

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E RECURSOS NATURAIS**

**USOS MÚLTIPLOS E QUALIDADE DAS ÁGUAS DA BACIA DO BAIXO ITAJAÍ-AÇU-  
SC: ELEMENTOS PARA UM GERENCIAMENTO INTEGRADO**

**LEONARDO RUBI RÖRIG**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Ciências (Ciências Biológicas), área de concentração: Ecologia e Recursos Naturais.

**SÃO CARLOS – SP**

**2005**

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da  
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

R787um

Rörig, Leonardo Rubi.

Usos múltiplos e qualidade das águas da Bacia do Baixo Itajaí-Açu-SC: elementos para um gerenciamento integrado / Leonardo Rubi Rörig. -- São Carlos : UFSCar, 2005.  
295 p.

Dissertação (Doutorado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2005.

1. Limnologia. 2. Recursos hídricos. 3. Gestão ambiental.  
4. Solo - usos. 5. Poluição hídrica I. Título.

CDD: 574.52632 (20<sup>a</sup>)

## AGRADECIMENTOS

Antes de tudo agradeço à minha mulher, Maribel, companheira de todos os momentos e sentimentos dessa e de todas as demais jornadas de minha vida desde que a conheci. Contigo tudo vale a pena...

Ao meu orientador Dr. José Galizia Tundisi, por sua compreensão, sua simpatia incansável, por compartilhar sua sabedoria, pelas conversas inspiradoras... Sinto-me privilegiado por tê-lo como orientador e amigo.

Ao meu grande amigo e parceiro nos trabalhos pela Bacia do Itajaí, Jurandir Pereira Filho, por todo o apoio, pelas idéias, pelos debates... Você é co-autor desse esforço.

Ao Sandro Urban, amigo de todas as horas, por sua ajuda em todas as fases desse trabalho, pelo incentivo, bom humor, confiança. Você é um cara especial!

Ao polaco Claudemir Radetski, por seu estímulo, suas críticas sempre construtivas, suas dicas ao trabalho e sua amizade sincera e valiosa.

Ao grande Guto Schettini, que primeiro “domou pelas crinas” esse rio e cujos trabalhos pioneiros possibilitaram esse e sustentarão muitos outros ainda.

Ao genial Marcus Adonai, por seu apoio incansável e competente. É um prazer e um orgulho tê-lo como colega e amigo.

Ao Rafael Sperb, pelos ensinamentos em sistemas de informação, pela disponibilização de infraestrutura, pelas dicas, pelo apoio moral e amizade.

À Hélia Farias Espinoza, pelo fundamental trabalho de delimitação da área de estudo e pela estruturação do SIG utilizado.

Ao Rodrigo Sperb, pela competência, prestatividade e profissionalismo nos trabalhos de SIG.

Ao João Thadeu Menezes e ao Gláucio Vintém, ex-alunos que se transformaram em professores de seu ex-professor. Obrigado pelo apoio prestativo e eficiente.

Ao sempre prestativo e necessário Valdenir Ines, comandante das embarcações e solucionador de problemas em atividades de campo e improvisações metodológicas.

Ao Marquinhos (Marcos Paulo Berribilli) que conduziu incansavelmente e com competência os trabalhos de campo desse projeto.

À todo o pessoal atencioso e simpático do Instituto Internacional de Ecologia de São Carlos, pelo apoio logístico e carinho com que sempre me receberam.

Ao Sergey Araújo, pelos dados e dicas meteorológicas.

A EPAGRI, em especial ao Dr. José Alberto Noldin, pelas informações agrícolas da bacia do Itajaí, e a Sra. Vera Lúcia da Silva pelos dados meteorológicos.

À FATMA e à GTZ pela cessão de uso dos equipamentos (AOX e Lumistox), especialmente nas pessoas do Dr. Joachim Knie e da Bióloga Ester Lopes.

Ao professor Dr. José Eduardo dos Santos por sua compreensão e competência como mestre e coordenador do PPGERN-UFSCar.

Ao apoio moral, científico, logístico e “humorístico” dos demais colegas e amigos queridos do CTTMar – UNIVALI: André Lima, Marcus Pessatti, Tito César, Maria Inês, Charrid Resgalla Jr., Fernando Diehl, Marcus Polete, Marcelo Máximo, Thais Simas, Antonio Beaumord, Paulo Ricardo Pezzuto, Simone Rabelo Cunha, Humber Agrelli de Andrade, Angel Perez, Eliane Truccolo Schettini, Eduardo Siegle, Cláudia Omachi, Nils Asp, Paulo Ricardo Schwingel, André Barreto, Thammy Barreto, Laura Weber, Moisés Conceição, José Gustavo Natorf, Antonio Klein. Vocês são minha Grande Família!

Aos meus queridos e inesquecíveis estagiários, que participaram com dedicação de diversas fases desse trabalho: César Stramosk, Rodrigo Macedo, Lizandra Teixeira, Marcos Bitencourt, Leila Baganha Rabelo, Iracema Souza Oliveira, Muriel Deon do Amaral e Ana Carolina Eccel.

Ao funcionário João Augusto da Silva Affonso do PPGERN-UFSCar, por sua dedicação, esforço e competência nas tratativas logísticas e burocráticas.

A Dra. Odete Rocha (PPGERN-UFSCar) e Dr. Donato Abe (IIE) pela participação e auxílios nas atividades de qualificação ao doutorado.

Aos doutores: Luiz Martinelli (CENA – USP), Odete Rocha (PPGERN – UFSCAR) e Takako Matsumura-Tundisi pelas valiosas sugestões, contribuições, correções e todo o apoio que deram por ocasião da avaliação desse trabalho.

A minha irmã Catarina Alexandra Rörig, que sutilmente orientou minha inclinação para a ciência e que sempre me apoiou de todas as formas para que eu fosse alguém através do estudo da natureza.

Aos meus pais, Carmen e Osmar, que não se contentaram apenas em me botar no mundo, mas me ensinaram a respeitar a natureza e as pessoas e a ter prazer em trabalhar e aprender.

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS: .....	vii
LISTA DE FIGURAS: .....	x
LISTA DE ANEXOS: .....	xiv
LISTA DE ABREVIACÕES E ANGLICISMOS:.....	xv
RESUMO .....	1
ABSTRACT .....	2
1. INTRODUÇÃO.....	3
1.1. Contextualização: a necessidade de um gerenciamento integrado de recursos hídricos .....	3
1.2. Objetivos do trabalho .....	9
1.2.1. Perguntas de pesquisa.....	9
1.2.2. Objetivos.....	10
1.2.2.1. Objetivo Geral: .....	10
1.5.2.2. Objetivos Especficos: .....	10
2. REVISO BIBLIOGRÁFICA .....	11
2.2. Ecossistemas fluviais e estuarinos.....	11
2.2.1. O conceito do <i>continuum</i> fluvial .....	11
2.2.2. Dinâmica da matéria orgânica e dos nutrientes inorgânicos dissolvidos .....	16
2.2.3. Alterações antropogênicas na ecologia e qualidade da água dos rios .....	21
2.3. Avaliação da qualidade de recursos hídricos.....	29
2.4. A Bacia do rio Itajaí .....	37
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	48
3.1. rea de Estudo .....	48
3.2. Estações Amostrais.....	50
3.3. Análises Espaciais .....	54
3.3.1. Preparo da Base Cartográfica e Delimitação da área de Estudo .....	54
3.3.2. reas de Contribuição por Estação Amostrai.....	55
3.3.3. Uso da Terra .....	55
3.3.4. Estresse populacional das áreas de contribuição .....	58
3.3.5. Estimativa da carga poluidora pela contribuição <i>per capita</i> (QPC).....	58
3.3.6. Estimativa da carga poluidora pelo escoamento superficial ( <i>runoff</i> ) .....	59
3.3.7. Usurios da água e Fontes Poluidoras.....	64
3.4. Amostragem .....	66
3.4.1. Estações ordinárias nos rios Itajaí-u, Itajaí-Mirim e Ponto Branco .....	66
3.4.2. Sedimentos .....	67
3.4.3. Fontes Poluidoras .....	68
3.5. Variáveis Meteorológicas (precipitação pluviométrica diária e temperatura média diária do ar).....	70
3.6. Descarga líquida do rio (vazão).....	70
3.7. Variáveis físico-químicas .....	71
3.7.1. Material Particulado em Suspensão.....	71
3.7.2. Turbidez, condutividade, salinidade, pH, oxigênio dissolvido e temperatura da gua.....	71
3.8. Variáveis Químicas .....	71
3.8.1. Nutrientes Inorgânicos Dissolvidos (NID).....	71

3.8.2. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO <sub>5</sub> ) .....	72
3.8.3. Surfactantes aniônicos .....	72
3.8.4. Demanda Química de Oxigênio (DQO) .....	72
3.8.5. Compostos organo-halogenados adsorvíveis (AOX) .....	73
3.8.6. Metais .....	74
3.8.7. Clorofila-a .....	74
3.9. Variáveis Biológicas .....	75
3.9.1. Coliformes fecais (colimetria) .....	75
3.9.2. Bactérias totais e picoplâncton fototrófico .....	75
3.10. Variáveis ecotoxicológicas .....	77
3.11. Variáveis físicas e químicas dos sedimentos .....	80
3.12. Índice de Qualidade de Água (IQA) .....	81
3.13. Fator de incremento .....	83
3.14. Comparações entre cargas aportadas e cargas estimadas .....	84
3.15. Análises estatísticas .....	85
4. RESULTADOS .....	88
4.1. Análises Espaciais .....	88
4.1.1. Uso da Terra .....	88
4.1.2. Déficit de Mata Ciliar .....	91
4.1.3. Estresse Populacional .....	93
4.1.4. Estimativa da carga poluidora pela contribuição <i>per capita</i> (QPC) .....	94
4.1.5. Estimativa da carga poluidora pelo escoamento superficial ( <i>runoff</i> ) .....	97
4.1.6. Usuários de Água .....	100
4.1.7. Fontes Poluidoras .....	102
4.2. Variáveis meteorológicas .....	103
4.2.1. Precipitação pluviométrica .....	103
4.2.2. Temperatura média diária do ar .....	104
4.3. Descarga líquida do rio (vazão) .....	106
4.4. Variáveis qualitativas da água referentes às estações ordinárias de amostragem (#0 - #9) .....	107
4.4.1. Variáveis físico-químicas .....	107
4.4.1.1. Material particulado em suspensão .....	107
4.4.1.2. Turbidez .....	109
4.4.1.3. Condutividade .....	110
4.4.1.4. Salinidade .....	112
4.4.1.5. pH .....	113
4.4.1.6. Oxigênio dissolvido .....	114
4.4.1.7. Temperatura da água .....	115
4.4.2. Variáveis químicas .....	116
4.4.2.1. Nutrientes inorgânicos dissolvidos .....	116
4.4.2.2. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO <sub>5</sub> ) .....	123
4.4.2.3. Surfactantes aniônicos .....	124
4.4.2.4. Compostos organo-halogenados adsorvíveis (AOX) .....	126
4.4.2.5. Metais (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb e Zn) .....	127
4.4.2.6. Clorofila-a .....	129
4.4.3. Variáveis biológicas (coliformes fecais, bactérias totais e picoplâncton fototrófico) .....	131

4.4.4. Variáveis ecotoxicológicas.....	134
4.5. Variáveis físicas e químicas dos sedimentos.....	137
4.6. Características físico-químicas, químicas e ecotoxicológicas das fontes poluidoras.....	140
4.7. Índice de Qualidade da Água (IQA).....	150
4.8. Fator de incremento.....	153
4.9. Cargas aportadas vs. cargas estimadas.....	157
4.10. Análises multivariadas.....	161
5. DISCUSSÃO.....	166
5.1. Análise crítica dos padrões de uso da terra.....	166
5.2. Avaliação integrada da qualidade das águas.....	176
5.2.1. O rio Itajaí-Açu e a Resolução CONAMA nº 357/2005.....	176
5.2.2. Análises de Componentes Principais.....	186
5.2.3. Fator de incremento.....	197
5.2.4. O rio Itajaí-Açu comparado com outros rios.....	202
5.2.5. O risco das fontes poluidoras.....	212
5.3. Dinâmica dos nutrientes e de outros elementos.....	218
6. CONCLUSÕES.....	231
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES.....	238
8. LITERATURA CITADA.....	244
9. ANEXOS.....	262

## LISTA DE TABELAS:

Tabela 1. Informações sócio-econômicas dos municípios da Bacia do Rio Itajaí e do Estado de Santa Catarina. Fontes: IBGE (2004), ICEPA (2005), PNUD (2003). .....	38
Tabela 2. Características meteorológicas da Bacia do Rio Itajaí. Fonte: Atlas de Santa Catarina (SANTA CATARINA, 1986). .....	42
Tabela 3. Estimativas médias de concentrações de diferentes poluentes em esgotos domésticos brutos, águas de escoamento superficial urbano ( <i>runoff</i> urbano) e águas de escoamento superficial rural ( <i>runoff</i> rural), baseadas em dados de órgãos regionais e dados da literatura. ....	63
Tabela 4. Resumo das amostragens realizadas mostrando as variáveis determinadas em cada esquema amostral, o intervalo amostral e detalhes de acondicionamento das amostras. ....	69
Tabela 5. Dados de sensibilidade dos organismos-teste utilizados nas avaliações ecotoxicológicas em relação a substâncias de referência. Convenções: CE <sub>50</sub> = concentração efetiva mediana; LI= limite inferior da CE <sub>50</sub> ; LS= limite superior da CE <sub>50</sub> ; CE <sub>20</sub> = concentração efetiva para efeito de 20%. ....	79
Tabela 6. Características gerais dos testes ecotoxicológicos realizados com as amostras de água superficial e de fontes poluidoras. ....	80
Tabela 7. Parâmetros utilizados no cálculo do Índice de Qualidade da Água (IQA), seus pesos relativos e equações ajustadas das curvas de variação da qualidade. ....	83
Tabela 8. Faixas de valores do Índice de Qualidade da Água (IQA) e sua respectiva classificação. ....	83
Tabela 9. Características do uso da terra na bacia do baixo rio Itajaí-Açu, apresentadas relativamente às áreas de contribuição de drenagem das estações amostrais (ACs) e em valores totais. <i>Obs.: os dados referentes à AC8 foram somados aos da AC9, pois não foram gerados dados totalizados para a AC8 (Sub-Bacia do Itajaí-Mirim).</i> .....	89
Tabela 10. Resultados da avaliação da presença e conformidade de matas ciliares nas diferentes áreas de contribuição (ACs). A <i>área legal</i> indica a área de mata ciliar que deveria existir segundo o Código Florestal Brasileiro e o DMC (déficit de mata ciliar) aponta o percentual que falta nas diferentes ACs. ....	92
Tabela 11. Parâmetros populacionais das áreas de contribuição (ACs) e valores de estresse populacional obtidos. ....	94
Tabela 12. Carga poluidora potencial relacionada à contribuição <i>per capita</i> (QPC) de esgotos para as diferentes áreas de contribuição das estações amostrais, para toda a área de estudo, para a área à montante da área de estudo e para a bacia como um todo. Dados obtidos do órgão regional que monitora esgotos (CASAN – Companhia Catarinense de Águas e Saneamento). Cargas poluidoras calculadas pelo produto entre a concentração média regional no esgoto bruto e o volume médio regional de esgoto bruto produzido (=150 L.dia.hab <sup>-1</sup> ) conforme von Sperling (1996). ....	96
Tabela 13. Parâmetros utilizados para o cálculo das cargas anuais de escoamento (L) para o ano de 2004, especificados para cada AC e para a Área de estudo como um todo. Convenções: <i>IaU= fração de superfície impermeável para áreas urbanas; IaR= fração de superfície impermeável para áreas rurais; RvU= coeficiente de escoamento para áreas urbanas; RvR= coeficiente de escoamento para áreas rurais; Ru= escoamento anual para as áreas urbanas estudadas; Rr= escoamento anual para as áreas rurais estudadas.</i> .....	98

Tabela 14. Cargas poluidoras anuais relacionadas ao escoamento urbano para as diferentes áreas de contribuição (ACs) e para a área de estudo total.....	99
Tabela 15. Cargas poluidoras anuais relacionadas ao escoamento rural para as diferentes áreas de contribuição (ACs) e para a área de estudo total.....	99
Tabela 16. Quantidade e classificação dos usuários de água mais significativos (consumo > 0,1 L.s <sup>-2</sup> ) nas diferentes áreas de contribuição (ACs) da área de estudo. Dados obtidos do cadastro de usuários da Fundação de Amparo à Tecnologia e Meio Ambiente de Santa Catarina (FATMA – SC).....	101
Tabela 17. Quantidade e tipologia das fontes poluidoras (entradas de fluxo) do curso principal do rio Itajaí-Açu entre as áreas de contribuição (AC) #3a e #9.....	103
Tabela 18. Percentuais de inibição da luminescência de <i>Vibrio fischeri</i> nos ensaios ecotoxicológicos (Lumistox) realizados com as amostras de água superficial da bacia do baixo Itajaí entre janeiro e dezembro de 2004. Obs.: a) Os valores referem-se às amostras brutas diluídas à 50%. b) Os valores em negrito e itálico destacam as inibições.....	135
Tabela 19. Percentuais de inibição do crescimento algal para <i>Pseudo-kirchneriella subcapitata</i> ou <i>Skeletonema costatum</i> nos ensaios ecotoxicológicos realizados com as amostras de água superficial da bacia do baixo Itajaí entre janeiro e dezembro de 2004. Obs.: a) Os valores referem-se às amostras brutas (100%) exceto onde há um número ao expoente (70, 80 ou 90), o qual representa o percentual de diluição da amostra bruta, realizado quando o organismo teste foi <i>S. costatum</i> . b) Os valores em negrito e itálico destacam as inibições.....	137
Tabela 20. Resultados dos ensaios ecotoxicológicos de inibição da luminescência de <i>Vibrio fischeri</i> com as amostras de fontes poluidoras selecionadas do rio Itajaí-Açu. Convenções: CENO= máxima concentração em que não se observou efeito; CE <sub>50</sub> = concentração efetiva mediana; LI e LS= limites inferior e superior da CE <sub>50</sub> ; CE <sub>20</sub> = concentração efetiva para 20% de efeito; FD <sub>vf</sub> = máximo fator de diluição que não gerou efeito tóxico significativo; MCT= máxima concentração testada; %IMCT= percentual de inibição da máxima concentração testada; INQ= indústrias químicas; ESG= esgotos domésticos; RCU= rios e córregos urbanos; INP indústrias de pescadao; RCR= rios e córregos rurais; NT= sem efeito tóxico detectado; NC= não calculável.....	147
Tabela 21. Resultados dos ensaios ecotoxicológicos de inibição da taxa de crescimento de <i>Skeletonema costatum</i> com as amostras de fontes poluidoras selecionadas do rio Itajaí-Açu. Convenções: CENO= máxima concentração em que não se observou efeito; CE <sub>50</sub> = concentração efetiva mediana; LI e LS= limites inferior e superior da CE <sub>50</sub> ; MCT= máxima concentração testada; %IMCT= percentual de inibição da máxima concentração testada; INQ= indústrias químicas; ESG= esgotos domésticos; RCU= rios e córregos urbanos; INP indústrias de pescadao; RCR= rios e córregos rurais; NT= sem efeito tóxico detectado.....	148
Tabela 22. Resultados dos ensaios ecotoxicológicos de inibição da motilidade em juvenis de <i>Daphnia magna</i> com as amostras de fontes poluidoras selecionadas do rio Itajaí-Açu. Convenções: CENO= máxima concentração em que não se observou efeito; CE <sub>50</sub> = concentração efetiva mediana; LI e LS= limites inferior e superior da CE <sub>50</sub> ; FD <sub>dm</sub> = máximo fator de diluição que não gerou efeito tóxico significativo; MCT= máxima concentração testada; %IMCT= percentual de inibição da máxima concentração testada; INQ= indústrias químicas; ESG= esgotos domésticos; RCU=	

