
Fluoreto Total	mg/L	máximo	1,4	1,24	1,33	* 8,22	* 1,75	0,33	0,24
Fósforo Total	mg/L	máximo	0,1	* 1,8	* 3,3	* 2,55	* 1,5	* 0,52	* 0,44
Manganês Total	mg/L	máximo	0,1	* 0,4	* 0,31	* 0,44	* 0,56	* 0,47	* 0,43
Mercurio Total	mg/L	máximo	0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	máximo	3,7	* 30	* 11	* 12,5	* 8,82	* 5,04	*4,05
Nitrogênio Nitrato	mg/L	máximo	10	4,49	9,43	4,37	5,39	4,18	5,03
Nitrogênio Nitrito	mg/L	máximo	1	0,016	0,134	0,015	0,041	0,03	0,032
Níquel Total	mg/L	máximo	0,025	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Sulfato Total	mg/L	máximo	250	32,4	34,4	95,1	58,2	39,5	26,5
Zinco Total	mg/L	máximo	0,18	< 0,02	0,03	0,05	0,03	0,13	< 0,02

Legenda: (*) Não atendimento aos padrões de qualidade da Resolução CONAMA 357/05

(i) Conformidade indefinida quanto ao limite da classe, devido à análise laboratorial não ter atingido os limites pela legislação vigente.

-Nitrogênio amoniacal (em função da variação do pH):

Valor Limite de 0,5 mg/L N para pH > 8,5

Valor Limite de 2,0 mg/L N para 7,5 < pH ≤ 8,0

Valor Limite de 3,7 mg/L N para pH ≤ 7,5.

Valor Limite de 1,0 mg/L N para 8,0 < pH ≤ 8,5.

Tabela 27 – Resultados de qualidade da água do rio Cubatão. Ano 2008. (Adaptado de Cetesb, 2009)

Resultados dos parâmetros e indicadores de qualidade das águas										
Código do Ponto 00SP07283CUBA03900				Classe 03		Ano 2008				
UGRHI 07 - Baixada Santista										
Local - Rio Cubatão - Ponte da estrada de ferro Santos-Jundiá, cerca de 1,5 Km a jusante da confluência com o Perequê										
Informações de Campo		Data		19/02/2008	22/04/2008	11/06/2008	27/08/2008	15/10/2008	10/12/2008	
		Hora		09h20	08h30	08h40	08h30	08h00	08h00	
		Coloração		Verde	Verde	Verde	Amarela	Azul	Preta	
		Chuva nas últimas 24h		Não	Sim	Não	Não	Não	Não	
		Temp.da Água (°C)		26	23	20	23	23	23	
		Temp. do Ar (°C)		27	26	21	21	29	24	
Parâmetros Físico Químicos		Unidade	Padrão Conama							
Condutividade		µS/cm	-	-	2030	1260	2800	1580	1000	242
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO _{5,20})		mg/L	máximo	10	* 26	4	<2	4	3	2
Oxigênio Dissolvido (OD)		mg/L	mínimo	4	6,4	5,8	7,2	5,9	5,1	8,1
Potencial Hidrogeniônico (pH)		U.pH	entre	6,0 e 9,0	7,1	6,9	7,2	6,1	7,1	7,2
Sólidos Dissolvidos Totais		mg/L	máximo	500	* 980	* 2120	* 1680	* 1080	356	354
Sólidos Totais		mg/L	-	-	1130	3590	1710	1260	799	412
Turbidez		UNT	máximo	100	7,33	6,48	8,48	4,89	4,68	4,29
Alumínio Dissolvido		mg/L	máximo	0,2	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Cádmio Total		mg/L	máximo	0,01	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,001	< 0,0001	< 0,0001
Chumbo Total		mg/L	máximo	0,033	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,01	< 0,002	< 0,002
Cloreto Total		mg/L	máximo	250	* 929	* 375	* 775	* 475	* 345	47,5
Cobre Dissolvido		mg/L	máximo	0,013	< 0,009	< 0,009	* 0,03	< 0,009	< 0,009	< 0,009
Fenóis Totais		mg/L	máximo	0,01	0,003	< 0,003	0,004	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Ferro Dissolvido		mg/L	máximo	5	0,41	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,43
Fósforo Total		mg/L	máximo	0,15	0,02	0,03	< 0,01	* 0,4	* 0,24	0,04
Manganês Total		mg/L	máximo	0,5	0,09	0,1	0,08	0,1	0,06	0,08
Mercúrio Total		mg/L	máximo	0,002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002
Nitrogênio Amoniacal		mg/L	máximo	13,3	0,53	0,41	0,63	0,5	0,27	0,11
Nitrogênio Nitrato		mg/L	máximo	10	1,1	< 1	1,23	0,74	0,61	0,52
Nitrogênio Nitrito		mg/L	máximo	1	0,084	0,036	0,032	0,072	0,027	0,012
Níquel Total		mg/L	máximo	0,025	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	2,6
Sulfato Total		mg/L	máximo	250	26,4	61,6	135	73,8	30,2	15,3
Zinco Total		mg/L	máximo	5	< 0,02	0,03	0,03	0,03	0,18	< 0,02