rios e córregos urbanos; INP indústrias de pescado; RCR= rios e córregos rurais; NT= sem efeito tóxico detectado; NC= não calculável. ....	149
Tabela 23. Resultados dos cálculos estimativos de carga aportada (ECA) de diferentes elementos ou poluentes nas diferentes estações analisadas no baixo curso do rio Itajaí-Açu. <i>Obs.: valores médios a partir de cálculos baseados na concentração de cada constituinte multiplicada pela vazão em cada dia de amostragem.</i> .....	159
Tabela 24. Resultados dos cálculos de carga estimada de elementos ou poluentes a partir dos dados de escoamento e de QPC de esgotos (CSP) nas diferentes estações e áreas de contribuição (ACs) analisadas no baixo curso do rio Itajaí-Açu. ....	159
Tabela 25. Razões entre cargas aportadas e cargas estimadas de diferentes elementos ou poluentes (razões ECA : CSP) para as estações e áreas de contribuição (ACs) analisadas no baixo curso do rio Itajaí-Açu. ....	160
Tabela 26. Parâmetros e resultados do cálculo do Índice Relativo de Risco sobre a Qualidade da Água (IRQA) para as diferentes áreas de contribuição (ACs) em que se dispunham dados de uso da terra. <i>Convenções: %AU= percentual de área urbana; %AA= percentual de área agrícola; DMC= déficit de mata ciliar; EPR= estresse populacional relativo; W= peso da variável.</i> .....	175
Tabela 27. Valores de referência definidos pela Resolução CONAMA nº357/2005 para variáveis determinadas no presente estudo nas duas classes de água consideradas para a região do Baixo Itajaí-Açu.....	178
Tabela 28. Percentual de vezes em que as águas das diferentes estações amostrais apresentaram valores enquadrados nos limites prescritos por cada classe para as variáveis analisadas. <i>Obs.: pela Resolução CONAMA nº 357/2005, as estações #0, #1, #2, #3a, #5, #6 e #8 são de águas doces e preliminarmente enquadradas na Classe 2 – Águas Doces; e as estações #7 e #9 são de águas salobras, preliminarmente enquadradas na Classe 1 – Águas Salobras.</i> .....	179
Tabela 29. Substâncias organo-halogenadas que têm limites de concentração previstos na Resolução CONAMA nº 357/2005 e seus equivalentes em AOX (compostos organo-halogenados adsorvíveis).....	183
Tabela 30. Dados de concentração média ou típica de diferentes elementos ou poluentes para alguns rios ou bacias do mundo, comparados com dados obtidos para a bacia do baixo Itajaí-Açu no presente trabalho. Os valores são apresentados em intervalos extremos ou em médias globais obtidas em diferentes estudos.....	205
Tabela 31. Índices de qualidade de água (IQAs) médios para alguns rios do sudeste e sul do Brasil, comparados com o valor médio global obtido para o Baixo Itajaí-Açu. Dados obtidos em CETESB (2003, 2004) e Bendatti <i>et al.</i> (2003).....	211
Tabela 32. Importância relativa de cada processo de <i>entrada e saída</i> de materiais nos quatro tipos gerais de estações caracterizados no trecho estudado do baixo curso do rio Itajaí-Açu. <i>Convenções: AC= áreas de contribuição; #0 = estação/AC representativa do ponto branco; #U = estação/AC tipicamente urbana; #R = estação/AC tipicamente rural; #E = estação com influência estuarina; ● = pouco importante; ●● = razoavelmente importante; ●●● = importante; ●●●● = muito importante. Obs.: (a) os valores são relativos e ilustrativos, baseados em evidências obtidas nos dados do presente trabalho e em informações da literatura. (b) Os somatórios de entradas e saídas foram obtidos somando-se o número de pontos (●) atribuídos para cada estação típica em cada processo.</i> .....	230

## LISTA DE FIGURAS:

Figura 1. Localização da área de estudo e das estações amostrais na bacia do Baixo Itajaí-Açu. ....	49
Figura 2. Distribuição relativa das categorias de uso da terra para cada uma das áreas de contribuição (ACs) da área de estudo (Bacia do Baixo Itajaí-Açu). ....	90
Figura 3. Dados de pluviosidade acumulada para os 5 dias anteriores aos dias de amostragem entre outubro de 2003 e dezembro de 2004, a partir de dados das estações pluviométricas da EPAGRI em Indaial, Blumenau e Itajaí. ....	104
Figura 4. Variação da temperatura média diária do ar entre outubro de 2003 e dezembro de 2004, a partir de dados das estações meteorológicas da EPAGRI em Indaial, Blumenau e Itajaí. ....	105
Figura 5. Variação da descarga fluvial ( <i>vazão</i> ) do rio Itajaí-Açu medida na estação fluviométrica de Indaial. A) Dados diários; B) dados para os dias de coleta. A linha tracejada indica o valor médio histórico de $228 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . ....	106
Figura 6. Distribuição espacial (A) e temporal (B) das médias para material particulado em suspensão (MPS). As barras indicam o erro padrão da média. ....	108
Figura 7. Variação espacial (A) e temporal (B) das médias para turbidez. As barras indicam o erro padrão da média. ....	110
Figura 8. Variação espacial (A) e temporal (B) dos valores médios de condutividade para as estações sem influência da maré. As barras indicam o erro padrão da média. ....	111
Figura 9. Variação espacial (A) e temporal (B) dos valores médios de condutividade para as estações com influência da maré. As barras indicam o erro padrão da média. ....	112
Figura 10. Variação espacial (A) e temporal (B) dos valores médios de salinidade para as estações #7, #8 e #9, que apresentaram influência da maré. As barras indicam o erro padrão da média. ....	113
Figura 11. Variação espacial (A) e temporal (B) dos valores médios de pH. As barras indicam o erro padrão da média. ....	114
Figura 12. Variação espacial (A) e temporal (B) dos valores médios de oxigênio dissolvido. As barras indicam o erro padrão da média. ....	115
Figura 13. Variação espacial (A) e temporal (B) dos valores médios de temperatura da água. As barras indicam o erro padrão da média. ....	116
Figura 14. Valores médios de nutrientes nitrogenados dissolvidos para as diferentes estações amostrais. (A) Amônio ( $\text{N-NH}_4^+$ ); (B) nitrito ( $\text{N-NO}_2^-$ ); (C) nitrato ( $\text{N-NO}_3^-$ ) e (D) nutrientes inorgânicos nitrogenados dissolvidos totais (NIDT). As barras indicam o erro padrão da média. ....	118
Figura 15. Variação temporal das médias dos nutrientes nitrogenados entre outubro/2003 e dezembro/2004. (A) Amônio ( $\text{N-NH}_4^+$ ); (B) nitrito ( $\text{N-NO}_2^-$ ); (C) nitrato ( $\text{N-NO}_3^-$ ) e (D) nutrientes inorgânicos nitrogenados dissolvidos totais (NIDT). As barras indicam o erro padrão da média. ....	119
Figura 16. Variação espacial e temporal das médias de fosfato ( $\text{P-PO}_4^{3-}$ ). As barras indicam o erro padrão da média. ....	120
Figura 17. Variação espacial e temporal dos valores médios de razão N:P. As barras indicam o erro padrão da média. ....	121
Figura 18. Variação espacial (A) e temporal (B) das médias de silicato ( $\text{Si(OH)}_4$ ). As barras indicam o erro padrão da média. ....	123

Figura 19. Variação espacial (A) e temporal (B) dos valores médios de demanda bioquímica de oxigênio (DBO <sub>5</sub> ). As barras indicam o erro padrão da média. ....	124
Figura 20. Variação espacial (A) e temporal (B) dos valores médios de surfactantes aniônicos. As barras indicam o erro padrão da média. ....	125
Figura 21. Variação espacial (A) e temporal (B) dos valores médios de compostos organo-halogenados adsorvíveis (AOX). As barras indicam o erro padrão da média. ....	127
Figura 22. Distribuição espacial das concentrações médias dos metais. Cd= cádmio, Pb= chumbo, Cu= cobre, Cr= cromo, Fe= ferro, Zn= zinco. As barras indicam o erro padrão da média. ....	128
Figura 23. Distribuição temporal das concentrações médias dos metais. Cd= cádmio, Pb= chumbo, Cu= cobre, Cr= cromo, Fe= ferro, Zn= zinco. As barras indicam o erro padrão da média. ....	129
Figura 24. Variação espacial (A) e temporal (B) das concentrações médias de clorofila-a. As barras indicam o erro padrão da média. ....	130
Figura 25. Variação espacial (A) e temporal (B) das concentrações médias de coliformes fecais. As barras indicam o erro padrão da média. ....	131
Figura 26. Variação espacial (A) e temporal (B) das concentrações médias de células de bactérias totais. As barras indicam o erro padrão da média. ....	132
Figura 27. Variação espacial (A) e temporal (B) das concentrações médias de células de picoplâncton fototrófico. As barras indicam o erro padrão da média. ....	134
Figura 28. Características granulométricas dos sedimentos coletados junto às diferentes estações amostrais. ....	139
Figura 29. Percentuais de matéria orgânica e carbonatos nos sedimentos coletados junto às estações amostrais. ....	140
Figura 30. Características físico-químicas das fontes poluidoras selecionadas em valores médios. (A) pH; (B) condutividade; (C) turbidez; (D) oxigênio dissolvido e (E) temperatura. As barras indicam o erro padrão da média. <i>RCR= rios e córregos rurais; RCU= rios e córregos urbanos; ESG=esgotos domésticos; INP= efluentes de indústrias pesqueiras ou alimentícias; INQ= efluentes de indústrias químicas e similares.</i> ....	142
Figura 31. Concentrações médias de (A) surfactantes aniônicos; (B) demanda química de oxigênio (DQO) e (C) compostos organo-halogenados adsorvíveis (AOX) nas fontes poluidoras selecionadas. As barras indicam o erro padrão da média. <i>RCR= rios e córregos rurais; RCU= rios e córregos urbanos; ESG=esgotos domésticos; INP= efluentes de indústrias pesqueiras ou alimentícias; INQ= efluentes de indústrias químicas e similares.</i> ....	143
Figura 32. Concentrações médias de metais nas fontes poluidoras selecionadas. Cd= cádmio, Pb= chumbo, Cu= cobre, Cr= cromo, Fe= ferro, Zn= zinco. As barras indicam o erro padrão da média. <i>RCR= rios e córregos rurais; RCU= rios e córregos urbanos; ESG=esgotos domésticos; INP= efluentes de indústrias pesqueiras ou alimentícias; INQ= efluentes de indústrias químicas e similares.</i> ....	145
Figura 33. Toxicidade na forma de concentração efetiva mediana (CE <sub>50</sub> ) das amostras de fontes poluidoras a três organismos-teste ( <i>Vibrio fischeri</i> , <i>Skeletonema costatum</i> e <i>Daphnia magna</i> ). As barras indicam os limites superior e inferior da estimativa da CE <sub>50</sub> . Ausência de barras indica que esses limites não foram calculáveis. ....	150
Figura 34. Qualificação do índice de qualidade da água (IQA) para as estações analisadas em termos de número de ocorrências de cada classe. ....	151

- Figura 35. Distribuição espacial (A) e temporal (B) dos valores médios obtidos para Índice de Qualidade da Água (IQA). As barras indicam o erro padrão da média..... 152
- Figura 36. Fatores de incremento médios para os nutrientes inorgânicos dissolvidos em relação ao ponto branco (estação #0).  $N-NH_4^+$ = Amônio,  $N-NO_2^-$ = nitrito,  $N-NO_3^-$ = nitrato, NIDT= nutrientes nitrogenados dissolvidos totais,  $P-PO_4^{3-}$ = fosfato,  $Si(OH)_4$ = silicato. As barras indicam o erro padrão da média..... 154
- Figura 37. Fatores de incremento médios para metais em relação ao ponto branco (estação #0). Pb= Chumbo, Cu= cobre, Cr= cromo, Fe= ferro, Zn= zinco..... 155
- Figura 38. Fatores de incremento médios para (A) compostos organo-halogenados adsorvíveis (AOX); (B) demanda bioquímica de oxigênio ( $DBO_5$ ); (C) material particulado em suspensão (MPS) e (D) surfactantes aniônicos. As barras indicam o erro padrão da média. .... 156
- Figura 39. Fatores de incremento médios para (A) bactérias totais; (B) coliformes fecais; (C) picoplâncton fototrófico e (D) clorofila-a. As barras indicam o erro padrão da média. .... 157
- Figura 40. Representação esquemática das razões entre carga aportada e carga por contribuições superficiais (razão ECA : CSP) para as estações onde essas estimativas foram possíveis. Surf.= surfactantes; Cu=cobre; Pb= chumbo; Zn= zinco; MPS= material particulado em suspensão;  $DBO_5$ = demanda bioquímica de oxigênio;  $PO_4$ = fosfato; NIDT= nutrientes inorgânicos nitrogenados totais;  $NO_3$ = nitrato;  $NO_2$ = nitrito;  $NH_4$ = amônio. Obs.: as razões para coliformes fecais não foram graficadas por serem próximas de zero. .... 160
- Figura 41. Análise de componentes principais realizada com dados gerais (ACP-G) e envolvendo todas estações amostrais. OD= oxigênio dissolvido;  $PO_4$ = fosfato; Si= silicato; vazão= descarga líquida do rio; Turb= turbidez; MPS= material particulado em suspensão; Chuva= precipitação pluviométrica; Temp= temperatura da água; NIDT= nutrientes nitrogenados inorgânicos dissolvidos; Cla= clorofila-a; Sal= salinidade; Cond= condutividade. Os círculos e arco indicam grupos de variáveis relacionadas. .... 162
- Figura 42. Análises de componentes principais realizada com dados gerais (ACP-G) em separado para cada estação amostral. OD= oxigênio dissolvido;  $PO_4$ = fosfato; Si= silicato; vazão= descarga líquida do rio; Turb= turbidez; MPS= material particulado em suspensão; Chuva= precipitação pluviométrica; Temp= temperatura da água; NIDT= nutrientes nitrogenados inorgânicos dissolvidos; Cla= clorofila-a; Sal= salinidade; Cond= condutividade. .... 163
- Figura 43. Análise de componentes principais realizada com dados gerais mais dados de poluentes diversos (ACP-P) envolvendo todas as estações amostrais. OD= oxigênio dissolvido;  $PO_4$ = fosfato; Si= silicato; vazão= descarga líquida do rio; Turb= turbidez; MPS= material particulado em suspensão; Chuva= precipitação pluviométrica; Temp= temperatura da água; NIDT= nutrientes nitrogenados inorgânicos dissolvidos; Cla= clorofila-a; Sal= salinidade; Cond= condutividade; Surf= surfactantes; Pb= chumbo; AOX= compostos organo-halogenados adsorvíveis; Cu= cobre; Bactot= bactérias totais; Pico= picoplâncton fototrófico; Zn= zinco; Fe= ferro; CF=coliformes fecais. Os círculos indicam grupos de variáveis relacionadas. .... 164
- Figura 44. Análises de componentes principais realizadas com dados gerais mais dados de poluentes diversos (ACP-P) em separado para cada estação amostral. OD= oxigênio

*dissolvido; PO<sub>4</sub>= fosfato; Si= silicato; vazão= descarga líquida do rio; Turb= turbidez; MPS= material particulado em suspensão; Chuva= precipitação pluviométrica; Temp= temperatura da água; NIDT= nutrientes nitrogenados inorgânicos dissolvidos; Cla= clorofila-a; Sal= salinidade; Cond= condutividade; Surf= surfactantes; Pb= chumbo; AOX= compostos organo-halogenados adsorvíveis; Cu= cobre; Bactot= bactérias totais; Pico= picoplâncton fototrófico; Zn= zinco; Fe= ferro; CF=coliformes fecais. Os círculos indicam grupos de variáveis relacionadas.*

.....	165
Figura 45. Contextualização esquemática das quatro estações típicas (#0; #U; #R e #E) e respectivas áreas de contribuição (ACs) no trecho de rio estudado, com os diferentes processos de entrada e saída de materiais. Em cada estação/situação a importância relativa dos processos é diferente (vide texto e Tabela 32)......	229

## LISTA DE ANEXOS:

Anexo 1. Área de Contribuição da estação amostral #1.....	263
Anexo 2. Área de Contribuição da estação amostral #2.....	264
Anexo 3. Área de Contribuição da estação amostral #3a.....	265
Anexo 4. Área de Contribuição da estação amostral #5.....	266
Anexo 5. Área de Contribuição da estação amostral #6.....	267
Anexo 6. Área de Contribuição da estação amostral #7.....	268
Anexo 7. Área de Contribuição da estação amostral #9.....	269
Anexo 8. Dados brutos de precipitação pluviométrica (Pr. Pluv.), temperatura média diária do ar (Temp. média) e Descarga líquida do rio Itajaí-Açu.....	270
Anexo 9. Dados brutos de Material Particulado em Suspensão (MPS) e Turbidez.....	277
Anexo 10. Dados brutos de <i>Condutividade</i> e <i>Salinidade</i> .....	278
Anexo 11. Dados brutos de <i>pH</i> e <i>temperatura da água</i> .....	279
Anexo 12. Dados brutos de <i>oxigênio dissolvido</i> (mg.L <sup>-1</sup> e %)......	280
Anexo 13. Dados brutos de amônio (N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) e nitrito (N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ).....	281
Anexo 14. Dados brutos de nitrato (N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) e nutrientes nitrogenados inorgânicos dissolvidos totais (NIDT).....	282
Anexo 15. Dados brutos de fosfato (P-PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> ) e silicato (Si(OH) <sub>4</sub> ).....	283
Anexo 16. Dados brutos de <i>razão N:P</i> e <i>Clorofila-a</i> .....	284
Anexo 17. Dados brutos de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO <sub>5</sub> ) e Surfactantes Aniônicos.....	285
Anexo 18. Dados brutos de Compostos Organo-Halogenados Adsorvíveis (AOX) e Coliformes Fecais.....	286
Anexo 19. Dados brutos para os metais cádmio, chumbo e cobre.....	287
Anexo 20. Dados brutos para os metais cromo, ferro e zinco.....	288
Anexo 21. Dados brutos de Bactérias totais e Picoplâncton fototrófico.....	289
Anexo 22. Características gerais das fontes poluidoras. Cond= condutividade (μS.cm <sup>2</sup> ); Turb= turbidez (UNT); OD=oxigênio dissolvido (mg.L <sup>-1</sup> ); Temp= temperatura (°C); Sal= salinidade (‰); Surf= surfactantes (mg.L <sup>-1</sup> ); DQO (mg.L <sup>-1</sup> ); AOX (mg.L <sup>-1</sup> ); Cd= cádmio total (mg.L <sup>-1</sup> ); Pb= chumbo total (mg.L <sup>-1</sup> ); Cu= cobre total (mg.L <sup>-1</sup> ); Cr= cromo total (mg.L <sup>-1</sup> ); Fe= ferro total (mg.L <sup>-1</sup> ); Zn= zinco total (mg.L <sup>-1</sup> ).....	290
Anexo 23. Dados brutos para os índices de qualidade da água (IQA) para as diferentes variáveis, estações e datas. DBO <sub>5</sub> = demanda bioquímica de oxigênio; NID= nitrogênio inorgânico total; PO <sub>4</sub> = fosfato; OD%= percentual de saturação de oxigênio dissolvido; MPS= material particulado em suspensão; CF= coliformes fecais; Turb= turbidez..	292

## LISTA DE ABREVIACOES E ANGLICISMOS:

- %AA**= Percentual de área de Vegetação Rasteira, considerado como área agrícola.
- %AU**= Percentual de rea Urbanizada.
- %IMCT**= percentual de inibição da máxima concentração testada.
- AC**= rea de contribuição de drenagem.
- ACP**= análise de componentes principais.
- ACP-G**= Análise de componentes principais realizada com dados.
- ACP-P**= análise de componentes principais realizada com dados gerais mais dados de poluentes diversos.
- AEMC**= rea efetiva de mata ciliar.
- ALMC**= rea legal de mata ciliar, considerado o disposto no Código Florestal Brasileiro.
- AOX**: compostos organo-halogenados adsorvíveis.
- Buffer**: termo em inglês para designação, no caso desse trabalho, de uma área de amortecimento no entorno de um rio. Foi usado especificamente para referir a área de mata ciliar nas margens de rio.
- CE<sub>20</sub>**= concentração efetiva para efeito de 20%.
- CE<sub>50</sub>**= concentração efetiva mediana.
- CL<sub>50</sub>**= concentração letal mediana.
- CENO**= máxima concentração em que não se observou efeito tóxico.
- CONAMA**= Conselho Nacional do Meio Ambiente.
- CSP**= contribuição superficial e populacional de poluentes.
- CTTMAR**= Centro de Ciências Tecnológicas, da Terra e do Mar da Universidade do Vale do Itajaí.
- DBO<sub>5</sub>**= demanda bioquímica de oxigênio em 5 dias
- DMC**= Déficit de Mata Ciliar.
- DMC**= déficit legal de mata ciliar em percentual.
- DQO**= demanda química de oxigênio
- ECA**= estimativa de carga aportada de poluentes.
- EPR**= Estresse Populacional Relativo.
- ESG**= esgotos domésticos.
- FATMA**= Fundação de Amparo a Tecnologia e ao Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina.
- FD**= máximo fator de diluição que não gerou efeito tóxico significativo.
- FD<sub>vf</sub>**= máximo fator de diluição que não gerou efeito tóxico significativo.
- FI**= fator de incremento.
- IBGE**= Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
- ICMS**= Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços.
- IDH**= ndice de Desenvolvimento Humano.
- INP**= efluentes de indústrias pesqueiras ou alimentícias.
- INQ**= efluentes de indústrias químicas e similares.
- IQA**= ndice de qualidade de gua.
- IRQA**= ndice Relativo de Risco sobre a Qualidade da gua.
- LI**= limite inferior da CE<sub>50</sub>.
- LS**= limite superior da CE<sub>50</sub>.
- MCT**= máxima concentração testada.

**MDT**= modelo digital de elevação do terreno.  
**MO**: matéria orgânica.  
**MOD**: matéria orgânica dissolvida.  
**MOFP**: matéria orgânica finamente particulada.  
**MOGP**: matéria orgânica grosseiramente particulada.  
**MOP**: matéria orgânica particulada.  
**MPS**= material particulado em suspensão.  
**N:P**: razão molar entre nutrientes nitrogenados inorgânicos dissolvidos e fosfato.  
**NID**= nutrientes inorgânicos dissolvidos.  
**NIDT**= nutrientes nitrogenados inorgânicos totais.  
**N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>**: amônio.  
**N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>**: nitrito.  
**N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>**: nitrato  
**P/R**: razão entre produção e respiração da comunidade.  
**PCB**: policloro benzenos.  
**P-PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>**: fosfato.  
**QPC**= contribuição (quota) *per capita*.  
**RCR**= rios e córregos rurais.  
**RCU**= rios e córregos urbanos.  
**RGB**= red, green, blue – combinação de cores.  
**Runoff**: termo inglês para designação de drenagem ou escoamento superficial de águas, geralmente oriundas de chuva.  
**SEMASA**= Serviço Municipal de Água e Saneamento de Itajaí.  
**Si(OH)<sub>4</sub>**: silicato.  
**SIG**= sistema de informações geográficas.  
**SST**= sólidos suspensos totais.  
**UNIVALI**= Universidade do Vale do Itajaí.  
**UNT**= unidade nefelométrica de turbidez.

## RESUMO

A bacia hidrográfica do rio Itajaí-Açu – SC é caracterizada por moderado uso agrícola e urbanização em rápida expansão. O comprometimento dos recursos hídricos é visível, mas há carência de dados técnicos sistemáticos que qualifiquem seu grau de alteração e suportem tomadas de decisão e prognósticos. Este estudo teve como objetivo diagnosticar a qualidade das águas do baixo curso do rio Itajaí-Açu e determinar sua relação com os usos múltiplos da terra na bacia, gerando um panorama referencial para as atividades de gerenciamento integrado dos recursos hídricos. Três procedimentos foram executados: (a) a geração de cartas de uso da terra; (b) o monitoramento de variáveis químicas, biológicas e ecotoxicológicas da água e; (c) a caracterização preliminar dos sedimentos e fontes poluidoras. O uso da terra mostrou predominância da categoria mata/capoeirão (59%), seguida por pastagem e agricultura (27%) e urbanização (7%). A qualidade geral da água foi regular, com em média 90% de adequação aos parâmetros legais para pH, DBO<sub>5</sub>, metais pesados, nutrientes inorgânicos dissolvidos, surfactantes e coliformes fecais; e cerca de 70% de adequação para oxigênio dissolvido e turbidez. Os nutrientes e outros indicadores de poluição mostraram-se diretamente relacionados com a pluviosidade e descarga líquida do rio antes dos grandes centros urbanos e inversamente relacionados após a influência dos mesmos. Na área estuarina, processos físico-químicos induzidos pela salinidade marinha determinaram diminuição nas concentrações de P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> e de material particulado em suspensão na coluna de água. Em relação às fontes poluidoras, as indústrias químicas, esgotos domésticos e córregos urbanos foram as categorias que geraram maiores níveis de toxicidade. Numa abordagem ilustrativa, o balanço geral de nutrientes e outros materiais e a capacidade de autodepuração do rio mostrou quatro tendências distintas: (1) o caso do ponto branco, que sofre poucos impactos; (2) o caso das estações urbanas, com muitos impactos e uma capacidade limitada de neutralizar localmente os mesmos; (3) o caso das estações rurais, com impactos locais e de montante, mas que evidenciam a ocorrência de processos de autodepuração relativamente importantes e, por fim, (4) o caso das estações estuarinas urbanizadas, que recebem grande quantidade de impactos locais e de montante, mas apresentam condições consideráveis de autodepuração, representadas principalmente pela influência marinha.

## ABSTRACT

The Itajaí-Açu river watershed is characterized by moderate agricultural use and rapid urban development. The risks on freshwater resources are notorious, but there is a lack of systematic technical data to qualify the level of degradation and to support decisions and forecasting. The main purpose of the present study was to diagnose the water quality of the lower Itajaí-Açu river and determine its relationship with land use, generating background information to integrated water resources management activities. Three procedures were executed: (a) the generation of land use charts; (b) the monitoring of chemical, biological and ecotoxicological variables in water and, (c) the preliminary characterization of sediments and pollution sources. The land use showed the predominance of forests (59%), followed by pasture/agriculture (27%) and urban areas (7%). The general water quality was regular, with 90% of legal framing for pH, BOD<sub>5</sub>, heavy metals, inorganic dissolved nutrients, surfactants and faecal coliforms; and about 70% of legal framing to dissolved oxygen and turbidity. Nutrients and other pollution indicators were directly related to rainfall and river discharge before reaching large urban areas and inversely related after these areas. In the estuarine area, physical-chemical processes induced by marine salinity caused the P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> and suspended material to diminish in the water column. Regarding pollution sources; chemical industries, domestic wastewater and urban streams generated the highest toxicity levels. An illustrative approach regarding the budget of nutrients and other materials and the river self purification capability showed four distinct situations or trends: (1) the case of the benchmark station, subjected to only few impacts presenting self purification processes of little importance; (2) the case of urban stations, subjected to many impacts from its contributing area, having a limited capacity to locally neutralize it; (3) the case of rural stations, which receive impacts from the upper river and specific impacts from its contribution area, but show the occurrence of self purification processes and; (4) the case of the estuarine and urbanized stations which receive many impacts, but present considerable conditions of self purification due to the influence of marine processes.

## **1. INTRODUÇÃO**

### **1.1. Contextualização: a necessidade de um gerenciamento integrado de recursos hídricos**

Em todas as regiões do planeta, os recursos hídricos têm se deteriorado rapidamente em decorrência das atividades humanas nas bacias hidrográficas. Em contraposição, há uma necessidade crescente de água em quantidade e em qualidade adequadas para os diferentes requisitos que o desenvolvimento sócio-econômico exige.

O uso da terra pela civilização humana sempre requer uso ou interferência nos caudais e/ou características naturais dos recursos hídricos. Um exemplo clássico disso é a transformação gradativa de um ambiente natural em zona urbana. Com o processo de urbanização, ocorrem alterações nos ambientes, tais como o desmatamento, a impermeabilização do solo, os movimentos de terra (alterações na topografia), os aterramentos de áreas baixas ou alagadas e a veiculação de poluentes.

A poluição dos recursos hídricos decorrente das atividades urbanas compromete a qualidade e, por conseqüência, os usos da água, expondo populações humanas a doenças. A cada ano, mais de 2 bilhões de pessoas são afetadas por doenças de veiculação hídrica (WHO, 1992). Além disso, os riscos de saúde oriundos da contaminação da água com poluentes tóxicos industriais e agrícolas são também alarmantes.

Anteriores aos problemas com conseqüências diretas sobre o ser humano, mas inerentes a estes, estão os problemas ecológicos gerados pela ausência de critérios no uso da terra e da água. Os efeitos ambientais negativos mais drásticos das atividades humanas estão atrelados a equívocos históricos no uso da terra e no zoneamento das atividades, que por sua vez decorrem do não conhecimento dos processos ecológicos ocorrentes nas bacias

hidrográficas ou da falta de “disposição” em conhecê-los ou considerá-los (MEYBECK *et al.* 1989).

Esse panorama preocupante evidencia a necessidade de planejamento e coordenação na utilização dos recursos hídricos, a fim de compatibilizar os usos múltiplos com níveis sustentáveis de degradação (CORREIA, 2000).

Como conseqüência, nos últimos anos, as atividades de controle ambiental em rios têm tido um rápido incremento, particularmente em função da pressão de órgãos e programas nacionais e internacionais, capitaneadas principalmente pela regulamentação dos padrões de potabilidade da água da Organização Mundial da Saúde (OMS) de 1994 (MEYBECK, 1996). Além da OMS, outras organizações das Nações Unidas, órgãos federais de países desenvolvidos e o Banco Mundial já elaboraram estratégias relacionadas aos recursos hídricos. A maior parte delas fundamenta-se no aprendizado sobre equívocos cometidos nos países desenvolvidos e constam de programas de assistência a países subdesenvolvidos e em desenvolvimento (BANCO MUNDIAL, 1998).

No Brasil, os reflexos dessa conscientização internacional formalizaram-se em 1997, com a criação da Política Nacional de Recursos Hídricos. Esta política, que foi tema da Lei 9.433/97, introduziu novos conceitos e relações entre a sociedade e o meio ambiente.

Há três aspectos essenciais que fundamentam esta política. Primeiro, ela considera que a água é um recurso natural limitado, de domínio público e com valor econômico. Segundo, ela determina que o gerenciamento dos recursos hídricos deve sempre garantir uso múltiplo da água, mas, em situações de escassez, o uso prioritário é o consumo humano e a dessedentação de animais. Em terceiro lugar, ela estabelece que o gerenciamento dos recursos hídricos deve ser descentralizado e ter a participação do governo, usuários e comunidades, sendo a bacia hidrográfica considerada a unidade territorial para a

implementação da Política Nacional e para executar o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (CANALI, 2000).

Novas concepções ambientais foram então difundidas, entre elas, destaca-se o *gerenciamento integrado dos recursos hídricos*, que pode ser definido como o “conjunto de ações a desenvolver para garantir às populações e às atividades econômicas uma utilização otimizada da água, tanto em termos de quantidade como de qualidade” (MOTA, 1995). Esse gerenciamento deve ser conduzido segundo uma perspectiva global, considerando, por exemplo, a relação indissociável entre os aspectos de quantidade e qualidade de água e a percepção de que o uso da terra nas bacias hidrográficas determina a disponibilidade e qualidade da água dentro da mesma e nos sistemas adjacentes (BOHN & CORREA, 1999).

A aplicação do gerenciamento integrado orientará o planejamento territorial adequado e a conservação dos recursos hídricos, ainda que a bacia em questão esteja com um elevado nível de ocupação e de comprometimento. Nesse caso, novas diretrizes de ocupação e desenvolvimento serão formuladas, tendo sua eficiência auxiliada pela participação descentralizada de todos os segmentos envolvidos na problemática de uso da terra e da água na bacia (KELLMAN, 2000).

Para a elaboração de um plano de gerenciamento integrado de recursos hídricos, Straskraba & Tundisi (1999) apontaram os seguintes itens como mais importantes:

- Os problemas devem ser antevistos e suas soluções planejadas com antecedência.
- As decisões políticas devem estar sustentadas não em efeitos imediatos e temporários, mas em soluções definitivas.
- Os aspectos biogeofísicos, econômicos e sociais devem ser conjuntamente considerados.

- Os custos das atividades de gerenciamento devem ser considerados antes da definição das ações.
- Parcerias com a indústria, o comércio, as universidades e organizações locais são úteis para o conhecimento público da situação.
- Procedimentos de análise de impacto ambiental são ferramentas indispensáveis na definição de novos projetos ou mudança em características já existentes.
- Programas de monitorização voltados para os objetivos do projeto e acompanhados de avaliação criteriosa dos dados são importantes ferramentas de decisão.
- Técnicos na área de qualidade da água devem ser consultados para problemas imediatos e futuros, sendo os problemas de desenvolvimento sustentável avaliados sob a óptica da limnologia.
- A disponibilidade e qualidade da água podem limitar o desenvolvimento econômico, sendo essenciais os procedimentos que prevejam perdas futuras de água na bacia.
- Quantidade e qualidade da água são relacionadas. Diminuição na quantidade resulta em deterioração da qualidade, ou seja, mais problemas são esperados em períodos secos.
- A qualidade da água é amplamente determinada pelas atividades na bacia hidrográfica. Claramente, fontes pontuais de poluição de empresas são acompanhadas e às vezes excedidas em importância por fontes difusas.

Desses itens, os mesmos autores formulam questões-chave sob as quais um programa de gerenciamento deve balizar-se. Entre as informações requeridas, ressaltam-se: dados dimensionais da bacia e de sua estrutura hidrográfica, principais fontes de poluição, estrutura qualitativa e quantitativa do mosaico de biomas ou ecossistemas e áreas

artificializadas presentes, características estruturais dos solos e seu efeito na composição da água, usos predominantes da terra e seus efeitos em termos de erosão, transporte de material em suspensão e poluentes e contaminação das águas subterrâneas, cargas de nutrientes para os rios e reservatórios, presença de contaminantes nos sedimentos, taxa de aplicação de pesticidas, valores econômicos da bacia relacionados à produção, recreação e todos os outros usos, bancos de dados disponíveis (mapas, dados de qualidade, clima, imagens de satélite, problemas de saúde pública relacionados à água), legislação que regula os usos terra e da água na bacia, principais impactos ambientais na bacia, posição e distância das fontes de poluição em relação aos rios, áreas alagadiças e reservatórios, além de outros.

O gerenciamento de recursos hídricos tem sido a tal ponto levado a sério, que hoje é considerado pelo Banco Mundial e pelas Nações Unidas um item primordial de qualquer projeto de investimento ou assistência (BANCO MUNDIAL, 1998). Nesse sentido, o Banco Mundial é incisivo ao declarar que “(...) promoverá a criação e o fortalecimento de bancos de dados hidrológicos, hidrogeológicos, de qualidade da água e sobre o meio ambiente, relativos a águas superficiais e subterrâneas. Essas informações serão um elemento importante na estratégia nacional para os recursos hídricos de um país, e no plano de ações referentes ao meio ambiente”.

Uma avaliação criteriosa da qualidade e quantidade das águas de uma bacia, portanto, é uma necessidade fundamental para conhecer o nível de comprometimento dos recursos hídricos, quais as variáveis forçantes desse comprometimento e qual a relação qualitativa e quantitativa entre esses forçantes e os usos da terra e da água na bacia. Ou seja, é necessário que se saiba se há comprometimento da qualidade das águas e quais as suas causas, para assim elaborar novas condutas, novos procedimentos de gestão na bacia e

medidas mitigadoras e recuperadoras da qualidade para os diferentes usos (MUNASINGHE, 1992).

A execução de um gerenciamento integrado na bacia do rio Itajaí-Açu é de interesse estratégico. Trata-se da principal bacia do estado de Santa Catarina, onde se concentram os maiores pólos industriais e os maiores aglomerados populacionais, além de intensa atividade agrícola (SANTA CATARINA, 1997). Em razão disso, o nível de degradação da bacia é elevado, com poluição de origem industrial e doméstica, desmatamento, erosão, ocupação irregular, sendo também palco das mais arrasadoras enchentes do sul do país (SANTA CATARINA, 1997). Essa situação, aparentemente, é mais crítica no baixo curso do rio Itajaí-Açu, junto ao estuário, que abriga o segundo maior porto do sul do Brasil, além do maior porto pesqueiro do país. As águas fluviais fluem para a região costeira, onde há mais de 150 anos, desenvolve-se proeminente atividade pesqueira artesanal e, mais recentemente, atividades de maricultura (principalmente mexilhões e ostras) que colocam Santa Catarina como o maior parque marícola do Brasil e segundo maior da América do Sul (EPAGRI, 1997).

Esse cenário crítico estimulou a criação do Comitê de Gerenciamento da Bacia do Rio Itajaí-Açu (Decreto Estadual nº 2.109, 05/08/1997), que se tornou um dos comitês mais ativos do país. Atualmente empenhado em instituir a Agência de Bacia - órgão executivo para a gestão de recursos hídricos segundo a Lei Federal 9.433/97 - o Comitê do Itajaí aponta como ações prioritárias *o diagnóstico ambiental da bacia, a recomposição das matas ciliares, a implementação de medidas de contenção das cheias, o cadastro dos usuários da água e a elaboração de um plano diretor de ações para a bacia* (FRANK & ADAMI, 1997). Assim, iniciativas científicas, como por exemplo o presente trabalho, têm

grande aplicabilidade prática pois vêm ao encontro de aspirações já consolidadas na região e tendem a ser prontamente utilizadas pelos órgãos gestores.

## **1.2. Objetivos do trabalho**

### **1.2.1. Perguntas de pesquisa**

Apesar da existência de um Comitê de Gerenciamento de Bacia ativo e de uma Agência de Água em implantação, dados sistemáticos e multidisciplinares sobre a qualidade da água para fins de gestão são inexistentes para a Bacia do Itajaí-Açu. A motivação desse trabalho foi exatamente a de gerar elementos qualitativos e quantitativos para amparar avaliações e tomadas de decisão no âmbito de um gerenciamento integrado dos recursos hídricos regionais. Ao diagnosticar a qualidade das águas superficiais e identificar causas e efeitos de seu estado, cria-se um panorama realista para ações efetivas de gerenciamento.

Para direcionar esse diagnóstico, algumas perguntas de pesquisa foram formuladas:

- Qual o estado de comprometimento da qualidade das águas superficiais do rio Itajaí-Açu?
- Qual sua relação com as atividades humanas na região?
- O rio consegue depurar os impactos gerados ao longo de seu curso?
- Que atividades são mais impactantes ou geradoras de riscos sobre a qualidade das águas?
- Quais dados ou variáveis são sensíveis ou eficientes para diagnosticar o estado de qualidade dessas águas?

Na tentativa de responder tais perguntas, alguns objetivos foram então traçados.

## **1.2.2. Objetivos**

### **1.2.2.1. Objetivo Geral:**

- Diagnosticar quimicamente e biologicamente a qualidade das águas do baixo curso do rio Itajaí-Açu e determinar sua relação com os usos múltiplos da terra e da água na bacia.

### **1.5.2.2. Objetivos Específicos:**

- Conhecer os padrões de uso da terra na bacia do baixo Itajaí-Açu;
- Conhecer as características físico-químicas da água do baixo rio Itajaí-Açu, os níveis de nutrientes inorgânicos dissolvidos, matéria orgânica, poluentes químicos selecionados, contaminantes biológicos e outras variáveis indicadoras de alterações da qualidade da água e sua variação temporal e espacial;
- Verificar a possível toxicidade das águas do trecho de rio considerado a organismos teste, representantes de três níveis tróficos: decompositores, produtores primários e consumidores primários;
- Obter um panorama sobre os riscos ambientais das fontes poluidoras da área em estudo;
- Gerar parâmetros de avaliação da qualidade da água do baixo rio Itajaí-Açu que integrem diversos tipos de variáveis e que permitam a comparação entre locais e situações diversas;
- Compreender as causas e efeitos das variações espaciais e temporais na qualidade da água do baixo rio Itajaí-Açu.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.2. Ecossistemas fluviais e estuarinos**

#### **2.2.1. O conceito do *continuum* fluvial**

Os ecossistemas são geralmente concebidos e estudados numa estrutura de gradientes verticais (MARGALEF, 1983). Na limnologia essa concepção é facilmente aplicável quando se concebe a estrutura de um lago, que é uma depressão sem direção horizontal preferencial e com gradientes físicos, químicos e biológicos nítidos em seu eixo vertical. Entretanto, quando tentamos conceber rios como ecossistemas, essa abordagem é falha, pois nos rios, evidentemente, o fator mais importante é o transporte horizontal, dependente da disponibilidade de energia. Margalef (1983) definiu os rios como sistemas convergentes de canais, com grande capacidade de intercâmbio com os sistemas terrestres e que em qualquer forma de análise conduz a destacar a importância de um eixo horizontal. Sob uma óptica simplificada, portanto, os rios são conectores e homogeneizadores geográficos, conduzindo em suas águas um somatório de contribuições geológicas e biológicas de extensas e diversas áreas até, em última instância, ecossistemas subjacentes estuarinos e marinhos. Porém, os rios apresentam capacidade de assimilação e transformação de materiais e energia por componentes ecológicos específicos.