Legenda: (*) Não atendimento aos padrões de qualidade da Resolução CONAMA 357/05

(i) Conformidade indefinida quanto ao limite da classe, devido à análise laboratorial não ter atingido os limites pela legislação vigente.

- Nitrogênio amoniacal (em função da variação do pH):

Valor Limite de 13,3 mg/L N para pH < 7,5

Valor Limite de 5,5 mg/L N para 7,5 < pH < 8,0

Valor Limite de 2,2 mg/L N para 8,0 < pH ≤ 8,5.

Valor Limite de 1,0 mg/L N para pH > 8,5.

Tabela 28 – Resultados de qualidade da água do rio Piaçaguera. Ano 2009. (Adaptado de Cetesb, 2010)

Resultados dos parâmetros e indicadores de qualidade das águas										
Código do Ponto 00SP07283PIAC02700			Classe 02		Ano 2009					
UGRHI 07 - Baixada Santista										
Local Rio Piaçaguera - Ponte localizada na COSIPA, continuação da antiga Rua 3, Vila Parisi, 300m jusante Adubo Trevos										
Parâmetros de Campo			Data		10/02/2009	22/04/2009	25/06/2009	20/08/2009	15/10/2009	14/12/2009
			Hora		08h15	09h40	09h20	09h30	09h00	09h15
			Coloração		Cinza	Cinza	Cinza	Cinza	Cinza	Cinza
			Chuva nas últimas 24h		Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
			Temp.da Água (°C)		24	23	22	21	21	21
			Temp. do Ar (°C)		29	24	20	25	22	27
Parâmetros Físico Químicos		Unidade	Padrão Conama							
Condutividade		µS/cm	-	-	491	936	3930	1080	570	536
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO _{5,20})		mg/L	máximo	5	<2	5	* 11	<5	<5	* 7
Oxigênio Dissolvido (OD)		mg/L	mínimo	5	6,28	7,33	* 4,51	5,27	6,99	7,5
Potencial Hidrogeniônico (pH)		U.pH	entre	6,0 e 9,0	6,7	* 10	8,9	* 9,02	* 10	9
Sólidos Dissolvidos Totais		mg/L	máximo	500	160	* 782	* 2510	* 900	* 660	414
Sólidos Totais		mg/L	-	-	2050	928	2550	1080	740	460
Turbidez		UNT	máximo	100	6,71	25,6	53,5	35,5	16,5	2,49
Alumínio Dissolvido		mg/L	máximo	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	* 0,16
Alumínio Total		mg/L	-	-	0,96	1,18	1,22	1,26	1,07	1,38
Arsênio Total		mg/L	máximo	0,01	0,003	-	-	-	0,003	0,003
Cádmio Total		mg/L	máximo	0,001	0,0002	< 0,0001	< 0,001	< 0,0001	< 0,0001	0,0004
Chumbo Total		mg/L	máximo	0,01	< 0,002	< 0,01	< 0,01	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Cloreto Total		mg/L	máximo	250	11,5	29,1	* 1050	70	20	72,5
Cobre Dissolvido		mg/L	máximo	0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009
Cobre Total		mg/L	-	-	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Fenóis Totais		mg/L	máximo	0,003	< 0,003	i < 0,01	i < 0,01	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Ferro Dissolvido		mg/L	máximo	0,3	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Ferro Total		mg/L	-	-	1,05	1,42	2,17	1,11	1,1	1,09
Fluoreto Total		mg/L	máximo	1,4	0,79	1,14	0,95	* 1,48	0,57	* 2,74
Fósforo Total		mg/L	máximo	0,1	* 0,2	* 0,8	< 0,05	* 1,45	* 2,05	* 0,17
Manganês Total		mg/L	máximo	0,1	* 0,73	0,1	* 1,25	* 1,3	* 0,45	* 1
Mercúrio Total		mg/L	máximo	0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002
Nitrogênio Amoniacal		mg/L	máximo	0,5	-	* 2,46	* 4,23	* 1,55	* 0,99	* 0,8
Nitrogênio Amoniacal		mg/L	máximo	3,7	0,69	-	-	-	-	-
Nitrogênio Nitrato		mg/L	máximo	10	1,99	2,04	2,06	1,79	1,93	1,89
Nitrogênio Nitrito		mg/L	máximo	1	0,03	0,08	0,56	0,07	0,04	0,017
Níquel Total		mg/L	máximo	0,025	* 0,03	* 0,04	* 0,03	0,02	< 0,02	< 0,02
Sulfato Total		mg/L	máximo	250	160	* 358	146	* 342	72,4	195
Zinco Total		mg/L	máximo	0,18	0,06	0,12	0,11	0,04	0,03	< 0,02

Legenda: (*) Não atendimento aos padrões de qualidade da Resolução CONAMA 357/05

(i) Conformidade indefinida quanto ao limite da classe, devido à análise laboratorial não ter atingido os limites pela legislação vigente.

Nitrogênio amoniacal (em função da variação do pH):

Valor Limite de 0,5 mg/L N para pH > 8,5

Valor Limite de 2,0 mg/L N para 7,5 < pH ≤ 8,0

Valor Limite de 3,7 mg/L N para pH ≤ 7,5.

Valor Limite de 1,0 mg/L N para 8,0 < pH ≤ 8,5.

Tabela 29 – Resultados de qualidade da água do rio Mogi. Ano 2009. (Adaptado de Cetesb, 2010)

Resultados dos parâmetros e indicadores de qualidade das águas									
Código do Ponto 00SP07283MOGI02800			Classe 02			Ano 2009			
UGRHI 07 - Baixada Santista									
Local - Rio Mogi - Ponte na Rodovia Piaçaguera-Guarujá, que liga Cubatão a Guarujá									
Parâmetros de Campo	Data	10/02/2009	22/04/2009	25/06/2009	20/08/2009	15/10/2009	14/12/2009		
	Hora	08h35	09h00	09h40	09h45	09h15	09h42		
	Coloração	Verde	Amarela	Verde	Verde	Vermelha	Amarela		
	Chuva nas últimas 24h	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim		
	Temp.da Água (°C)	25	21	18	21	21	20		
	Temp. do Ar (°C)	32	24	21	24	22	27		
Parâmetros Físico Químicos		Unidade	Padrão Conama						
Condutividade	µS/cm	-	-	207,00	125,00	151,00	181,00	138,00	134,00
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO5,20)	mg/L	máximo	5	<2	<2	4,00	<5	<5	* 7
Oxigênio Dissolvido (OD)	mg/L	mínimo	5	7,28	8,32	7,55	6,87	7,17	8,20
Potencial Hidrogeniônico (pH)	U.pH	entre	6,0 e 9,0	6,2	6,7	6,6	* 5,9	6,7	6,5
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	máximo	500	140	180	90	130	160	112
Sólidos Totais	mg/L	-	-	540,00	582,00	120,00	220,00	380,00	116,00
Turbidez	UNT	máximo	100	3,20	16,50	3,21	4,73	15,20	7,93
Alumínio Dissolvido	mg/L	máximo	0,1	< 0,1	* 0,12	< 0,1	* 0,16	* 0,28	* 0,36
Alumínio Total	mg/L	-	-	0,46	1,46	0,39	0,37	1,42	1,44
Arsênio Total	mg/L	máximo	0,01	< 0,002	< 0,002	-	-	< 0,002	< 0,002
Cádmio Total	mg/L	máximo	0,001	< 0,0001	< 0,001	< 0,001	0,0005	0,0002	0,0002
Chumbo Total	mg/L	máximo	0,01	0,006	< 0,01	< 0,01	0,003	< 0,002	< 0,002
Cloreto Total	mg/L	máximo	250	4	5,42	7	22	10	7
Cobre Dissolvido	mg/L	máximo	0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009
Cobre Total	mg/L	-	-	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Fenóis Totais	mg/L	máximo	0,003	< 0,003	i < 0,01	i < 0,01	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Ferro Dissolvido	mg/L	máximo	0,3	0,28	< 0,1	0,18	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Ferro Total	mg/L	máximo	-	0,65	1,3	0,49	0,63	1,37	1,17
Fluoreto Total	mg/L	máximo	-	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,61
Fósforo Total	mg/L	máximo	0,1	* 1,1	* 0,24	* 0,33	* 0,66	* 0,36	* 0,34
Manganês Total	mg/L	máximo	0,1	* 0,35	* 0,45	* 0,54	* 0,53	* 0,31	* 0,32
Mercuríuo Total	mg/L	máximo	0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002
Nitrogênio Amoniactal	mg/L	máximo	3,7	* 9,09	1,61	1,99	* 4,53	1,64	* 3,71
Nitrogênio Nitrato	mg/L	máximo	10	7,76	3,57	4,8	4,75	3,97	4,24
Nitrogênio Nitrito	mg/L	máximo	1	0,19	0,04	0,03	0,04	0,01	0,202
Níquel Total	mg/L	máximo	0,025	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Sulfato Total	mg/L	máximo	250	30,6	24,8	15,2	39,5	35	23,8
Zinco	mg/L	máximo	0,18	0,04	* 0,32	0,03	< 0,02	0,04	< 0,02