O trabalho clássico de Vannote *et al.* (1980) estabeleceu o “conceito do *continuum* fluvial”, segundo o qual a compreensão das estratégias biológicas e da dinâmica de sistemas fluviais requer a consideração do gradiente de fatores físicos formado pela rede de drenagem. Isso significa que a entrada de energia e o transporte, estocagem e uso da matéria orgânica pelos grupos funcionais da fauna aquática são fortemente regulados pelos processos geomórficos do rio. Desde as nascentes até a foz, as variáveis físicas em um

sistema lótico apresentam um gradiente contínuo de condições, incluindo largura, profundidade, velocidade, volume de fluxo, temperatura e ganho de entropia. Os componentes biológicos, por sua vez, tendem a se organizar estruturalmente e funcionalmente em conformidade com os padrões de dissipação de energia cinética do sistema físico.

Num contexto de sistema convergente de canais, as dimensões gerais de um rio são inversamente proporcionais à sua energia cinética ou turbulência. Os rios de altitude ou cabeceiras de grandes rios apresentam fluxo mais turbulento que rios de planície ou regiões potamais ou estuarinas de grande rios. Morfometricamente, rios iniciais do sistema são considerados de ordem 1. Após a confluência de dois rios iniciais forma-se um rio de ordem 2 e assim sucessivamente. Relativamente às dimensões de um rio, Vannote *et al.* (1980) propuseram algumas características gerais para as comunidades lóticas que podem ser genericamente agrupadas em *comunidades de cabeceiras ou nascentes* (ordens 1 – 3); *comunidades de rios médios* (ordens 4 – 6) e *comunidades de grandes rios* (ordens >6). As comunidades de cabeceiras são fortemente influenciadas pela vegetação ciliar que reduz a produção autotrófica pelo sombreamento e contribui com grandes quantidades de detritos alóctones. À medida que as dimensões do rio aumentam, a redução da importância de aportes orgânicos terrestres coincide com o aumento da importância da produção primária autóctone e do transporte orgânico de montante. Essa transição pode ser representada por uma mudança na razão entre a produtividade primária bruta (perifiton, fitoplâncton e macrófitas) e a respiração da comunidade (P/R) e depende, em síntese, do grau de sombreamento. Em geral, P/R tende a ser menor que 1 até rios de ordem 4. Rios de ordem 4 a 7 podem ter produção primária autóctone significativa e  $P/R > 1$ . Já rios maiores (ordem >7), que recebem matéria orgânica e inorgânica finamente particulada de montante, mesmo

que o efeito de sombreamento pela mata ciliar seja insignificante, voltam a ser caracterizados por  $P/R < 1$  em função da grande profundidade e alta turbidez, que limitam a penetração de luz.

As adaptações morfológicas e comportamentais dos invertebrados aquáticos refletem as mudanças nos tipos e locais dos recursos alimentares, que por sua vez estão também relacionados com as dimensões do rio (VANNOTE *et al.*, 1980). Os grupos funcionais desses invertebrados podem ser divididos em: raspadores, coletores, pastadores e predadores. Os raspadores utilizam matéria orgânica grosseiramente particulada (MOGP;  $>1$  mm), como detritos vegetais e especialmente os biofilmes microbianos a esses associados. Os coletores filtram matéria orgânica finamente particulada (MOFP;  $0,5 \mu\text{m} - 1$  mm) e também dependem dos biofilmes microbianos. Os pastadores são adaptados a “ceifar” microalgas atadas de superfícies diversas. Por fim, os predadores alimentam-se de outros invertebrados. A importância relativa de cada um desses grupos varia ao longo do *continuum* fluvial. Nas zonas de cabeceiras ( $P/R < 1$ ) dominam coletores e raspadores. Nas dimensões intermediárias ( $P/R > 1$ ) o predomínio é de coletores e pastadores. Nos grandes rios de planície, os coletores dominam amplamente. Os predadores têm participação relativamente pequena e pouco variável ao longo do gradiente. Além dos invertebrados, os peixes também são importantes na ciclagem da matéria orgânica dos rios. As espécies de cabeceiras são amplamente invertívoras. Nos rios intermediários, espécies invertívoras e piscívoras dividem a dominância, e nos grandes rios de planície são encontradas espécies planctívoras, refletindo a natureza semi-lêntica dessas águas (VANNOTE *et al.*, 1980).

Os microrganismos têm participação ativa em todas essas interações tróficas. A atividade decompositora das bactérias sobre os mais variados detritos faz delas não apenas fragmentadoras de matéria orgânica, mas também enriquecedoras da qualidade nutricional

de muitos detritos que, sem elas, seriam de difícil digestão para os componentes da fauna. As bactérias atadas a detritos orgânicos e materiais inorgânicos suspensos tornam troficamente eficiente tanto a atividade dos raspadores como dos coletores. Desse modo, é concebível que em alguns habitats a alça microbiana e as cadeias de metazoários fluviais estejam interligadas. Por outro lado, no caso de bactérias suspensas que obtêm energia de fontes dissolvidas ou finamente particuladas, a alça microbiana atua como dissipadora de energia, pois no ambiente fluvial, a atividade de protozoários planctônicos filtradores é fortemente limitada pelo predomínio de uma estrutura turbulenta no sistema (ALLAN, 1996). De maneira geral, portanto, as bactérias atadas tendem a ser mais importantes que as de vida livre nos ecossistemas lóticos.

Acompanhando as diferenças na estrutura de comunidades ao longo do *continuum* fluvial há uma diminuição na diversidade relativa de compostos orgânicos solúveis e na razão MOGP/MOFP. Ou seja, o sistema torna-se progressivamente mais homogêneo e conservativo quimicamente, e as partículas cada vez menores em função do processamento físico, químico e biológico. As comunidades respondem a isso tornando-se progressivamente mais eficientes no processamento de partículas menores. A diversidade biótica e a variação de temperatura ( $\Delta t$ ), por outro lado, mostram padrões similares à razão P/R, com valores baixos em rios de pequena ordem, máximos nas dimensões intermediárias, voltando a diminuir em rios de grande tamanho ou ordem (CUMMINS, 1974; VANNOTE *et al.*, 1980).

Esses gradientes estruturais dos ecossistemas de rio refletem uma tendência à estabilidade. A estrutura e função das comunidades tendem a ser mantidas em face às variações ambientais. Sistemas mais instáveis, com maiores flutuações de energia são

compensados por uma diversidade maior de espécies e nichos, que contribuem para uma estabilização ecológica. A menor variabilidade nas flutuações de energia verificada nos dois extremos do *continuum* fluvial acarreta em menor diversidade, ao passo que nas situações intermediárias, mais instáveis, há um ganho em diversidade biótica. Em outras palavras, esses processos caracterizam as comunidades biológicas fluviais como em equilíbrio dinâmico, pois elas se ajustam às mudanças nas variáveis geomórficas, físicas e bióticas tais como o fluxo do rio, a morfologia do canal, a carga de detritos, o tamanho do material orgânico particulado, características da produção autotrófica e respostas termais.

A confluência dos sistemas fluviais com os oceanos faz emergir sistemas com propriedades especiais: os estuários. Genericamente, estuários são porções da zona costeira onde há interação entre água marinha, água doce, terra e atmosfera (DAY JR. *et al.*, 1989). Pritchard (1967) definiu estuários como “corpos de água costeiros semi-fechados que têm uma conexão livre com o oceano aberto e no qual a água marinha pode ser mensuravelmente diluída com água doce derivada da drenagem continental”. Fairbridge (1980) complementou essa definição descrevendo que um “estuário é uma conexão do mar com um vale fluvial que se estende até o limite superior de alcance da maré, sendo usualmente divisível em três setores: (a) um marinho, ou estuário inferior, em conexão livre com o mar aberto; (b) um estuário médio, submetido a forte mistura entre água doce e salgada; e (c) um estuário superior, caracterizado por água doce, mas sujeito à ação diária da maré”. Os limites entre esses setores são variáveis e sujeitos a constantes mudanças devido à descarga fluvial. Nitidamente, os estuários são sistemas de transição, fisicamente controlados, onde ao mesmo tempo em que há uma tendência à alta diversidade biológica, há pressões que induzem a processos de sucessão particulares, influenciados especialmente pelos regimes de vazão, de ondas, de maré e pelas amplas e rápidas variações de salinidade.

Grande parte da energia e materiais transportados nas bacias hidrográficas acaba por ser processada em zonas estuarinas, caracterizando esses sistemas como altamente produtivos e, normalmente, fortemente impactados pelo somatório das alterações antropogênicas nele projetadas.

Um estuário não necessariamente corresponde à porção distal do *continuum* fluvial, haja vista que alguns sistemas de rio terminam em lagos ou outros sistemas continentais. Tratam-se, portanto, de sistemas ecológicos com propriedades emergentes seja no âmbito abiótico como biótico, devendo ser estudados sob um ponto-de-vista particular, que inclua elementos da limnologia e da oceanografia.

### **2.2.2. Dinâmica da matéria orgânica e dos nutrientes inorgânicos dissolvidos**

O estoque total de matéria orgânica (MO) em uma seção de rio é a soma das entradas resultantes da produção primária e de diversas entradas de matéria orgânica detrital (ALLAN, 1996). Tanto a produção primária autóctone do perifiton, fitoplâncton e macrófitas como a produção importada dos sistemas terrestres ou de montante, ocorre na forma dissolvida e particulada (MOD e MOP). A média anual mundial para a razão MOD:MOP é de 2:1, podendo variar de 0,09:1 a 70:1 (MOELLER *et al.*, 1979). Entretanto, as quantidades absolutas e relativas de MOD e MOP variam amplamente em função da mistura de aportes, da atividade biológica e de eventos hidrológicos. Devido ao fato de a MOP tender a se acumular durante baixas vazões e ser transportada em altas descargas, o séston orgânico varia muito mais com a vazão do que a fração dissolvida (ALLAN, 1996).

As duas formas – MOD e MOP – podem ser significativamente utilizadas pela alça microbiana, representando produção bacteriana autóctone. Entretanto, os demais

consumidores das cadeias tróficas fluviais são aptos apenas a consumir a fração particulada grosseira (MOGP).

As contribuições alóctones, em geral, são mais importantes no balanço total de entradas de MO em um rio, tendo sua origem principalmente dos ecossistemas terrestres adjacentes. Entretanto, boa parte da fração dissolvida (MOD) ou finamente particulada (MOFP) desse material adentra o rio após intenso processamento nos ecossistemas terrestres, sendo altamente refratária. Essa MOD, portanto, tende a ser transportada e a atingir as zonas estuarinas e marinhas, sendo normalmente menos importante nas cadeias tróficas fluviais do que as formas particuladas (ALLAN, 1996).

Num balanço geral, do total de carbono orgânico que entra nos sistemas fluviais aproximadamente  $\frac{1}{4}$  é processado dentro do rio, cerca de  $\frac{1}{4}$  é estocado como MOP no sedimento e a metade é exportada para os oceanos (ALLAN, 1996). O processamento desses materiais dentro dos diversos ciclos biogeoquímicos, além de alimentar consumidores, gera os estoques naturais de nutrientes inorgânicos dissolvidos, interferindo também nas variáveis físico-químicas da água.

A dinâmica dos nutrientes inorgânicos dissolvidos em um rio depende do transporte na coluna de água e de todos os processos de transferência ligando a coluna de água ao leito do rio, aos bancos e aos ambientes terrestres adjacentes (ALLAN, 1996). Toda essa dinâmica é regida pelo movimento físico da água, cujo fluxo resultante é sempre em direção à foz.

Os componentes do ecossistema fluvial, via assimilação e liberação biológicas, tendem a reter e processar nutrientes, contando com a participação de processos abióticos como a adsorção, a floculação, a precipitação química e a transformação de uma espécie química em outra (ALLAN, 1996; LIBES, 1992). Como resultado da interação desses

processos com o fluxo unidirecional, concebe-se que em ambientes lóticos a ciclagem de nutrientes ocorre em espiral. As feições dessa espiral são dependentes da intensidade dos processos de retenção e do fluxo.

Do ponto de vista ecológico, dois tópicos interligados são fundamentais na dinâmica dos nutrientes: (a) entender como o suprimento de nutrientes afeta a produtividade biológica e, (b) entender como o ecossistema fluvial, na sua totalidade, influencia o suprimento de nutrientes transportados para jusante.

Os nutrientes inorgânicos dissolvidos (macro e micronutrientes) são os materiais essenciais para o processo de produção primária. A sua assimilação é condicionada pela estrutura física local, a qual determina a intensidade do processo de produção primária. Enquanto não haja possibilidade de assimilação significativa, a tendência é os nutrientes serem transportados rio abaixo ou passarem pelos processos de retenção abiótica acima citados. Além dos rios de tamanho intermediário ou das porções intermediárias de grandes rios, o outro setor do sistema que pode mostrar capacidade significativa de produção primária é a região estuarina, onde as concentrações de nutrientes são ainda altas e a turbidez é diminuída em função de processos de sedimentação e diluição pela água marinha.

A concentração de nutrientes nas águas fluviais e sua composição variam grandemente com o local e a época do ano. A geologia, o regime de chuvas, a posição ao longo *continuum* fluvial, e a intensidade da influência antropogênica são os principais forçantes diretos de variação na disponibilidade de nutrientes (OMERNIK, 1977). Para compreender satisfatoriamente a dinâmica de nutrientes de um rio, portanto, é necessário que todos esses processos sejam monitorados ou mensurados.

A dinâmica da matéria orgânica e de nutrientes inorgânicos dissolvidos nas áreas estuarinas envolve processos bastante particulares. Nesses sistemas, aumento de produtividade biológica e aprisionamento de detritos e organismos, favorecendo maior intensidade de interações tróficas em suas cercanias já foram observados, por exemplo, por Kirchman *et al.*, (1989) na foz do Rio Reno. Uma característica importante nesses processos é que, na sua maioria, eles acontecem em pequenas escalas de espaço e tempo, tornando seu estudo muito complexo e exigindo abordagens integradas dos aspectos físicos, químicos e biológicos. A influência da descarga de água continental sobre a biota de águas costeiras pode ser dividida em 3 tipos de processos: (a) efeitos diretos dos materiais carreados pelo rio sobre a produção biológica da pluma de sedimentos; (b) aprisionamento e conseqüente ressurgência de águas ricas em nutrientes, que aumentam a produção primária e secundária; e (c) aumento da estabilidade da coluna de água, que também pode favorecer a produtividade biológica em meses de florações algais de primavera, mas que também pode inibir a mistura vertical em outras épocas (MANN & LAZIER, 1992).

A resposta da produtividade biológica com o incremento de nutrientes em zonas estuarinas e costeiras adjacentes tende a ocorrer em regiões da plataforma que variam em distância e posição de acordo com a intensidade de vazão do rio, bem como com o regime de correntes existente na zona costeira. Para o rio Pó na Itália, por exemplo, o incremento de assimilação de nutrientes ocorre próximo à boca do rio (REVELANTE & GILMARTIN, 1976). Já no rio Amazonas isso ocorre na metade da plataforma continental, onde a salinidade superficial é de apenas 5‰ (MILLIMAN & BOYLE, 1975). Uma das respostas biológicas mais comuns nessas áreas são as florações de diatomáceas. Este grupo de microalgas predomina sobre outros em situações onde as concentrações de nutrientes inorgânicos dissolvidos como fosfato ( $P-PO_4^{-3}$ ), nitrogenados ( $N-NO_2^-$ ,  $N-NO_3^-$  e  $N-NH_4^+$ )

e silicato ( $\text{Si(OH)}_4$ ) são elevadas. Por outro lado, essas populações de diatomáceas tendem a sedimentar quando da senescência das florações, sendo o material carregado junto ao fundo para zonas mais próximas à desembocadura do rio, constituindo parte dos depósitos lamosos típicos dessas áreas. Em função disso, tendem a ocorrer intensos processos de reciclagem e, eventualmente, ressuspensão de silicatos e outros nutrientes nessas áreas costeiras (TURNER & RABALAIS, 1994). Os processos diferem um pouco onde a carga continental de nutrientes é utilizada dentro da região estuarina. Entretanto, a maior parte das regiões estuarinas do mundo é densamente habitada, resultando em aportes significativos de nutrientes devido à atividade antrópica. Caso os estuários não apresentem capacidade para assimilar toda a carga de nutrientes, os excedentes serão exportados para a zona costeira. A eficiência de assimilação é limitada principalmente pela penetração de luz nas águas em função da alta turbidez, fazendo com que estes nutrientes sejam assimilados somente na região das plumas estuarinas ou fluviais (MANN & LAZIER, 1992; RÖRIG *et al.*, 2003).

Além do aporte e diluição direta de nutrientes fluviais nas áreas de plumas, ocorre também efeito de aprisionamento de águas ricas em nutrientes, oriundas da decomposição da matéria orgânica junto ao fundo. Estes nutrientes ficam inicialmente retidos nas águas profundas de maior salinidade e são, eventualmente, disponibilizados à zona eufótica por processos de mistura vertical (MANN & LAZIER, 1992).

Além da compreensão de importantes processos bióticos e abióticos internos do ecossistema fluvial, o estudo e equacionamento da dinâmica de nutrientes permite ainda quantificar o aporte para a zona costeira (estuários) e também fornece idéia dos níveis de degradação das bacias hidrográficas. Diversos estudos clássicos e projetos nacionais e internacionais de levantamento de dados sobre nutrientes e matéria orgânica em rios estão

disponíveis atualmente, seja na forma de publicações seja em bases eletrônicas na internet (p. ex.: MEYBECK, 1982). Esses dados, além de fornecer base de comparação para outros estudos, subsidiam programas de avaliação dos riscos de eutrofização em estuários e zonas costeiras. Obviamente, cada vez mais as tendências e ciclos de nutrientes nos rios mundiais sofrem a interferência das atividades humanas e hoje muitos rios não estão mais em equilíbrio (MEYBECK, 1982). Essa realidade ressalta não só a importância do monitoramento dos ciclos nutricionais como o uso desses dados para planejar medidas gerenciais e evitar situações de difícil reversão.

### **2.2.3. Alterações antropogênicas na ecologia e qualidade da água dos rios**

Os rios têm sido utilizados há milhares de anos para transporte e captação de água, mas também como receptores de resíduos. O uso dos rios incorre em uma série de intervenções no sentido de maximizar os recursos hídricos, fornecer proteção contra enchentes, desenvolver a capacidade de pesca, gerar energia, possibilitar a navegação, além de outras (BOON, 1992). Entretanto, esse tipo de manejo freqüentemente leva à deterioração do ecossistema fluvial através da diminuição da qualidade da água, remoção da vegetação ciliar, captação excessiva de água, desvios ou regulações de fluxos e desenvolvimento de atividades humanas nas bacias de drenagem (MELLQUIST, 1992). A maior parte dessas atividades leva à poluição das águas fluviais por fontes pontuais e não-pontuais. As fontes pontuais incluem efluentes industriais e domésticos, enquanto o escoamento superficial (*runoff*) em áreas intensamente cultivadas e em centros urbanos constitui as fontes não pontuais (MANDER *et al.*, 2000).