Legenda: (*) Não atendimento aos padrões de qualidade da Resolução CONAMA 357/05

(i) Conformidade indefinida quanto ao limite da classe, devido à análise laboratorial não ter atingido os limites pela legislação vigente.

Nitrogênio amoniacal (em função da variação do pH):

Valor Limite de 0,5 mg/L N para pH > 8,5

Valor Limite de 2,0 mg/L N para 7,5 < pH ≤ 8,0

Valor Limite de 3,7 mg/L N para pH ≤ 7,5.

Valor Limite de 1,0 mg/L N para 8,0 < pH ≤ 8,5.

Tabela 30– Resultados de qualidade da água do rio Cubatão. Ano 2009. (Adaptado de Cetesb, 2010)

Código do Ponto 00SP07283CUBA03900				Classe 03		Ano 2009			
UGRHI 07 - Baixada Santista									
Local - Rio Cubatão - Ponte da estrada de ferro Santos-Jundiá, cerca de 1,5 Km a jusante da confluência com o Perequê									
Informações de Campo		Data		10/02/2009	22/04/2009	25/06/2009	20/08/2009	15/10/2009	14/12/2009
		Hora		07h00	08h30	08h15	08h30	08h20	08h20
		Coloração		Verde	Amarela	Verde	Verde	Amarela	Verde
		Chuva nas últimas 24h		Não	Sim	Sim	Sim	Não	Sim
		Temp.da Água (°C)		24	22	20	21	21	23
		Temp. do Ar (°C)		28	23	21	24	22	24
Parâmetros Físico Químicos		Unidade	Padrão Conama						
Condutividade	µS/cm	-	-	209	1490	9580	4420	312	598
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO5,20)	mg/L	máximo	10	<2	4	4	<5	<5	9
Oxigênio Dissolvido (OD)	mg/L	mínimo	4	7,78	7,92	5,29	7,76	8,32	5,3
Potencial Hidrogeniônico (pH)	U.pH	entre	6,0 e 9,0	6,8	7,1	7,1	7	7,5	6,9
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	máximo	500	150	* 910	* 6240	* 2810	200	250
Sólidos Totais	mg/L	-	-	460	958	6540	2940	340	366
Turbidez	UNT	máximo	100	3,2	7,17	4,75	4,26	4,8	3,08
Alumínio Dissolvido	mg/L	máximo	0,2	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,16
Alumínio Total	mg/L	-	-	0,13	0,43	0,34	< 0,1	0,44	0,51
Arsênio Total	mg/L	máximo	0,01	< 0,002	< 0,002	-	-	< 0,002	< 0,002
Cádmio Total	mg/L	máximo	0,01	< 0,0001	< 0,0001	< 0,001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0003
Chumbo Total	mg/L	máximo	0,033	< 0,002	< 0,01	< 0,01	< 0,002	< 0,0001	< 0,002
Cloreto Total	mg/L	máximo	250	42,5	* 384	* 3100	* 1350	66	170
Cobre Dissolvido	mg/L	máximo	0,013	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009
Cobre Total	mg/L	-	-	< 0,01	< 0,01	0,02	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Fenóis Totais	mg/L	máximo	0,01	< 0,003	< 0,01	< 0,01	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Ferro Dissolvido	mg/L	máximo	5	< 0,1	0,11	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Ferro Total	mg/L	-	-	0,31	0,59	0,43	0,17	0,42	0,4
Fósforo Total	mg/L	máximo	0,15	0,15	0,06	< 0,05	< 0,05	< 0,05	* 0,7
Fluoreto Total	mg/L	máximo	1,4	s/ dados	-	-	-	-	-
Manganês Total	mg/L	máximo	0,5	0,1	0,07	0,11	0,09	0,09	0,06
Mercurio Total	mg/L	máximo	0,002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	máximo	13,3	0,18	0,29	0,53	0,46	0,21	0,2
Nitrogênio Nitrato	mg/L	máximo	10	0,66	0,4	0,6	< 0,2	0,54	0,7
Nitrogênio Nitrito	mg/L	máximo	1	0,02	0,09	0,04	0,04	0,023	0,035
Níquel Total	mg/L	máximo	0,025	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Sulfato Total	mg/L	máximo	250	10	64,5	119	184	17,2	27,3
Zinco Total	mg/L	máximo	5	< 0,02	1,45	0,03	< 0,02	< 0,02	< 0,02

Legenda: (*) Não atendimento aos padrões de qualidade da Resolução CONAMA 357/05

(i) Conformidade indefinida quanto ao limite da classe, devido à análise laboratorial não ter atingido os limites pela legislação vigente.

Nitrogênio amoniacal (em função da variação do pH):

Valor Limite de 13,3 mg/L N para pH < 7,5

Valor Limite de 5,5 mg/L N para 7,5 < pH < 8,0

Valor Limite de 2,2 mg/L N para 8,0 < pH ≤ 8,5.

Valor Limite de 1,0 mg/L N para pH > 8,5.

Tabela 31– Resultados de qualidade da água do rio Piaçaguera. Ano 2010. (Adaptado de Cetesb, 2011)

Resultados dos parâmetros e indicadores de qualidade das águas										
Código do Ponto 00SP07283PIAC02700			Classe 02		Ano 2010					
UGRHI 07 - Baixada Santista										
Local Rio Piaçaguera - Ponte localizada na COSIPA, continuação da antiga Rua 3, Vila Parisi, 300m jusante Adubo Trevos										
Parâmetros de Campo		Data		23/02/2010	26/04/2010	24/06/2010	19/08/2010	14/10/2010	13/12/2010	
		Hora		10h00	08h40	09h00	09h40	09h30	08h38	
		Coloração		Marrom	Cinza	Cinza	Verde	Verde	Cinza	
		Chuva nas últimas 24h		Não	Sim	Sim	Não	Não	Sim	
		Temp.da Água (°C)		26,9	25	20	17	21	25	
		Temp. do Ar (°C)		38	27	22	20	24	28	
Parâmetros Físico Químicos		Unidade	Padrão Conama							
Alcalinidade Total		mg/L	-	-	< 2	29,5	87,7	37,3	27,1	19,1
Condutividade		µS/cm	-	-	1150	796	1300	830	738	1000
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO5,20)		mg/L	máximo	5	* 19	< 5	< 5	< 5	* 25	*9
Oxigênio Dissolvido (OD)		mg/L	mínimo	5	5,3	6,1	6,8	6,08	7,2	5
Potencial Hidrogeniônico (pH)		U.pH	entre	6,0 e 9,0	* 3	8,9	7,1	8,2	7,27	6,6
Sólidos Dissolvidos		mg/L	máximo	500	* 660	* 622	* 1190	* 552	* 642	* 704
Sólidos Totais		mg/L	-	-	1040	754	1230	654	676	808
Sólidos Voláteis		mg/L	-	-	<50	62	230	260	70	120
Turbidez		UNT	máximo	100	6,12	53,3	22,7	5	7,74	5,58
Alumínio Dissolvido		mg/L	máximo	0,1	* 1,75	< 0,03	< 0,1	* 0,11	* 0,28	< 0,03
Alumínio Total		mg/L	-	-	1,75	0,8	1,72	0,44	0,87	< 0,03
Arsênio Total		mg/L	máximo	0,01	i < 0,03	i < 0,03	0,007	< 0,002	0,01	i < 0,03