A perda da qualidade das águas fluviais está fortemente atrelada aos usos que a sociedade humana atribui aos rios. O Departamento de Meio Ambiente do Reino Unido,

por exemplo, propôs um conjunto de usos principais para os rios (PETTS, 1994): (1) ecossistemas para pescarias; (2) manancial para captação de água de consumo; (3) uso agrícola; (4) uso industrial; (5) preservação ambiental e (6) esportes aquáticos. Cada um desses usos influencia a qualidade da água do rio e uma série de normativas trata do controle dos efeitos desses usos. Entretanto, o maior uso dado hoje aos rios em todo o mundo é o de receptáculo de efluentes e esse uso não está categoricamente definido na listagem acima. De qualquer maneira, a qualidade dos efluentes deve ser tal que não afete a qualidade exigida para cada um dos “usos oficiais”. Em outras partes do mundo, inclusive no Brasil, a legislação ambiental relacionada a recursos hídricos segue esses mesmos princípios. Ou seja, o uso, ao mesmo tempo em que interfere na qualidade das águas fluviais, determina os requisitos legais de qualidade das mesmas.

Allan (1996) cita que as principais alterações antropogênicas causadoras de impactos ambientais em rios são os barramentos de fluxo, as canalizações, a captação e/ou desvio de água, a transformação da terra nas bacias hidrográficas e a introdução de espécies exóticas. Todas essas alterações causam efeitos físicos, químicos e biológicos nos ambientes fluviais, modificando a hidrologia e o balanço de sedimentos, gerando poluição, perturbando os ciclos de nutrientes e removendo habitats (PETTS, 1994). No âmbito específico dos impactos sobre a qualidade da água, Meybeck *et al.* (1989) apontam que as principais preocupações são a poluição microbiológica, a poluição orgânica, a salinização, a acidificação, a poluição por metais, a poluição por compostos orgânicos tóxicos, a poluição por  $N-NO_3^-$ , a eutrofização de rios e lagos e o aumento dos sólidos suspensos totais. Todos esses temas estão relacionados às atividades humanas tais como a agricultura, a urbanização, a industrialização, a mineração e as mudanças no clima.

Os efeitos dos barramentos incluem uma série de mudanças nas condições físicas das seções à jusante da barragem, destacando-se alterações de fluxo e regime de temperatura e aumento da transparência devido à retenção de sedimentos. Na presença de barragens, a natural conectividade do rio é perdida, com efeitos evidentes na dinâmica de nutrientes e no comportamento das comunidades aquáticas (ALLAN, 1996). Os reservatórios formados representam a mudança de um ambiente lótico para lântico, gerando um novo processo de evolução física, química e ecológica no sistema (TUNDISI & MATSUMURA-TUNDISI, 2003; UNEP-IETC, 2001).

Grandes barragens alteram de tal forma o balanço de sedimentos dos rios que os impactos são sentidos na zona costeira, geralmente resultando em erosão devido a diminuição de aporte sedimentar. Um exemplo clássico desse impacto é o lago Nasser, criado pela barragem de Assuan no rio Nilo, Egito (MEYBECK, 1998). Meybeck (1988), estimou que quantidade total de material em suspensão anualmente retido nas barragens de reservatórios atinge  $1,5 \times 10^{15}$  g.ano<sup>-1</sup>, ou cerca de 10% dos sólidos suspensos totais globais transportados aos oceanos.

Em rios que recebem elevadas cargas de nutrientes oriundos da agricultura e da urbanização, a construção de reservatórios favorece a eutrofização devido à retenção dos nutrientes, à modificação de processos biogeoquímicos a nível bentônico, à relativa estabilização física da coluna de água e ao subsequente estabelecimento de comunidades planctônicas. As florações algais resultantes (especialmente cianobactérias) podem comprometer a utilização dessas águas para consumo humano e animal, seja pela eventual toxicidade, seja pela elevação nos custos de tratamento. Quando o crescimento é de macrófitas até a navegabilidade pode ser inviabilizada. Outros efeitos da eutrofização em reservatórios são as alterações nas comunidades ícticas, modificações físicas e químicas na

água, diminuição da penetração de luz, déficit na concentração de oxigênio dissolvido e aumento na condutividade elétrica. No Brasil, o exemplo mais intenso e bem documentado de um processo de eutrofização corresponde aos reservatórios do médio rio Tietê, no Estado de São Paulo, especialmente o reservatório de Barra Bonita que há mais de uma década tem sido diagnosticado como hipereutrófico (UNEP-IETC, 2001).

Tanto a presença de barragens como a captação ou desvio de águas de um rio podem comprometer os requisitos mínimos de vazão para manter a qualidade sanitária do mesmo. Uma vazão mínima é necessária para que os processos de diluição, depuração e oxigenação ocorram e mantenham a estrutura ecológica do rio em equilíbrio (DAKOVA *et al.*, 2000).

As transformações da paisagem das bacias hidrográficas provavelmente são responsáveis pelos impactos mais graves e comuns na qualidade da água e na estrutura ecológica de um rio. As drenagens de áreas alagadas, o desmatamento, a construção de estradas, o incremento da urbanização e a intensificação da agricultura são alguns dos principais fatores de impacto relacionados às mudanças no uso da terra. Entre estes, a agricultura provavelmente tem gerado os impactos mais difundidos espacialmente, embora efeitos localizados do desenvolvimento urbano e industrial possam causar mudanças intensas em áreas restritas (KARR & SCHLOSSER, 1978). O escoamento superficial da agricultura é a principal fonte de poluentes para os ambientes aquáticos. Nos EUA, cerca de 80% do solo erodido está relacionado a atividades agrícolas. As fontes agrícolas são também responsáveis por 47% do fósforo total e 52% do nitrogênio total despejado nos corpos aquáticos estadunidenses (GIANESSI *et al.*, 1986). Omernik (1977), em estudo sobre as concentrações de nitrogênio e fósforo em águas fluviais e sua relação com o uso da terra verificou que os maiores níveis para os dois elementos estão fortemente associados

com a proporção de área agrícola. Setores com predomínio de florestas revelaram os menores níveis. Esse estudo mostrou ainda que a razão N:P passa de 12:1 a 21:1 em áreas florestadas para até 60:1 em áreas agrícolas, evidenciando, nesse último caso, que os aportes além de excessivos são desbalanceados. É importante lembrar também que a agricultura é responsável por cerca de 70% da água consumida pelas atividades humanas (BANCO MUNDIAL, 1998).

As matas ciliares trabalham como “tampões” (*buffers*), como fontes primárias de matéria orgânica às cadeias tróficas fluviais e como estabilizadoras de taludes (HARDING *et al.*, 1998). Sua remoção limita a capacidade de retenção de água e sedimentos transportados pelo escoamento superficial. Além disso, há perda de diversidade biológica e da capacidade de autodepuração dos rios (GILBERT, 1989; HATT *et al.*, 2004). Nas zonas urbanizadas, a remoção da vegetação ribeirinha normalmente vem associada com a impermeabilização superficial devido às construções e estradas. Juntas, essas alterações contribuem fortemente para o aumento da frequência e intensidade de alagamentos. Conseqüentemente, estas alterações diminuem a recarga de aquíferos, reduzindo o fluxo de alimentação sub-superficial de água aos rios (GILBERT, 1989).

Tanto o escoamento superficial como as fontes pontuais de poluição orgânica na zona urbana geram cargas poluidoras elevadas para os córregos e rios. Altas cargas orgânicas em ambientes aquáticos podem causar desoxigenação da água e dos sedimentos, pelo incremento do metabolismo microbiano. As condições hipóxicas resultantes são amplamente restritivas à maior parte da fauna nativa (MOSS, 1988).

Em 1983 a Agência Estadunidense de Proteção Ambiental (USEPA) apontou que o escoamento superficial urbano pode conter altas concentrações de metais tais como zinco, chumbo, cobre, cromo, arsenico, cádmio, níquel, antimônio e selênio (metalóide) e altas

cargas orgânicas (NORMAN, 1991). Por outro lado, as fontes pontuais de poluição, além de suas altas cargas orgânicas podem conter milhares de poluentes tais como surfactantes, derivados de petróleo, hidrocarbonetos halogenados, compostos aromáticos halogenados, PCBs, pesticidas, produtos desinfetantes, metais e muitos outros compostos tóxicos (BITTON, 1994). Estudos recentes mostram que cerca de 30.000 compostos potencialmente tóxicos diferentes estão presentes nos esgotos domésticos atualmente e pouco se sabe sobre sua toxicidade e destino nos ambientes aquáticos (PALMQUIST & HANÆUS, 2004). White & Rasmussen (1998), por exemplo, verificaram que mais do que 90% da carga genotóxica em uma comunidade urbana em Montreal é de origem não industrial. Outros dados apresentados por esses autores mostram que há uma forte correlação entre a toxicidade e genotoxicidade das águas superficiais e a densidade de urbanização. Obviamente, os efluentes industriais, inclusive após algum tipo de tratamento, também podem gerar severos efeitos tóxicos nas águas receptoras. Porém, na realidade brasileira, a relativamente baixa densidade industrial sugere que os riscos mais iminentes provêm das altas cargas de esgotos domésticos não tratados.

A relação entre a urbanização e a degradação de corpos de água é tão forte e direta que diversos autores já mostraram que é possível antecipar o nível de degradação basicamente pela delimitação e caracterização do uso do solo na bacia hidrográfica (PETERS & MEYBECK, 2000; NILSSON *et al.*, 2003; HATT *et al.*, 2004; FITZHUGH & RICHTER, 2004). Gilbert (1989) ressaltou que a carga de nutrientes do *escoamento* urbano é variável mas não difere muito dos dados obtidos por Owens (1970), que apontam para 0,9 kg de P ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> e 9,5 kg de N ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>. A contribuição *per capita* de matéria orgânica (DBO<sub>5</sub>), nutrientes (N e P) e coliformes fecais é também bastante constante a nível mundial, sendo as cargas poluidoras satisfatoriamente estimadas pelo número de habitantes

em uma dada bacia de drenagem (VON SPERLING, 1996). Esses dados indicam que a caracterização do uso da terra é fundamental para compreender e quantificar o processo de degradação dos rios e também para criar as bases para iniciativas de restauração e gerenciamento sustentável desses ambientes.

A introdução de espécies exóticas em rios e estuários (especialmente plantas e peixes) é um problema ecológico e econômico de preocupação crescente (ALLAN, 1996). Uma vez estabelecidas em um novo ambiente, sua remoção é praticamente impossível, pois sua capacidade de reprodução e suas vantagens competitivas são exacerbadas pela ausência de inimigos naturais. Paralelamente, elas podem servir de vetores de doenças para seus equivalentes ecológicos nativos. Os impactos da introdução de espécies exóticas são imprevisíveis, pois não é possível antever seus nichos diante das novas condições ecológicas. Um dos exemplos mais ilustrativos é o do mexilhão zebra (*Dreissena polymorpha*) que se alastrou por toda a Europa, América do Norte e, mais recentemente, América do Sul. Esta espécie obstrui tubulações de água, incluindo tubos de resfriamento de usinas nucleares e condutores de água em indústrias e usinas hidrelétricas, gerando, além de impactos ecológicos, sérios prejuízos econômicos. Outro caso grave é o do aguapé sulamericano (*Eichornia crassipes*) que é hoje encontrado em todas as águas tropicais e oferece sérios riscos à navegabilidade de rios e lagos (MEYBECK, 1998).

Além dos impactos da redução da qualidade da água sobre os componentes naturais dos ecossistemas, a própria saúde humana é colocada em risco nas áreas circunvizinhas a rios poluídos, especialmente, junto aos pequenos córregos urbanos (rios de ordem 1 a 3). De acordo com a Organização Mundial da Saúde (WHO, 1992), cerca de 2 bilhões de pessoas são afetadas anualmente por doenças de veiculação hídrica; 90% em países em desenvolvimento, onde os esgotos não são tratados ou são apenas parcialmente tratados e

lançados diretamente nos córregos e rios. A canalização de córregos urbanos oferece habitat para vetores de doenças como ratos e insetos. Em muitas cidades dos países em desenvolvimento, as populações estão em contato direto com esse cenário de poluição e contaminação, especialmente em situações de alagamento.

As alterações antropogênicas nas bacias hidrográficas tendem a projetar-se para as áreas estuarinas e costeiras. Nesses sistemas, além do somatório de impactos de montante, há um forte componente histórico de degradação ambiental, pois os estuários são os berços de muitas civilizações e, atualmente, abrigam os maiores centros urbanos e industriais do planeta. Day Jr. *et al.* (1989) classificam os impactos antropogênicos em ecossistemas estuarinos em quatro categorias gerais: (a) enriquecimento com níveis excessivos de material orgânico, nutrientes inorgânicos ou calor; (b) alterações físicas; (c) introdução de materiais tóxicos e; (d) mudanças diretas na estrutura de comunidades através de extração de recursos vivos ou introdução de espécies exóticas. A tipologia de impactos e a sua dinâmica é equivalente ao que detecta-se em rios, porém, a posição estratégica dos estuários como “conexões” entre mar e continente gera o agravante de que os efeitos se projetam para esses dois sistemas.

Apesar dos esforços regionais e internacionais em promover levantamentos sobre a qualidade da água de rios e em coletar e avaliar os dados, o conhecimento global da qualidade de água é ainda incompleto (MEYBECK, 1998). Na Europa, são gerados amplos boletins anuais ou bianuais. Nos EUA, Canadá e Austrália, avaliações regionais são também regularmente publicadas, estando disponíveis inclusive na internet (ex.: [www.epa.gov/waters/adb/](http://www.epa.gov/waters/adb/); [www.gemswater.org/](http://www.gemswater.org/)). Entretanto, em regiões como a América do Sul, onde localizam-se alguns dos maiores rios e reservas de água doce do planeta, o conhecimento sobre a qualidade das águas superficiais e sub-superficiais ainda é esparso e

desorganizado, fazendo com que cada estudo conduzido e publicado represente o preenchimento de lacunas importantes sobre o estado global dos recursos hídricos.

### **2.3. Avaliação da qualidade de recursos hídricos**

Em termos técnicos, podem ser reconhecidos diversos objetivos distintos para atividades de monitoramento ou avaliação da qualidade de recursos hídricos (conforme PARR, 1994): (a) identificar concentrações anormais de substâncias; (b) definir picos e depressões em variáveis diagnósticas; (c) estimar concentrações médias; (d) detectar tendências ou mudanças; (e) monitorar processos já conhecidos; (f) monitorar o funcionamento e a eficiência de sistemas de saneamento e tratamento de efluentes; (g) determinar valores justos (e injustos) para limites de emissão de poluentes; (h) estimar percentuais de contaminação/poluição; e (i) construir *fotografias* dos processos.

De maneira simplificada, todos esses objetivos podem ser sumariados em 3 três razões para se monitorar a qualidade de recursos hídricos: (1) avaliar o estado dos rios e a variabilidade de sua qualidade; (2) determinar ações, se necessário, para manter e melhorar a qualidade; e (3) avaliar a efetividade de tais ações.

O processo de elaboração de um programa de monitoramento é assunto de numerosos tratados. Apesar disso, todas as proposições têm aspectos comuns ressaltados em termos de estágios para sua implantação, os quais incluem os seguintes elementos: (a) definir os objetivos e os métodos estatísticos requeridos; (b) confirmar se as suposições estatísticas feitas são válidas; (c) determinar onde, o que e quando amostrar/medir; (d) desenhar planos de monitoramento detalhados; e (e) definir os procedimentos de relatório e divulgação.

Em síntese, não é possível garantir a qualidade dos recursos hídricos e a multiplicidade de seu uso, sem um constante monitoramento. A avaliação da água quanto a sua adequação aos usos em diferentes locais ao longo do tempo, bem como o controle das atividades que causam impacto em sua qualidade, só é possível com a geração sistemática de dados em um ou mais programas amostrais. Tais programas amostrais, devem incluir diferentes tipos de variáveis (físicas, físico-químicas, químicas, biológicas e ecotoxicológicas) e ser assunto de comprometimento e discussão de todos os setores da bacia hidrográfica (TUNDISI, 1999).

O monitoramento da qualidade da água de rios iniciou por volta de 1890 em alguns poucos rios europeus como o Tâmesa e o Sena, que estavam fortemente poluídos por dejetos domésticos não tratados (MEYBECK & HELMER, 1989). Naquele tempo, o monitoramento era bastante simples, restringindo-se a medições de oxigênio dissolvido, pH e coliformes fecais. Com a diversificação dos usos da terra e da água, houve uma correspondente ampliação no número de descritores de qualidade da água, possibilitada por avanços em técnicas analíticas. Hoje, as listas oficiais de descritores de qualidade de água excedem 100 itens na Comunidade Européia, na Agência Estadunidense de Proteção Ambiental (USEPA) e, inclusive, nas resoluções brasileiras sobre classificação de águas (p.ex. Resolução CONAMA 357, 17/03/2005). Entretanto, em países em desenvolvimento como o Brasil, apesar da existência de tais resoluções governamentais, as iniciativas de controle são muito incipientes. Meybeck & Helmer (1989) apontam 3 razões principais para isso: (1) falta de recursos financeiros; (2) falta de infra-estrutura analítica e de pessoal capacitado e (3) muitas vezes falta de preocupação ambiental dos tomadores de decisão.

Diversas metodologias podem ser utilizadas para detectar e avaliar os impactos das atividades humanas sobre a qualidade dos recursos hídricos. As mais comuns são as análises químicas tradicionais, a análise de bioindicadores e os testes de toxicidade.

Entretanto, metodologias envolvendo sensoriamento remoto, isoladamente ou em conjunto com outros procedimentos, têm gerado possibilidades inovadoras e de resposta rápida.

A determinação da concentração de poluentes por análises químicas é essencial para reconhecer a tipologia de poluição de um corpo de água, mas dificilmente permite a verificação de impactos sobre a biota. Por outro lado, a quantidade de constituintes potencialmente tóxicos presentes nos efluentes e, portanto, nas águas e sedimentos fluviais é tão grande que uma investigação exaustiva é praticamente impossível. Em função disso, muitos programas de monitoramento optam por analisar parâmetros de soma ou compostos que estejam fortemente associados à tipologia de poluição de uma determinada bacia hidrográfica. Os Compostos Organo-halogenados Adsorvíveis (AOX), a Demanda Química de Oxigênio (DQO), o Carbono Orgânico Total (COT) são exemplos de parâmetros de soma (KNIE & LOPES, 2004). Nesses casos, se houver indicação de contaminação pela determinação do parâmetro de soma, procede-se na triagem qualitativa através de técnicas mais sofisticadas, pois a qualificação dos contaminantes possibilita a identificação das prováveis fontes emissoras.

Análises das comunidades bióticas, por sua vez, oferecem diversas vantagens sobre os procedimentos puramente químicos. Os organismos integram condições ambientais ao longo do tempo, enquanto dados químicos são de natureza instantânea e requerem grande número de determinações para uma avaliação acurada (DE PAUW & VANHOOREN, 1983). As comunidades biológicas também integram os efeitos de múltiplos estresses e demonstram impactos cumulativos (PLAFKIN *et al.*, 1989). Os estudos biológicos podem também servir como indicadores precoces ao detectar poluição intermitente e mudanças súbitas que não seriam detectadas por procedimentos químicos convencionais (PARR, 1994). Deve ainda ser considerado que nem todos os impactos são de natureza química.

Alterações de fluxo, destruição de habitats, sobre-exploração de recursos naturais também pode ser detectadas por procedimentos biológicos (KARR, 1991).

Testes de toxicidade, por sua vez, são capazes de detectar a biodisponibilidade e a interação entre agentes químicos, com a vantagem de serem padronizados e usualmente executados em condições controladas, levando a respostas mais categóricas (BERTOLETTI, 2001). Esses testes são conduzidos pela exposição de peixes, invertebrados, algas, bactérias e outros organismos-teste a uma série de concentrações de um poluente ou amostra ambiental por um determinado período de tempo. Após o tempo de exposição, o percentual de efeito agudo ou crônico é observado em cada concentração testada, e um parâmetro ecotoxicológico é calculado (p.ex.: CE<sub>50</sub>= concentração efetiva mediana, CL<sub>50</sub>= concentração letal mediana etc.) (SUTTER II, 1995). Muitas vezes os sistemas biológicos como os organismos-teste já reagem a concentrações de substâncias bem abaixo dos limites de detecção por métodos de análise química. Ou seja, a análise ecotoxicológica revela sensivelmente em qual grandeza as substâncias químicas, isoladas ou em misturas, são nocivas e como e onde se manifestam seus efeitos (KNIE & LOPES, 2005). Apesar da alta qualidade e aplicabilidade de dados oriundos de testes ecotoxicológicos, existem algumas limitações para sua utilização em monitoramento da qualidade ambiental. Se conduzidos com substâncias puras isoladamente, não se tem garantia de que os organismos-teste mostrarão respostas similares quando essas substâncias encontram-se em misturas complexas, como as encontradas em rios. Por outro lado, se conduzidas com amostras ambientais, não se obtém informação segura sobre a origem ou tipologia de compostos presentes nas amostras, ainda que alguns organismos-teste apresentem maior sensibilidade à determinada classe de substâncias (ADMIRAAL *et al.* 2000). Além disso, a suposta vantagem do uso de organismos e condições padronizados

pode ser neutralizada se o objetivo for obter uma extrapolação dos efeitos dos testes para as comunidades bióticas nativas, pois cada espécie tem seu padrão de sensibilidade e seus próprios requisitos ambientais.