Cádmio Total		mg/L	máximo	0,001	0,0009	* 0,0011	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0007
Chumbo Total		mg/L	máximo	0,01	< 0,005	0,006	< 0,002	< 0,002	0,003	< 0,005
Cloreto Total		mg/L	máximo	250	30	16,9	69,7	67,5	27	12,8
Cobre Dissolvido		mg/L	máximo	0,009	* 0,066	< 0,004	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,004
Cobre Total		mg/L	-	-	0,053	0,004	< 0,01	< 0,01	0,01	< 0,004
Fenóis Totais		mg/L	máximo	0,003	< 0,003	* 0,005	* 0,005	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Ferro Dissolvido		mg/L	máximo	0,3	* 0,353	0,002	< 0,1	< 0,1	0,16	0,01
Ferro Total		mg/L	-	-	3,323	0,934	2,3	0,66	1,13	0,205
Fósforo Total		mg/L	máximo	0,1	* 4,1	* 2,8	-	-	* 6,84	< 0,01
Fluoreto Total		mg/L	máximo	1,4	* 2,99	* 2,46	-	-	-	-
Manganês Total		mg/L	máximo	0,1	* 1,507	* 0,789	* 0,73	* 0,73	* 0,82	< 0,0002
Mercúrio Total		mg/L	máximo	0,0002	< 0,0001	* 0,0003	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	0,0001
Nitrogênio Amoniacal		mg/L	máximo	0,5	-	* 1,55	-	-	-	-
Nitrogênio Amoniacal		mg/L	máximo	1	-	-	-	* 9,5	-	-
Nitrogênio Amoniacal		mg/L	máximo	3,7	1,26	-	3,34	-	1,6	3,4
Nitrogênio Kjeldahl		mg/L	-	-	3,94	1,55	3,53	12,6	1,6	3,5
Nitrogênio Nitrato		mg/L	máximo	10	1,85	1,93	3,77	8,11	2,53	3,9
Nitrogênio Nitrito		mg/L	máximo	1	0,027	0,053	0,045	0,225	0,097	0,11
Níquel Total		mg/L	máximo	0,025	* 0,041	0,017	* 0,04	< 0,02	* 0,03	0,012
Sulfato Total		mg/L	máximo	250	50,2	* 311	* 494	* 268	* 282	* 338
Zinco Total		mg/L	máximo	0,18	0,1012	0,0324	0,04	< 0,02	0,05	< 0,0005

Legenda: (*) Não atendimento aos padrões de qualidade da Resolução CONAMA 357/05

(i) Conformidade indefinida quanto ao limite da classe, devido à análise laboratorial não ter atingido os limites pela legislação vigente.

Nitrogênio amoniacal (em função da variação do pH):

Valor Limite de 0,5 mg/L N para pH > 8,5

Valor Limite de 2,0 mg/L N para 7,5 < pH ≤ 8,0

Valor Limite de 3,7 mg/L N para pH ≤ 7,5.

Valor Limite de 1,0 mg/L N para 8,0 < pH ≤ 8,5.

Tabela 32 – Resultados de qualidade da água do rio Mogi. Ano 2010. (Adaptado de Cetesb, 2011)

Resultados dos parâmetros e indicadores de qualidade das águas										
Código do Ponto 00SP07283MOGI02800			Classe 02		Ano 2010					
UGRHI 07 - Baixada Santista										
Local - Rio Mogi - Ponte na Rodovia Piaçaguera-Guarujá, que liga Cubatão a Guarujá										
Parâmetros de Campo		Data	23/02/2010	26/04/2010	24/06/2010	19/08/2010	14/10/2010	13/12/2010		
		Hora	10h25	09h35	09h15	10h00	09h50	09h20		
		Coloração	Marrom	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde		
		Chuva nas últimas 24h	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Sim		
		Temp.da Água (°C)	25,3	24	18	17	20	25		
		Temp. do Ar (°C)	37,5	28	22	21	24	29		
Parâmetros Físico Químicos		Unidade	Padrão Conama							
Alcalinidade Total		mg/L	-	-	2,84	12,00	<10	<10	<10	11,30
Condutividade		µS/cm	-	-	124	171	157	144	161	185
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO5,20)		mg/L	máximo	5	* 18	<5	<5	<5	* 31	* 8
Oxigênio Dissolvido (OD)		mg/L	mínimo	5	5,2	7,1	9,0	7,1	8,2	6,9
Potencial Hidrogeniônico		U.pH	entre	6,0 e 9,0	* 5,9	6,7	6,4	6,0	* 5,96	6,1
Sólidos Dissolvidos		mg/L	máximo	500	120	84	112	96	140	170
Sólidos Totais		mg/L	-	-	320	106	180	142	234	180
Sólidos Voláteis		mg/L	-	-	220	<50	124	<50	<50	112
Turbidez		UNT	máximo	100	13,70	5,18	3,35	1,20	2,16	8,98
Alumínio Dissolvido		mg/L	máximo	0,1	* 0,11	0,04	* 0,21	* 0,29	* 0,38	< 0,03
Alumínio Total		mg/L	-	-	0,6	0,5	0,39	0,54	0,82	0,59
Arsênio Total		mg/L	máximo	0,01	i < 0,03	i < 0,03	i < 0,002	i < 0,002	i < 0,002	i < 0,03
Cádmio Total		mg/L	máximo	0,001	< 0,0007	< 0,0007	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0007
Chumbo Total		mg/L	máximo	0,01	< 0,005	< 0,005	< 0,002	< 0,002	0,003	< 0,005
Cloreto Total		mg/L	máximo	250	7,5	5,14	8,82	8,5	6,15	5,69
Cobre Dissolvido		mg/L	máximo	0,009	< 0,004	< 0,004	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,004
Cobre Total		mg/L	-	-	< 0,004	< 0,004	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,004
Fenóis Totais		mg/L	máximo	0,003	< 0,003	< 0,003	* 0,005	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Ferro Dissolvido		mg/L	máximo	0,3	0,13	0,097	< 0,1	* 0,41	* 0,42	< 0,001
Ferro Total		mg/L	máximo	-	0,586	0,557	0,5	0,72	0,88	0,733
Fósforo Total		mg/L	máximo	0,1	* 1,11	* 0,5	* 0,66	* 0,53	* 0,38	0,06
Fluoreto Total		mg/L	máximo	1,4	< 0,5	1,36	-	-	-	-
Manganês Total		mg/L	máximo	0,1	* 0,2627	* 0,3324	* 0,47	* 0,44	* 0,57	* 0,3761
Mercúrio Total		mg/L	máximo	0,0002	< 0,0001	0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	0,0001
Nitrogênio Amoniacal		mg/L	máximo	3,7	1,47	* 5,86	2,11	1,67	3,1	* 4,6
Nitrogênio Kjeldahl		mg/L	-	-	8,07	7,58	2,14	3,38	2,6	4,3
Nitrogênio Nitrato		mg/L	máximo	10	3,6	6,55	4,23	4,94	4,95	5,1
Nitrogênio Nitrito		mg/L	máximo	1	0,015	0,118	0,092	0,016	0,018	0,059
Niquel Total		mg/L	máximo	0,025	0,005	< 0,002	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,006
Sulfato Total		mg/L	máximo	250	< 10	19	30,3	26,6	31	31
Zinco Total		mg/L	máximo	0,18	0,0066	0,035	0,05	< 0,02	0,07	< 0,0005

Legenda: (*) Não atendimento aos padrões de qualidade da Resolução CONAMA 357/05

(i) Conformidade indefinida quanto ao limite da classe, devido à análise laboratorial não ter atingido os limites pela legislação vigente.

Nitrogênio amoniacal (em função da variação do pH):

Valor Limite de 0,5 mg/L N para pH > 8,5

Valor Limite de 2,0 mg/L N para 7,5 < pH ≤ 8,0

Valor Limite de 3,7 mg/L N para pH ≤ 7,5.

Valor Limite de 1,0 mg/L N para 8,0 < pH ≤ 8,5.