Para otimizar a interpretação e extrapolação ecológica de resultados de testes ecotoxicológicos, é importante utilizar mais do que um organismo-teste e, preferencialmente, que sejam de diferentes níveis tróficos (produtores primários, consumidores, decompositores etc.) (CHEUNG *et al.*, 1997). Com isso é possível pressupor efeitos cumulativos e também distúrbios específicos na estrutura ecológica dos ambientes em foco. Adicionalmente, diversos estudos mostram que grupos de organismos de determinados níveis tróficos apresentam sensibilidades diferenciadas para cada classe de poluentes (LEWIS, 1990). As metodologias ecotoxicológicas estão em franca expansão, pois há uma tendência de cada país ou grupo de pesquisa utilizar e padronizar organismos nativos. Além disso, avanços em técnicas de avaliação de efeitos sub-letais têm progredido para o nível molecular, como a detecção da produção de determinadas enzimas ou processos fisiológicos intracelulares, resultando em testes cada vez mais sensíveis.

Para se obter uma avaliação sistêmica da qualidade ambiental de rios e estuários, uma grande diversidade e complexidade de informações é necessária. Essa realidade tende a orientar o pesquisador para a geração de abordagens que agreguem informações de modo a possibilitar a interpretação conjunta das variáveis consideradas importantes (BOLLMAN & MARQUES, 2000). A estruturação de indicadores ou índices de qualidade das águas constitui uma abordagem bastante eficiente nesse sentido, permitindo agrupar um grande número de informações em uma forma que possibilite pronta interpretação e reconhecimento das tendências ao longo do tempo e do espaço (BOLLMAN & MARQUES, 2000).

A apresentação dos índices de qualidade de água (IQA) normalmente se dá na forma de uma nota ou valor numérico (p.ex. de 0 a 100). Para essa nota concorrem variáveis de qualidade da água, cada qual com um peso relativo em função de critérios científicos. Tais critérios científicos, para muitos IQAs, são oriundos de pesquisas de opinião de especialistas em áreas diversas. Adaptações ou modificações em função de aspectos logísticos ou mesmo ambientais locais são comuns em cálculos de IQAs, o que não necessariamente compromete sua validade, desde que os critérios sejam claramente justificados.

No Brasil, diversos órgãos municipais e estaduais adotam IQAs como instrumento de avaliação e gestão da qualidade das águas. O DMAE (Depto. Municipal de Água e Esgotos de Porto Alegre – RS), por exemplo, adota um índice desenvolvido pela National Sanitation Foundation (NSF) dos Estados Unidos, com algumas modificações. Nesse índice, são contabilizadas as variáveis oxigênio dissolvido, coliformes fecais, pH, demanda bioquímica de oxigênio, P- $\text{PO}_4^{3-}$  total, N- $\text{NO}_3^-$ , turbidez e sólidos totais. Os resultados têm sido adequados para subsidiar a discussão de enquadramento dos rios da região junto aos comitês de gerenciamento de bacia (BENDATTI *et al.*, 2003).

A CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental de São Paulo) utilizou, de 1975 a 2001, um IQA similar para gerar informação básica de qualidade de água para o público em geral, bem como para o gerenciamento ambiental das 22 Unidades de Gerenciamento dos Recursos Hídricos em que se divide o Estado de São Paulo. Os parâmetros de qualidade, que fazem parte do cálculo do IQA refletem, principalmente, a contaminação dos corpos hídricos ocasionada pelo lançamento de esgotos domésticos. Este índice foi desenvolvido para avaliar a qualidade das águas, tendo como determinante principal a sua utilização para o abastecimento público, considerando aspectos relativos ao

tratamento dessas águas. A partir de 2002 a CETESB passou a utilizar índices específicos para os principais usos dos recursos hídricos em questão: (a) águas destinadas para fins de abastecimento público - IAP; (b) águas destinadas para a proteção da vida aquática - IVA e (c) águas destinadas para o banho - Classificação da Praia. O uso de um índice numérico global foi considerado inadequado, devido à possibilidade de perda de importantes informações, tendo sido proposta uma representação conjunta dos três índices. Nos seus cálculos, esses índices consideram um número maior de variáveis, incluindo micropoluentes (metais pesados, poluentes orgânicos), parâmetros de toxicidade e características organolépticas da água (CETESB, 2003).

A análise do uso da terra nas bacias hidrográficas através de sensoriamento remoto e posterior tratamento em Sistemas de Informações Geográficas (SIG) é de grande utilidade na avaliação de recursos hídricos, pois há uma grande dependência entre os tipos de usos culturais da terra e o nível de degradação ambiental (SORANNO *et al.* 1996).

As técnicas de análise remota do uso da terra utilizam recursos computacionais para diferenciar padrões de reflectância em imagens de satélite digitais e quantificar suas áreas dentro de uma realidade tridimensional. Os padrões de reflectância podem ser convertidos em cores, estando estas associadas a aspectos texturais da superfície terrestre. Ao mesmo tempo, alguns aplicativos ou rotinas permitem analisar o aspecto superficial e definir padrões de elevação, inclinação e drenagem dos terrenos (MORAES, 1992). As possibilidades de aplicação e tratamento desses dados são muito grandes e diversas, de maneira que qualquer estudo ambiental atual necessita, em algum grau, o uso de sistemas de informações geográficas associado a outros tipos de dados ambientais.

Muitos trabalhos mostram claramente que a qualidade dos recursos hídricos sofre intensa deterioração com o aumento de áreas de urbanização e agricultura. O escoamento

superficial nessas áreas, além de mais intenso, carrega sedimentos, matéria orgânica, nutrientes e inúmeros poluentes para os córregos, rios e outros corpos de água, caracterizando a chamada poluição difusa ou não pontual (MANDER & FORSBERG, 2000). Entretanto, designar um padrão de carga poluidora a um tipo particular de uso da terra fornece pouca informação sobre o processo impactante do sistema aquático ou sobre como gerenciar esse uso da terra para reduzir seus impactos (HATT *et al.*, 2004), sendo necessário agregar outras análises e abordagens.

Com a integração de técnicas de análise remota do uso da terra, análise de variáveis descritoras da qualidade da água e metodologias de avaliação ecotoxicológica, pode-se, ao mesmo tempo, conhecer os níveis de contaminantes nas águas, relacioná-los em termos de origem com as atividades realizadas na área de drenagem vicinal ao ponto em análise e, ainda, quantificar seu impacto sobre a biota.

A análise das opções técnicas disponíveis para se avaliar a qualidade dos recursos hídricos em uma região e para se obter informações aplicáveis a medidas de recuperação, indubitavelmente aponta para abordagens integradas. Ou seja, o uso integrado de metodologias químicas, biológicas, ecotoxicológicas e geográficas, além de fornecer uma visão mais completa do processo de degradação, gera subsídios seguros para a proposição de iniciativas de gerenciamento. Rios são entidades dinâmicas fisicamente, quimicamente e biologicamente e essa natureza exige atividades de avaliação multifuncionais (NORRIS & THOMS, 1999).

## 2.4. A Bacia do rio Itajaí

A área de estudo do presente trabalho insere-se na Bacia Hidrográfica do Rio Itajaí, que é a mais extensa bacia da vertente atlântica no Estado de Santa Catarina, ocupando uma área de 15.111 km<sup>2</sup> ou cerca de 25% da área do Estado (SCHETTINI *et al.*, 1998). Os limites latitudinais da Bacia do Itajaí são em torno 26°25'S e 27°52'S, sendo o extremo oeste dos divisores de água à longitude aproximada de 50°21'W e a foz entre as cidades de Itajaí e Navegantes (26°55'S e 48°40'W), cerca de 100 km ao norte de Florianópolis (Figura 1). As altitudes variam de 0 a 1.500 m, sendo os principais acidentes geográficos os morros do Funil (1.062 m) em Taió, o morro do Spitzkopf (913 m) entre Blumenau e Indaial, e o morro do Baú em Ilhota (819 m).

A Bacia do Rio Itajaí é composta por 46 municípios e cerca de 1 milhão de habitantes (22% da população do Estado), sendo que as atividades econômicas nessa bacia contribuem com mais de 35% da arrecadação do ICMS de Santa Catarina. A Tabela 1 apresenta a distribuição da população e as densidades demográficas por município, além de informações sócio-econômicas.

Tabela 1. Informações sócio-econômicas dos municípios da Bacia do Rio Itajaí e do Estado de Santa Catarina. Fontes: IBGE (2004), ICEPA (2005), PNUD (2003).

Município	População total (2000)	Área (km <sup>2</sup> )	Densidade demográfica (2000)	População rural (2000)	População urbana (2000)	Taxa de crescimento populacional (1991-2000)	Esperança de vida ao nascer (2000)	Renda per capita mensal (R\$) (2000)	Pessoas em domicílios com água encanada (%) (2000)	Pessoas em domicílios urbanos com serviço de coleta de lixo (%) (2000)	IDH (2000)	Taxa de alfabetização (2000)	Renda da Indústria (R\$) (2001)	Renda do Comércio (R\$) (2001)	Renda de Outros Serviços (R\$) (2001)	Área Plantada de Arroz (ha) (2002)	Principal Cultura (ha) (2002)
Agrolândia	7.810	192,3	40,6	3.176	4.634	-0,88	73,28	213,5	97,4	96,1	0,775	92,82	23.482.585	14.013.390	17.217.827	255	Milho (2500)
Agronômica	4.257	116,7	36,5	3.385	872	-0,14	76,01	267,32	98,91	96,06	0,811	93,08	5.025.757	23.334.289	281.192	376	Milho (1860)
Alfredo Wagner	8.857	733,4	12,1	6.384	2.473	-1,27	74,19	258,12	97,73	91,83	0,778	86,99	4.138.105	12.850.945	1.922.164	78	Cebola (4000)
Apiúna	8.520	489,1	17,4	4.914	3.606	0,68	71,92	243,02	96,09	97,58	0,768	88,68	95.468.789	38.266.360	9.189.705	35	Fumo (878)
Ascurra	6.934	119,1	58,2	815	6.119	1,72	74,44	290,6	99,64	98,15	0,813	95,35	40.971.919	20.637.162	8.546.382	700	Arroz (700)
Atalanta	3.429	98,1	35,0	2.296	1.133	-0,73	75,34	256,99	100	95,65	0,81	94,99	3.400.348	4.317.656	393.347	3	Milho (950)
Aurora	5.474	226,4	24,2	3.992	1.482	0,41	76,01	282,94	98,88	96,2	0,812	95,47	11.167.907	5.469.198	960.526	8	Milho (2860)
Benedito Novo	9.071	386,1	23,5	4.170	4.901	0,81	74,75	252,12	97,83	96,95	0,802	94,83	50.192.090	14.773.320	4.803.414	330	Milho (1100)
Blumenau	261.808	510,3	513,0	19.865	241.943	2,39	74,44	462,28	99,05	99,48	0,855	97,21	3.915.911.497	2.086.379.611	322.054.045	40	Milho (500)
Botuverá	3.756	317,8	11,8	2.953	803	0,46	74,44	250,29	99,27	99,1	0,795	92,56	21.404.444	2.410.924	1.334.304	-	Fumo (332)
Braço do Trombudo	3.187	90	35,4	1.565	1.622	5,07	75,64	237,04	97,83	95,86	0,799	91,21	46.280.132	4.457.827	107.192	69	Milho (475)
Brusque	76.058	280,6	271,1	2.802	73.256	2,96	74,96	416,43	98,34	98,99	0,842	96,07	1.044.378.697	650.913.988	118.595.235	125	Mandioca (250)
Chapadão do Lageado	2.561	113,9	22,5	2.272	289	-0,94	75,34	174,69	98,34	75,56	0,774	90,53	-	846.972	26.776	5	Milho (2400)
Dona Emma	3.309	146,6	22,6	1.941	1.368	-1,64	73,32	245,03	98,97	94,18	0,794	94,01	3.867.174	3.470.082	323.028	5	Milho (1300)
Doutor Pedrinho	3.082	375	8,2	1.413	1.669	0,28	73,36	290,84	97,74	98,29	0,802	94,87	6.430.777	3.110.905	1.325.414	750	Arroz (750)
Gaspar	46.414	369,8	125,5	16.813	29.601	3,03	74,76	364,62	99,6	99,8	0,832	96,14	624.321.745	171.889.824	49.144.188	3.200	Arroz (3200)
Guabiruba	12.976	173,2	74,9	928	12.048	3,10	75,98	329,97	99,21	97,91	0,829	95,34	89.589.813	28.207.100	3.336.429	50	Milho (150)
Ibirama	15.802	268,5	58,9	2.687	13.115	1,71	76,01	304,06	98,23	95,58	0,826	94,35	109.273.985	41.985.652	6.122.695	70	Milho (500)
Ilhota	10.574	245,2	43,1	4.129	6.445	1,27	73,97	251,71	99,02	98,64	0,795	92,91	84.181.523	14.081.247	2.083.403	2.100	Arroz (2100)
Imbuia	5.246	124,1	42,3	3.291	1.955	0,49	72,22	254,15	98,16	95,59	0,777	90,88	152.970	9.023.210	1.023.855	4	Cebola (1200)
Indaial	40.194	429,9	93,5	1.812	38.382	2,95	73,36	341,92	99,32	95,99	0,825	96,52	504.691.274	190.673.488	13.709.538	240	Arroz (240)
Itajaí	147.494	303,6	485,8	5.544	141.950	2,38	73,18	387	98,2	98,83	0,825	95,03	1.152.290.030	3.994.823.480	300.576.694	2.020	Arroz (2020)
Ituporanga	19.492	335,7	58,1	7.828	11.664	0,28	76,9	281,8	99,11	92,12	0,825	93,5	31.441.034	59.543.566	6.330.963	5	Cebola (6500)
José Boiteux	4.594	358,6	12,8	3.128	1.466	-0,36	72,77	215,45	97,19	87,42	0,771	88,82	5.179.344	4.090.455	631.591	3	Fumo (1115)
Laurentino	5.062	67,9	74,6	1.824	3.238	-1,05	76,01	323,85	99,17	96,6	0,825	94,1	39.155.484	10.961.693	961.363	55	Milho (700)
Lontras	8.381	197,5	42,4	3.072	5.309	1,06	72,88	237,04	98,75	95,38	0,777	92,56	16.731.753	17.683.373	1.756.326	135	Milho (1300)
Luiz Alves	7.974	260,8	30,6	5.850	2.124	2,38	74,44	507,63	99,15	96,69	0,84	94,48	89.627.566	15.492.169	627.069	550	Banana (3900)
Mirim Doce	2.753	333,9	8,2	1.595	1.158	-2,95	72,77	288,51	97,36	94,64	0,79	89,06	3.234.434	1.693.733	48.104	1.950	Arroz (1.950)

Tabela 1. continuação.

Município	População total (2000)	Área (km <sup>2</sup> )	Densidade demográfica (2000)	População rural (2000)	População urbana (2000)	Taxa de crescimento populacional (1991-2000)	Esperança de vida ao nascer (2000)	Renda per Capita mensal (R\$) (2000)	Pessoas em domicílios com água encanada (%) (2000)	Pessoas em domicílios urbanos com serviço de coleta de lixo (%) (2000)	IDH (2000)	Taxa de alfabetização (2000)	Renda da Indústria (R\$) (2001)	Renda do Comércio (R\$) (2001)	Renda de Outros Serviços (R\$) (2001)	Área Plantada de Arroz (ha) (2002)	Principal Cultura (ha) (2002)
Navegantes	39.317	119,3	329,6	2.667	36.650	6,94	71,42	236,51	98,38	98,35	0,774	92,45	137.240.432	89.597.912	2.027.580	736	Arroz (736)
Petrolândia	6.406	251,6	25,5	4.595	1.811	-0,22	73,28	227,61	98,13	95,96	0,783	91,67	1.604.932	9.808.594	2.012.924	15	Milho (2750)
Pomerode	22.127	217,8	101,6	3.414	18.713	1,63	74,6	387,75	99,05	97,88	0,849	98,13	380.398.032	86.203.403	7.014.742	10	Milho (1260)
Pouso Redondo	12.203	363,9	33,5	5.835	6.368	-0,03	74,46	233,87	94,99	91,3	0,786	91,58	66.837.095	26.430.008	5.742.631	3.200	Arroz (3.200)
Presidente Getúlio	12.333	322,4	38,3	4.466	7.867	0,84	73,2	303,3	98,41	97,54	0,81	95,83	181.481.256	25.476.415	8.177.369	70	Milho (1800)
Presidente Nereu	2.305	224,9	10,2	1.529	776	-1,69	75,23	185,94	98,9	93,81	0,774	86,56	102.591	1.336.216	101.357	2	Fumo (945)
Rio do Campo	6.522	496,9	13,1	4.234	2.288	-0,68	76,01	224,74	94,23	93,27	0,797	92,16	11.728.163	6.078.865	694.308	1.070	Milho (2.000)
Rio do Sul	51.650	261,2	197,7	3.232	48.418	1,31	72,88	391,61	99,4	98,12	0,827	94,98	334.350.205	514.378.598	26.460.621	270	Milho (1300)
Rio d'Oeste	6730	244,7	27,5	4.104	2.626	1,50	73,31	279,56	99,02	98,53	0,799	93,71	25.408.229	8.938.437	1.569.836	1.500	Milho (1.800)
Rio dos Cedros	8.939	556	16,1	5.181	3.758	0,74	75,69	271,98	90,62	99,27	0,817	96,07	56.177.812	18.092.613	1.674.184	1.100	Arroz (1100)
Rodeio	10.380	134	77,5	1.514	8.866	1,52	73,08	303,49	99,46	94,35	0,81	95,26	88.520.671	18.617.536	3.107.692	700	Arroz (700)
Salete	7.163	167,4	42,8	2.580	4.583	-1,13	75,23	232,81	98,73	93,88	0,8	93,68	37.699.757	9.338.437	1.569.836	140	Fumo (898)
Santa Terezinha	8.840	722,2	12,2	7.698	1.142	0,25	70,67	157	71,32	87,46	0,738	90,93	348.951	4.067.085	313.774	280	Milho (5.600)
Taió	16.257	715,2	22,7	8.370	7.887	2,31	73,77	289,79	97,41	97,87	0,809	94,05	51.330.476	66.526.641	3.230.143	2.100	Milho (3.000)
Timbó	29.358	130	225,8	2.575	26.783	2,10	73,36	395,4	99,28	99,23	0,843	97,4	565.352.339	115.322.594	20.539.037	817	Arroz (817)
Trombudo Central	5.795	101,6	57,0	2.641	3.154	0,78	76,01	276,11	93,86	99,17	0,818	93,42	74.503.363	10.554.968	2.998.790	78	Milho (1.150)
Vidal Ramos	6.279	343,8	18,3	4.782	1.497	-0,03	71,56	213,65	98,96	95,65	0,766	89,02	1.479.435	5.073.659	422.752	20	Milho (2200)
Vítor Meireles	5.519	423,8	13,0	4.421	1.098	1,32	72,77	223,53	96,94	84,06	0,77	90,25	1.538.105	4.775.947	312.248	38	Fumo (1883)
Witmarsum	3.251	129,9	25,0	2.639	612	-3,40	76,88	221,72	97,66	89,95	0,807	94,54	4.737.234	2.745.604	406.617	15	Milho (1200)
TOTAL	996.443	13.591	-	196.921	799.522	-	-	-	-	-	-	-	4.781.007.984	5.590.093.509	476.377.101	23.497	-
MÉDIA	-	289,2	75,9	4.190	17.011	0,80	74,2	282,6	97,5	95,3	0,80	93,3	-	-	-	-	-
Total Santa Catarina	5.356.360	95.285	-	1.138.429	4.217.931	-	-	-	-	-	-	-	40.018.152.979	33.114.152.979	9.694.789.504	137.340*	Milho (832.391)
Média Santa Catarina	-	-	56,1	3.885	14.395	0,86	73,7	348,7	96,4	96,9	0,79	93,7	-	-	-	-	-

\* Em 2004, a área plantada de arroz em Santa Catarina subiu para 151.800 ha.

Geologicamente, a bacia compreende duas áreas distintas: o terço leste de rochas pré-devonianas e os restantes de rochas sedimentares paleozóicas e mesozóicas, quase horizontais com mergulho para WSW e SW (GOMMERSBACH, 2000). O Vale do rio Itajaí constitui uma exceção entre os rios que nascem na orla litorânea e cortam a bacia sedimentar do Paraná. Enquanto os outros nascem em região de rochas do embasamento cristalino, dirigindo-se para Oeste, o Itajaí nasce junto às costas da Formação Serra Geral, com sedimentos mais antigos, dirigindo-se para Leste. O resultado desse processo foi a formação de diferentes serras funcionando como divisores de água com declividades em geral acentuadas. Tal fato, aliado a configuração da rede hidrográfica que gera rápida concentração de descargas, favorece a formação de enchentes de grande magnitude, observadas com frequência na bacia (REFOSCO & PINHEIRO, 1999).

A Bacia do Itajaí é dividida em três regiões conhecidas como Alto Vale, Médio Vale e Baixo Vale. Na região do Alto Vale do Itajaí, que compreende as cabeceiras dos rios Itajaí do Sul e Itajaí do Oeste até o Salto dos Pilões, existem planaltos, esculpido sobre rochas sedimentares. A erosão dos rios Itajaí do Norte e Itajaí do Sul corrói a paisagem em forma escalonada (em degraus), em função do desgaste diferenciado nos vários pacotes de rochas sedimentares. Os rios Itajaí do Oeste e do Sul têm um poder erosivo menor que o rio Itajaí do Norte, porque este deságua abaixo do granito subida e aqueles têm como nível base, o topo deste granito. Este fato confere aos dois primeiros rios uma velocidade de escoamento menor e conseqüentemente um caráter senil na altura das cidades de Lontras e Rio do Sul. As águas do rio Itajaí do Norte apresentam uma velocidade de escoamento maior e por isso o encaixamento da rede de drenagem pelos diferentes agentes erosivos é bastante intenso, desgastando os terrenos menos resistentes com poder de transporte maior.

Os rios, ao atingirem camadas mais resistentes, encaixam-se nas linhas estruturais, criando pequenos *canyons* que geralmente se apresentam com muitos saltos e corredeiras, fazendo com que a erosão vertical seja mais intensa (COMITÊ DO ITAJAÍ, 2004).

No Médio Vale do Itajaí, que circunda o curso médio do rio Itajaí-Açu desde o Salto dos Pilões (entre Lontras e Ibirama) até o Salto Weissbach, em Blumenau, existe uma transição, onde o rio corre por dentro de rochas metamórficas, do Complexo Granulítico de Santa Catarina. Os afluentes do rio, neste trecho, se originam nas escarpas do altiplano do planalto sedimentar. Em virtude da topografia acidentada (embasamento e planalto sedimentar) os rios apresentam alto poder erosivo e transportador, carregando grande quantidade de sedimentos, que conferem ao rio Itajaí-Açu uma quase permanente cor turva (COMITÊ DO ITAJAÍ, 2004).

A característica da região do Baixo Vale do Itajaí, localizado no entorno da foz do rio, é a existência das serras litorâneas, esculpidas sobre rochas mais antigas do embasamento, incidindo granitos, gnaisses e outras rochas metamórficas. Nesta área ocorre o alargamento da planície sedimentar, onde as cotas altimétricas muitas vezes são inferiores a 100 metros e o escoamento é menor, sendo que o rio transporta apenas material mais selecionado de granulação mais fina, iniciando o processo de deposição e surgindo as várzeas e as planícies de aluvião. Neste percurso os materiais são constituídos principalmente por areia, silte e argila (SCHETTINI & TOLDO Jr., 2001; COMITÊ DO ITAJAÍ, 2004).

O clima da bacia do Itajaí é mesotérmico úmido (grupo climático Cfa subtropical úmido), com distribuição quase uniforme das chuvas por todos os meses. Entretanto, podem ser identificadas duas épocas com maior pluviosidade, uma na primavera e outra no verão (com precipitação média de 130 mm/mês) e dois períodos de menores precipitações,

entre abril e agosto e no mês de novembro (com uma média de cerca de 80 mm/mês). Esse padrão é determinado pela superposição de três regimes pluviométricos que se confrontam na região sul do Brasil: (a) o tropical, com máximas no verão, provenientes das continuidades tropicais; (b) o de frente polar de percurso oceânico, apresentando máximas no outono e (c) o da frente polar de percurso continental, provocando as chuvas de inverno e de primavera (COMITÊ DO ITAJAÍ, 2004). As altas serras a oeste e sul, bem como a forte influência marítima, tendem a amenizar a amplitude térmica. Características climáticas médias para a região são apresentadas na Tabela 2. Os ventos são predominantemente de nordeste durante todo o ano, com aumento de ventos do quadrante sul no inverno (SCHETTINI *et al.*1998).

Tabela 2. Características meteorológicas da Bacia do Rio Itajaí. Fonte: Atlas de Santa Catarina (SANTA CATARINA, 1986).

<b>Característica</b>	<b>Valores médios</b>
Temperatura média anual	20,1° C (Blumenau) e 18,4°C (Ituporanga)
Temperatura média máxima	27,2°C (Blumenau)
Temperatura média mínima	15,8°C (Blumenau)
Temperatura máxima absoluta no verão	43°C (Blumenau)
Umidade relativa do ar	interior 84% e litoral 86%
Precipitação total anual	1.596,2 mm
Média anual de dias com precipitação	152,4 dias

O principal curso d'água da bacia é o rio Itajaí-Açu, um rio de ordem 9, suprido por 54 rios e ribeirões (de ordem 3 a 8). Seus formadores são os rios Itajaí do Oeste e Itajaí do Sul. Estes rios encontram-se no município de Rio do Sul, onde, juntos, passam a se chamar rio Itajaí-Açu. Os principais tributários do rio Itajaí-Açu são o rio Itajaí do Norte (ou rio Hercílio), que desemboca no rio Itajaí-Açu no município de Ibirama, o rio Benedito (que desemboca no rio Itajaí-Açu em Indaial) e o rio Itajaí-Mirim, que desemboca em Itajaí. Após receber as águas do rio Itajaí Mirim, já na porção estuarina, o rio passa a chamar-se simplesmente Itajaí. O percurso do rio Itajaí é de cerca de 200 km desde as cabeceiras até a foz no Oceano Atlântico (COMITÊ DO ITAJAÍ, 2004).

A vazão média do rio Itajaí-Açu, baseada em dados de descarga diária de 1934 até 1998, é de cerca de  $228 \pm 282 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , com valores mínimos de cerca de  $17 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  e máximos na ordem de  $2.000 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . A vazão extrema ocorreu em 1984, durante um evento de El Niño, atingindo  $5.390 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (SCHETTINI, 2002). Ocorrem dois picos anuais de máxima descarga ao longo do ano, relacionados com a pluviosidade, sendo um em fevereiro ( $285 \pm 185 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ) e outro em outubro ( $309 \pm 192 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ). As descargas mínimas ocorrem em abril ( $164 \pm 110 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ) e em dezembro ( $185 \pm 124 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ). Esses valores indicam uma alta variabilidade no regime hidrológico do rio Itajaí-Açu, tanto a nível sazonal como a nível interanual, fato que está associado a instabilidade climática decorrente tanto da superposição dos três regimes pluviométricos regionais como da interferência de fenômenos de escala global como a Oscilação Sul – El Niño (SCHETTINI, 2002).

O Vale do Itajaí é coberto por três Regiões Fitoecológicas: (a) Floresta Ombrófila Densa ou Floresta Atlântica (70%), no baixo, médio e alto vales; (b) Floresta Ombrófila

Mista ou Floresta com Araucária (28%), predominando no alto vale; e (c) pequenos mosaicos de Estepe ou Campos Naturais (1%), também no alto vale. Essa situação caracteriza a região como um ecótono entre importantes conjuntos vegetacionais do Sul do Brasil (KLEIN, 1978). A composição florística do Vale do Itajaí é uma das mais bem conhecidas em todo o Brasil, graças às iniciativas do Herbário Barbosa Rodrigues de Itajaí, que mantém a coleção de exsicatas e publica a coleção Flora Catarinense, tratando-se do mais completo e bem documentado estudo florístico brasileiro. Ocorrem mais de 130 espécies arbóreas/hectare, constituindo a maior cobertura florestal do estado de Santa Catarina, cujos remanescentes da floresta original apresentam diferentes graus de alteração, envoltos por milhares de hectares cobertos por vegetação secundária nos mais diversos estágios sucessionais (COMITÊ DO ITAJAÍ, 2004; KLEIN, 1978).

O grau de impacto antropogênico sobre essa flora, entretanto, tem sido extremamente crítico e crescente. Dois movimentos ambientalistas, mas com embasamento científico, atestam esse grau de agressão: o Programa de Recuperação das Matas Ciliares, encabeçado pelo Comitê do Itajaí, e o movimento para a criação do Parque Nacional da Serra do Itajaí – uma iniciativa multi-institucional com vistas a preservar os remanescentes da vegetação original da Bacia localizados em algumas seções do Médio e Alto Vale. Essas iniciativas, além do aspecto de preservação da biodiversidade, estão fundamentadas em premissas de preservação e recuperação de mananciais de água (COMITÊ DO ITAJAÍ, 2004).

O parque industrial na bacia é composto por cerca de 3.000 unidades industriais entre pequenas (90%), médias (7,9%) e grandes (1,6%). As principais tipologias compreendem indústrias têxteis, metalmecânicas, pesqueiras, frigoríficas, de papel, pasta,

mecânica, curtumes, fecularias e extratoras de óleo vegetal (SANTA CATARINA, 1997). A industrialização no Vale do Itajaí está em expansão, com destaque para a indústria têxtil, metal-mecânica e de processamento de pescado (Itajaí e Navegantes), sendo a ampliação e modernização do Porto de Itajaí um dos principais fatores de incentivo desse processo.

Nenhuma das sedes dos municípios da bacia possui sistema de tratamento de esgotos domésticos em operação. Existem apenas sistemas individuais ou lançamentos na rede de drenagem pluvial (GOMMERSBACH, 2000). As indústrias de maior porte, em geral, apresentam sistemas de tratamento, porém o processo de fiscalização de eficiência é precário e indústrias menores, na maioria, não tratam os efluentes.

Na área rural, destaca-se a expressiva atividade agrícola com cerca de 160 mil hectares cultivados com arroz irrigado, milho, fumo, cebola, mandioca e feijão, entre outras culturas (GOMMERSBACH, 2000). Ocorrem ainda manchas relativamente extensas de reflorestamento com *Pinus* sp. e *Eucaliptus* spp., especialmente em áreas mais acidentadas. A pecuária é também bastante desenvolvida com rebanhos bovinos com cerca de 415.000 cabeças, 300.000 suínos e mais de 7 milhões de aves (ICEPA, 2004).

As demandas de água globais na bacia em dados de 1984 são de  $0,6 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  para uso doméstico,  $1,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  para uso industrial e  $0,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  para uso rural, sendo que nos meses de dezembro a março a irrigação de lavouras atinge  $41 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (GOMMERSBACH, 2000). Nos meses de máximo consumo, relacionado à produção de arroz, essa demanda para irrigação representa mais de 90% da demanda total da bacia. O consumo médio de água na lavoura de arroz irrigado é de 1,5 a  $2,0 \text{ L} \cdot \text{ha} \cdot \text{s}^{-1}$  num período médio de irrigação de 80 a 100 dias, porém o consumo é ainda maior em solos arenosos, com maior gradiente de declividade e em condições de altas temperaturas (IRGA, 2001). A expansão populacional, industrial e agrícola (especialmente arroz) aponta para um intenso incremento no consumo de água na

bacia, o que tem gerado conflitos relacionados à quantidade e qualidade dos recursos hídricos. Além disso, em função do intenso desmatamento, tanto o planalto serrano como a serra litorânea têm hoje uma capacidade de absorção da água pluvial menor que nos tempos iniciais da colonização. A ausência da cobertura vegetal têm aumentado o escoamento superficial das águas, e em consequência, a erosão em diversas áreas da bacia (Comitê do Itajaí, 2004).

A região estuarina do Rio Itajaí-Açu, além de receber contribuições de água, sedimentos e poluentes de toda a bacia, apresenta setores com considerável concentração demográfica e industrial pesqueira, constituindo um aporte significativo de poluentes.

O estuário percorre uma planície costeira com formato afunilado, iniciando na altura da cidade de Blumenau e abrindo para o oceano. Este trecho é bastante plano, apresentado declividade de 0,03%. Para montante de Blumenau a declividade aumenta para 0,40%, passando a ocorrer corredeiras e pequenas quedas de água, caracterizando o limite superior do estuário (SANTA CATARINA, 1986). A extensão total do estuário atinge cerca de 70 km, com área de espelho de água estimada em 14 km<sup>2</sup>. A influência da salinidade, no entanto, ocorre no máximo até a altura do município de Ilhota, junto a foz do Rio Luis Alves, cerca de 30 km à montante da embocadura. A largura do canal é relativamente uniforme ao longo de todo o estuário, com um pequeno e gradual aumento em direção à embocadura. Entre Blumenau e Ilhota a largura média varia entre 100 e 150 m e nos últimos 20 km a largura varia entre 150 e 300 m (SCHETTINI, 2002). Na maior parte do estuário a profundidade varia entre 5 e 8 m, havendo pontos localizados com profundidade superior à 10 m. A intensa atividade de dragagem para exploração de areia e para aprofundamento do canal de navegação junto ao Porto de Itajaí possivelmente tem interferido na batimetria do estuário, porém essa influência ainda não foi avaliada

(SCHETTINI, 2002). O regime regional de marés astronômicas é caracterizado como um misto de micromarés com predominância semi-diurna. A amplitude média de maré na área estuarina do Rio Itajaí é de 0,8 m, com níveis mínimos de 0,3 durante períodos de quadratura e níveis máximos de 1,2 m durante os períodos de sizígia (SCHETTINI *et al.*, 1998). Marés meteorológicas associadas com a entrada de frentes frias podem induzir alturas de até 1 m acima do nível da maré astronômica durante condições críticas, podendo ocasionalmente ser um importante fator no transporte estuarino (TRUCCOLO, 1998).

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1. Área de Estudo**

O setor específico de estudo compreende o curso inferior do rio Itajaí-Açu, com limites à montante na cidade de Indaial e à jusante nas cidades de Itajaí e Navegantes, junto à foz do rio (Latitude 26° 55' S). Ao Norte e ao Sul, a área está delimitada pelos divisores de águas da bacia do Itajaí, incluindo a sub-bacia do Itajaí-Mirim, representando, portanto, a fração total da bacia de drenagem à jusante de Indaial. A área corresponde aproximadamente à região de influência do estuário, mas estende-se um pouco à montante de seus limites, especialmente em função do Ponto Branco, localizado em um contribuinte de ordem 5 em local com 200 metros de altitude. O trecho de rio considerado (rio Itajaí-Açu) é de cerca 108 km. A área de bacia considerada para a delimitação dos usos da terra é de cerca de 3.000 km<sup>2</sup> (cerca de 20% da área total da bacia) e soma uma população de cerca de 690.000 habitantes (69% da população total da bacia) (Figura 1).

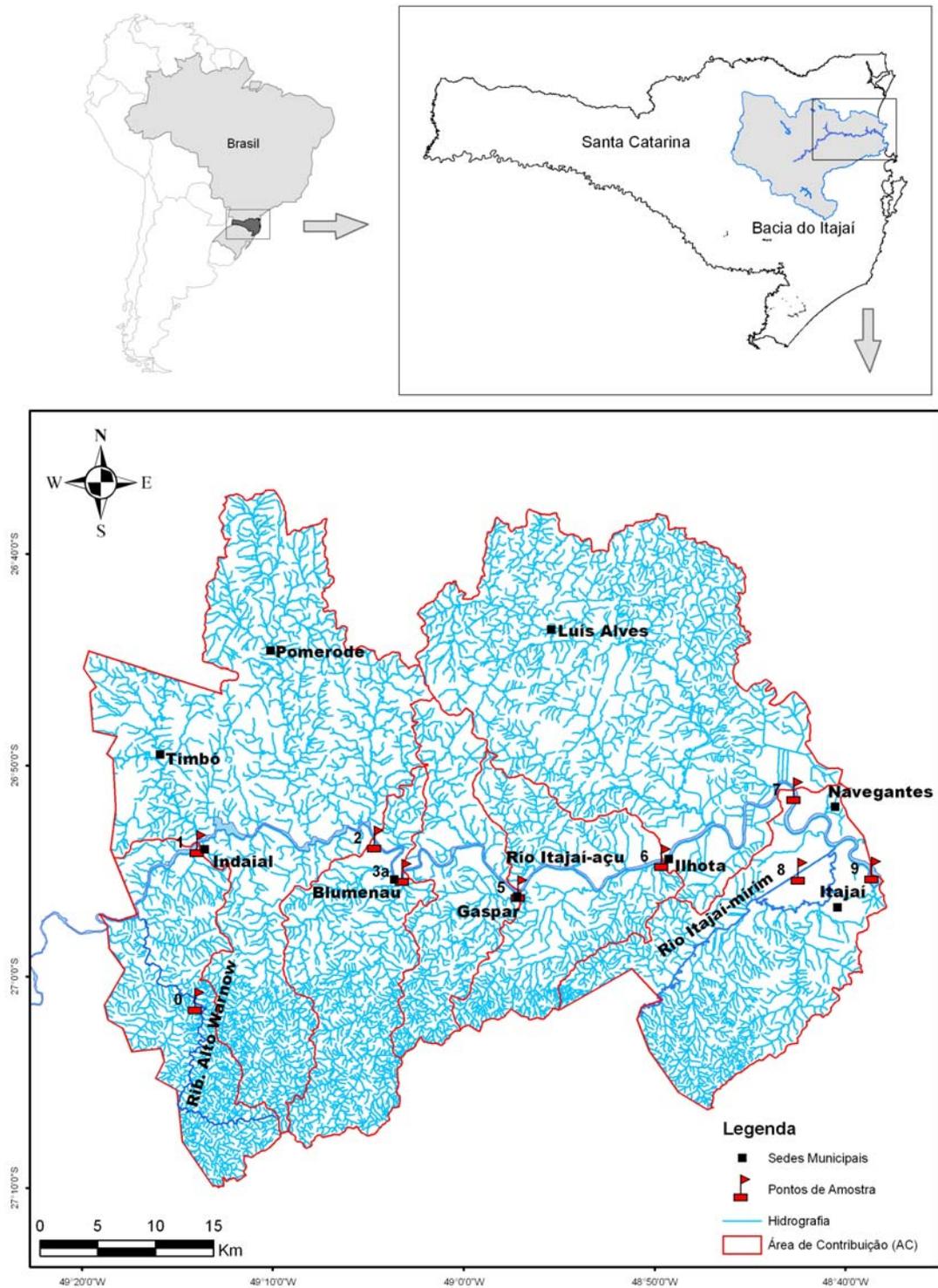


Figura 1. Localização da área de estudo e das estações amostrais na bacia do Baixo Itajaí-Açu.

### 3.2. Estações Amostras

Foram definidas 7 estações amostrais ordinárias no rio Itajaí-Açu, uma no rio Itajaí-Mirim e uma em contribuinte de ordem 5, considerado como Ponto Branco (Figura 1). As estações no Rio Itajaí-Açu foram definidas antes e depois das cidades marginais abrangidas pela área de estudo, sob pontes ou balsa ou píer, em função de agilidade logística. A estação do rio Itajaí-Mirim foi localizada sob uma ponte próxima à foz do mesmo, sendo representativa das contribuições de sua sub-bacia. O Ponto Branco foi definido após levantamento prévio das características físico-químicas de rios e córregos contribuintes localizados nas cabeceiras do Rio Itajaí-Açu (RÖRIG *et al.*, 2003). Foram pesquisados 45 rios e córregos dentro dos limites da bacia, à montante da primeira estação no rio Itajaí-Açu, optando-se por aquele que combinou condições ótimas de qualidade de água (critérios de Classe Especial da Resolução N° 357/2005 do CONAMA, na época Resolução n° 20/1986) e proximidade em relação ao município de Itajaí, local de processamento das amostras. As características e coordenadas das estações amostrais estão apresentadas abaixo.