Tabela 33 – Resultados de qualidade da água do rio Cubatão. Ano 2010. (Adaptado de Cetesb, 2011)

Resultados dos parâmetros e indicadores de qualidade das águas										
Código do Ponto 00SP07283CUBA03900			Classe 03			Ano 2010				
UGRHI 07 - Baixada Santista										
Local - Rio Cubatão - Ponte da estrada de ferro Santos-Jundiá, cerca de 1,5 Km a jusante da confluência com o Perequê										
Parâmetros de Campo	Data	23/02/2010	26/04/2010	24/06/2010	19/08/2010	14/10/2010	13/12/2010			
	Hora	08h40	07h50	08h15	09h00	08h15	07h30			
	Coloração	Marrom	Cinza	Verde	Transparente	Verde	Verde			
	Chuva nas últimas 24h	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Sim			
	Temp.da Água (°C)	27,1	23	18	17	19	25			
	Temp. do Ar (°C)	30	25	20	20	24	28			
Parâmetros Físico Químicos		Unidade	Padrão Conama							
Alcalinidade Total		mg/L	-	-	35,4	27,3	22,8	27	25,9	28,4
Condutividade		µS/cm	-	-	258	202	868	504	247	224
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO5,20)		mg/L	máximo	10	* 24	< 5	< 5	< 5	* 22	9
Oxigênio Dissolvido (OD)		mg/L	mínimo	4	13,2	8,2	8,3	6,12	9,6	6,5
Potencial Hidrogeniônico		U.pH	entre	6,0 e 9,0	6,9	7,1	7	7,1	7,55	7
Sólidos Dissolvidos		mg/L	máximo	500	100	118	* 530	262	174	114
Sólidos Totais		mg/L	-	-	290	144	554	294	188	160
Sólidos Voláteis		mg/L	-	-	150	< 50	136	56	< 50	<50
Turbidez		UNT	máximo	100	7,15	4,21	4,67	0,357	3,71	5,91
Alumínio Dissolvido		mg/L	máximo	0,2	< 0,03	< 0,03	< 0,1	< 0,1	0,15	< 0,03
Alumínio Total		mg/L	-	-	0,08	0,12	0,3	0,2	0,26	0,11
Arsênio Total		mg/L	máximo	0,033	< 0,03	< 0,03	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,03
Cádmio Total		mg/L	máximo	0,01	< 0,0007	< 0,0007	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0007
Chumbo Total		mg/L	máximo	0,033	< 0,005	< 0,005	< 0,002	< 0,002	0,003	0,01
Cloreto Total		mg/L	máximo	250	47,4	35,5	* 253	* 262	42,6	38,6
Cobre Dissolvido		mg/L	máximo	0,013	< 0,004	< 0,004	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,004
Cobre Total		mg/L	-	-	< 0,004	< 0,004	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,004
Fenóis Totais		mg/L	máximo	0,01	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Ferro Dissolvido		mg/L	máximo	5	0,008	0,019	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,001
Ferro Total		mg/L	-	-	0,311	0,221	0,44	0,27	0,3	0,151
Fluoreto Total		mg/L	máximo	1,4	-	-	-	-	-	-
Fósforo Total		mg/L	máximo	0,15	0,09	< 0,05	0,11	0,04	0,04	0,03
Manganês Total		mg/L	máximo	0,5	0,0989	0,0702	0,07	0,07	0,07	< 0,0002
Mercúrio Total		mg/L	máximo	0,002	< 0,0001	0,0003	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0001
Nitrogênio Amoniacal		mg/L	máximo	13,3	0,29	0,16	0,27	1,72	-	< 1
Nitrogênio Amoniacal		mg/L	máximo	5,6	-	-	-	-	< 1	-
Nitrogênio Kjeldahl		mg/L	-	-	1,28	1,07	0,69	1,89	< 1	< 1
Nitrogênio Nitrato		mg/L	máximo	10	0,4	0,43	0,59	0,54	0,43	< 0,2
Nitrogênio Nitrito		mg/L	máximo	1	0,031	0,024	0,079	0,023	0,012	0,01
Níquel Total		mg/L	máximo	0,025	0,002	< 0,002	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,002
Sulfato Total		mg/L	máximo	250	< 10	< 10	39,4	27,7	< 10	<10
Zinco Total		mg/L	máximo	5	0,0123	0,0111	0,03	< 0,02	0,02	< 0,0005

Nitrogênio amoniacal (em função da variação do pH):

Valor Limite de 13,3 mg/L N para pH < 7,5

Valor Limite de 5,5 mg/L N para 7,5 < pH < 8,0

Valor Limite de 2,2 mg/L N para 8,0 < pH ≤ 8,5.

Valor Limite de 1,0 mg/L N para pH > 8,5.