Estação #0 – Ponto Branco – Alto Warnow, município de Indaial (27°01'10,52"S;  
49°14'06,5"W):

Região no interior de Indaial conhecida como Alto Warnow, onde o Rio Warnow Alto apresenta-se como um rio de corredeira, com cerca de 10 m de largura (ordem 5), de águas claras e bem oxigenadas. À montante do ponto de coleta inicia-se a área do futuro Parque Nacional da Serra do Itajaí, que representa a maior porção de Mata Atlântica virgem da Bacia do Itajaí. Praticamente inexistem fontes poluidoras nas cercanias do local. A partir de novembro de 2003 aumentou a quantidade de agressões ambientais nessa região, como

desmatamentos em áreas altas e em vegetação ciliar, deposição de lixo doméstico e agrícola e uso de agrotóxicos junto às margens do rio, próximo ao local de coleta. Também foram construídos pequenos reservatórios de água nas cercanias para piscicultura e irrigação de novas lavouras de arroz.

Estação #1 – Ponte dos Arcos, município de Indaial (26°53'32,6"S; 49°14'14,2"W):

Estação localizada junto ao centro da cidade de Indaial no Rio Itajaí-Açu. Nesse ponto o rio apresenta corredeiras e já recebe efluentes do Alto Vale do Itajaí bem como da própria cidade de Indaial, porém, supostamente, o nível de poluição não é tão grande devido ao poder de auto-depuração que rio apresenta no Alto e Médio Vales. Essa estação praticamente indica a entrada na região do Médio Vale do Itajaí, sendo que já apresenta a contribuição do Rio Benedito. Os resíduos que podem ser encontrados nesse ponto são agrícolas, domésticos e de indústrias metalúrgicas, alimentícias e têxteis.

Estação #2 – Ponte de Itoupava Norte, município de Blumenau (26°53'15,3"S; 49°05'05,4"W):

Estação localizada no bairro Itoupava Norte de Blumenau, no Rio Itajaí-Açu, antes da região central da cidade de Blumenau, mas recebendo descargas de algumas áreas industriais e bairros relativamente populosos. O rio nesse ponto apresenta-se similar ao ponto anterior, com trechos de corredeiras e ilhotas, porém com suposto acúmulo de contribuições urbanas e rurais.

Estação #3A – Ponte dos Arcos, município de Blumenau (26°54'45,3"S; 49°03'27,7"W):

Estação localizada após os bairros Centro e Vorstadt, em Blumenau, no Rio Itajaí-Açu. Nesse ponto já existe influência da maior parte dos dejetos urbanos de Blumenau, sendo potencialmente um dos mais poluídos da malha amostral. Destaca-se que à montante desse ponto também desembocam os Ribeirões Garcia e Velha, que recebem cargas poluidoras domésticas e industriais, além de outros afluentes que aumentam a vazão do Rio Itajaí-Açu.

*Obs.: Essa estação é denominada de #3A para diferenciar da estação #3 original do Programa de Monitoramento da Qualidade da Bacia do Rio Itajaí-Açu (CTTMar – UNIVALI), com localização diferente e que foi substituída por essa. Originalmente também havia uma estação #4, que foi posteriormente abandonada, razão pela qual a seqüência passa da Estação #3A para a estação #5.*

Estação #5 – Ponte Central, município de Gaspar (26°55'37,5"S; 48°57'28"W):

Estação localizada junto ao centro da cidade de Gaspar, no Rio Itajaí-Açu, onde provavelmente parte da poluição gerada em Blumenau já está diluída e depurada. A cidade de Gaspar também apresenta parque industrial considerável, mas esse ponto localiza-se antes de algumas contribuições importantes desse município. Área com dragagem de areia.

Estação #6 – Balsa de Ilhota, Município de Ilhota (26°54'01,1"S; 48°49'55"W):

Estação localizada junto ao centro do município de Ilhota, no Rio Itajaí-Açu, após as principais contribuições domésticas e industriais desse município. É uma região com intenso cultivo de arroz irrigado e intensa atividade de dragagem de areia. Representa aproximadamente o limite montante extremo de influência da salinidade.

Estação #7 – Ponte BR-101, Município de Itajaí (26°50'36,8"S; 48°43'05,7"W):

Estação localizada no Rio Itajaí-Açu em Itajaí, antes da zona urbana de Itajaí e Navegantes. Recebe contribuições de áreas de cultivo de arroz e de uma Usina de Álcool. Apresenta também dragagem de areia. Essa estação já se encontra na área estuarina e sob influência da salinidade marinha.

Estação #8 – Ponte sobre o Canal Itajaí-Mirim, Município de Itajaí (26°54'30,2"S;  
48°42'46,3"W):

Estação localizada sob a ponte do Canal Itajaí-Mirim, na BR-101 em Itajaí. Nesse ponto o rio Itajaí-Mirim, que tem ordem 7, chega influenciado pela poluição do município de Brusque e de toda a sua sub-bacia. Localiza-se a cerca de 300 m à jusante do ponto de captação de água do Serviço Municipal de Água e Saneamento de Itajaí (SEMASA), podendo ser considerado um controle para avaliação da qualidade da água bruta para as cidades de Itajaí e Navegantes quando em ausência de salinidade. Destaca-se ainda que o esgotamento dos resíduos da Estação de Tratamento de Água (ETA) do SEMASA é feito em local à montante desse ponto de coleta, o que pode contribuir com resíduos de sulfato de alumínio, cloro e material em suspensão que foi removido no processo de coagulação da ETA.

Estação #9 – Píer do CEPSUL – IBAMA, Município de Itajaí (26°54'31,1"S;  
48°39'04,7"W):

Ponto localizado na região estuarina, próximo à foz do rio Itajaí-Açu e ao Saco da Fazenda. Nessa região há forte descarga de efluentes domésticos, de indústrias pesqueiras, além de outros. Também é uma região marcada pela forte influência marinha que tem efeito de diluição e oxigenação das águas do rio. É uma área com águas profundas onde há atividade

constante de dragagem para a manutenção do canal de navegação do Porto de Itajaí, apresentando ainda elevado risco de acidentes ambientais.

Cada estação amostral teve definida uma área de contribuição em função da convergência de drenagem do terreno.

### **3.3. Análises Espaciais**

O desenvolvimento das análises seguiu duas vertentes: Delimitação de Áreas de Contribuição por Ponto Amostral e Uso da Terra. As análises foram conduzidas utilizando o ArcGIS, um pacote comercializado pelo *Environmental System Research Institute* (ESRI, Redlands, California, EUA), como sistema de informações geográficas – SIG. Para o processamento da imagem de satélite e a classificação do uso da terra, resultante do primeiro, entretanto, foi empregado o *software* RSI-ENVI (RSI Corporate, Boulder, Colorado, EUA). Abaixo estão descritas as etapas envolvidas.

#### **3.3.1. Preparo da Base Cartográfica e Delimitação da Área de Estudo**

Para o preparo da base cartográfica e delimitação da área de estudo os dados de entrada utilizados foram provenientes das Cartas Topográficas do IBGE<sup>1</sup> (escala 1:50.000) em formato digital. Destas cartas foram utilizados dados de hipsometria e dos limites municipais, que foram então organizados em uma base cartográfica utilizando projeção Universal Transversa de Mercator (UTM) e datum SAD-69. Especificamente, os dados de hipsometria subsidiaram a delimitação da área de estudo (setor específico estudado na bacia), bem como das áreas de contribuição por estação amostral, definidas através do reconhecimento de divisores de águas.

---

<sup>1</sup> Cartas Itajaí, Gaspar, Blumenau, Timbó, Pomerode, Luís Alves, Brusque e Rio dos Cedros.

### **3.3.2. Áreas de Contribuição por Estação Amostral**

Para a delimitação de áreas de contribuição em função das estações amostrais foi desenvolvido um Modelo Digital de Terreno (MDT) a partir dos dados das curvas de nível e de pontos cotados que compõem a hipsometria das cartas topográficas. Em seguida, utilizando-se técnicas de digitalização em tela, foram delineados os divisores de águas com relação a cada um dos pontos amostrais. O delineamento da resultante foi então confirmado pela comparação com o aspecto (*Aspect*) do MDT, o qual se trata de uma função derivada do MDT que indica a direção da declividade (*slope*). Para as estações #2 e #8, não foi realizada a análise completa da área de contribuição, pois a cena de satélite obtida não compreendia trechos dessas áreas de drenagem. No caso da estação #2 utilizaram-se os limites do município de Timbó para a delimitação do extremo oeste da área de contribuição que coincide, em alguns setores, com os divisores de água. A fração de área de contribuição da estação #8, localizada junto à foz do rio Itajaí-Mirim, foi adicionada à área de contribuição da estação #9.

Adicionalmente, foi medida a seção de rio (rio Itajaí-Açu) para cada área de contribuição, sendo esta seção representativa da extensão de contato entre a área de drenagem e a calha principal do rio.

### **3.3.3. Uso da Terra**

O uso da terra foi gerado através de processo classificação supervisionada a partir de imagem de satélite LANDSAT, do ano de 2002, na composição RGB-453. Foram definidas 6 (seis) classes de uso da terra: *Área Urbanizada*, *Cursos de Água*,

*Mata/Capoeirão, Vegetação Rasteira* (incluindo pastagem e cultivos como o arroz e outros), *Reflorestamento e Solo Exposto*. Os aspectos da pastagem e do cultivo de arroz, principais atividades agrícolas na bacia, apresentavam-se muito próximos aos do estágio inicial de regeneração natural (capoeirinha), por isso optou-se pelo agrupamento destes em uma única classe de uso da terra – *Vegetação Rasteira*. Caso contrário poderiam ocorrer muitas áreas de confusão na classificação, o que demandaria um grande esforço de campo para a validação do resultado da classificação. Setores maiores onde havia dúvidas em termos de classificação passaram por validação de campo.

O processo de classificação do uso da terra empregou o *software* ENVI, onde foi separada a área da imagem de satélite a ser classificada. Sobre esta área, foram conduzidas amostragens de uso através de reconhecimento visual e computadorizado. Este último se deu em função de que vários testes realizados *a priori* utilizando-se classificação não-supervisionada, em que algoritmos implementados reconhecem e agrupam áreas com a mesma característica (reflectância). Em seguida, com as amostragens realizadas, foi utilizado o algoritmo de classificação supervisionada de máxima verossimilhança, gerando como saída uma classificação de uso da terra com as classes previamente estabelecidas e amostradas. Após a classificação, a imagem passou por processos de filtragem até que o resultado visual fosse satisfatório e que ruídos – pequenas áreas isoladas – fossem eliminados. Para tanto, foram utilizados filtros da média em matriz 3x3.

A imagem classificada foi posteriormente exportada para formato vetorial (polígonos) em arquivo *shape*. Isto se deve ao fato de que toda a base cartográfica anteriormente mencionada estava neste formato de arquivo, e de que as análises espaciais seriam realizadas no pacote ArcGIS. O uso da terra foi então separado por área de contribuição amostral, onde foram calculadas as áreas de cada classe de uso. Neste ponto, é

importante considerar que, na porção Norte da área de estudo, numa área de pouco menos de 30 km<sup>2</sup> (cerca de 1% da área da bacia) não foi realizada a classificação devido à falta de dados, uma vez que a cena (imagem) de satélite não englobava esta região. Para a sub-bacia do rio Itajaí-Mirim, como dito anteriormente, não houve detalhamento de uso da terra em função da ausência de imagem de satélite. Apenas a porção final dessa sub-bacia, no entorno da estação #8, foi analisada quanto ao uso da terra e seus resultados adicionados aos da estação #9. Algumas informações sobre essa sub-bacia foram obtidas do trabalho de LAFFIN (2003).

Foi gerada também uma análise da presença de matas ciliares nas margens dos rios principais dentro da área de estudo considerada. Para tanto, foi projetada uma “área de amortecimento” nas margens dos rios (*buffer*), com largura relacionada à legislação de preservação de matas ciliares (Código Florestal Brasileiro, Lei 4771 de 15/09/1965). Devido a limitações de escala das imagens trabalhadas (1:50.000), foi feita a seguinte generalização: (a) para rios com até 50 m de largura projetou-se uma faixa de preservação de mata ciliar de 50m em ambas as margens; (b) para rios com largura entre 50 m e 200 m projetou-se uma faixa de preservação de 100 m em ambas as margens e (c) para rios com mais de 200 m de largura, a faixa de preservação adotada foi de 200 m para ambas as margens.

Essa delimitação teve o objetivo de gerar outra variável de uso do solo possivelmente interferente nos dados de qualidade da água, o *déficit legal de mata ciliar* (DMC). O DMC foi calculado da seguinte maneira:

$$\text{DMC (\%)} = (1 - \text{AEMC} / \text{ALMC}) * 100$$

onde,

DMC (%) é o déficit legal de mata ciliar em percentual;

AEMC é a área efetiva de mata ciliar; e

ALMC é a área legal de mata ciliar, considerado o disposto no Código Florestal Brasileiro.

Os dados de DMC foram gerados para a área de estudo total e para as áreas de contribuição dos pontos amostrais.

### **3.3.4. Estresse populacional das áreas de contribuição**

O estresse populacional é uma variável útil na avaliação do impacto antropogênico sobre a qualidade da água de um rio ou bacia. É obtida pela razão entre a população que habita a bacia de drenagem e a vazão média do rio ( $L.s^{-1}$ ) (MEYBECK, 1998).

Para o caso do rio Itajaí-Açu, na porção estudada por esse trabalho, o estresse populacional foi calculado para cada área de contribuição dos pontos amostrais (AC) e também para toda a seção de rio abrangida pela área de estudo. A população das ACs foi estimada a partir de dados de densidade demográfica de cada município ( $hab.km^{-2}$ ), obtidas do IBGE, multiplicados pelas áreas de cada município dentro de cada AC. Como valor de vazão foi utilizado o valor médio para o rio Itajaí-Açu medido no município de Indaial que é de  $228.000 L.s^{-1}$ . A vazão medida nesse local corresponde a 70% da drenagem na bacia do Itajaí, sendo o valor médio citado obtido a partir de dados de descarga diária de 54 anos de monitoramento (SCHETTINI, 2002).

### **3.3.5. Estimativa da carga poluidora pela contribuição *per capita* (QPC)**

Para estimar a carga poluidora associada aos esgotos domésticos na área de estudo e na Bacia do Itajaí como um todo, foram realizados cálculos simples relacionando as contribuições *per capita* (QPC) de vários elementos poluentes com as populações das áreas consideradas. As QPCs para os poluentes, bem como o volume médio de esgotos *per capita*

para a região ( $150 \text{ L.dia.hab}^{-1}$ ) foram obtidos de dados regionais de monitoramento dos esgotos, cedidos pela Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN) e pelos serviços municipais autônomos de água e saneamento (SAMAEs) e de dados obtidos na literatura nacional (von SPERLING, 1996). Esses dados estão apresentados na tabela 3.

Os seguintes elementos poluentes foram quantificados: coliformes fecais, amônio ( $\text{N-NH}_4^+$ ), nitrito ( $\text{N-NO}_2^-$ ), nitrato ( $\text{N-NO}_3^-$ ), nitrogênio inorgânico dissolvido total ( $=\text{N-NH}_4^+ + \text{N-NO}_2^- + \text{N-NO}_3^-$ ), fosfato ( $\text{P-PO}_4^{3-}$ ), nitrogênio total (orgânico e inorgânico), fósforo total (orgânico e inorgânico), demanda bioquímica de oxigênio ( $\text{DBO}_5$ ), demanda química de oxigênio (DQO), sólidos suspensos totais (SST) e surfactantes.

A quantificação foi realizada para a área de estudo total, para cada AC, para a área da bacia à montante da área de estudo e para a bacia toda, utilizando dados populacionais do IBGE para o ano de 2000.

### **3.3.6. Estimativa da carga poluidora pelo escoamento superficial (*runoff*)**

Para enriquecer a compreensão do processo de degradação da qualidade da água, uma outra análise que considera dados de uso da terra foi ainda realizada: a estimativa da carga poluidora pelo escoamento superficial ou *runoff*. A avaliação qualitativa e quantitativa do escoamento permite estimar o grau de impacto por poluição difusa nas bacias hidrográficas, uma vez que as águas pluviais arrastam consideráveis quantidades de poluentes contidos nos solos urbanos e rurais, as quais acabam por atingir os cursos de água.

No presente trabalho, as estimativas de poluição por escoamento foram obtidas não experimentalmente, mas sim através do “Método Simples para Cálculo da Carga Poluidora

por Escoamento Superficial” (*Simple Method to Calculate Urban Stormwater Load*; conforme SCHUELLER, 1987).

Esse método é prático, pois requer pouca quantidade de informação, e é largamente utilizado em estimativas realizadas em bacias hidrográficas nos E.U.A. Basicamente, são necessários dados como a área de drenagem considerada, a área de cobertura impermeável (definida experimentalmente ou adotando valores padronizados da literatura), concentrações de poluentes para águas de escoamento superficial (também definidas experimentalmente ou a partir de valores da literatura) e dados de precipitação anual.

O cálculo para constituintes químicos foi feito pelo produto entre o volume anual de escoamento e a concentração do poluente, ou seja:

$$L = 0,226 * R * C * A \quad (\text{SCHUELLER, 1987})$$

Onde:

L = Carga anual (libras; posteriormente convertido em kg)

R = Escoamento anual (polegadas)

C = Concentração do poluente ( $\text{mg.L}^{-1}$ )

A = Área (acres)

0,226 = Fator de conversão de unidades

Para bactérias, a equação foi ligeiramente diferente, devido a diferenças de unidades. A equação modificada para bactérias é:

$$L = 1,03 * 10^{-3} * R * C * A \quad (\text{SCHUELLER, 1987})$$

Onde:

L = Carga anual (bilhões de organismos ou colônias)

R = Escoamento anual (polegadas)

C = Concentração de bactérias (por 100 mL)

A = Área (acres)

$1,03 * 10^{-3}$  = Fator de conversão de unidades

O escoamento anual foi calculado pelo produto entre o volume anual de escoamento e um coeficiente de escoamento (Rv), ou seja:

$$R = P * P_j * R_v \quad (\text{SCHUELLER, 1987})$$

Onde:

R = Escoamento anual (polegadas)

P = Precipitação anual (polegadas)

$P_j$  = Fração anual de eventos de chuva que produzem escoamento (usualmente 0,9)

$R_v$  = Coeficiente de escoamento

No Método Simples, o coeficiente de escoamento ( $R_v$ ) é calculado com base na cobertura impermeável da bacia considerada. Essa relação foi obtida por Schueler (1987) e mostra que a impermeabilidade da bacia é razoável para predizer o  $R_v$ . A seguinte equação representa o melhor ajuste para o conjunto de dados de Schueler (1987; N=47,  $R^2=0,71$ ):

$$R_v = 0,05 + 0,9I_a \quad (\text{SCHUELLER, 1987})$$

Onde:

$I_a$  = Fração impermeável da bacia

Os dados de impermeabilidade ( $I_a$ ) podem ser determinados por rotinas que analisam imagens de satélite. Porém, no caso deste trabalho, em função da não disponibilidade dos aplicativos e imagens necessárias, os dados de impermeabilidade foram obtidos de valores médios para classes de uso da terra (urbano e rural) disponíveis na

literatura. Para os cálculos realizados no presente trabalho adotaram-se valores médios de  $Ia$  obtidos de diversos autores para áreas rurais e urbanas (SCHUELER, 1987; HOGLAND, 1994; SCHUELER, 1999). Esses valores foram os seguintes:

$$Ia_{\text{(áreas rurais)}} = 0,07$$

$$Ia_{\text{(áreas urbanas)}} = 0,25$$

As concentrações de poluentes para escoamento rural e urbano foram obtidas calculando-se valores médios, levando-se em conta os dados apresentados por de Schueler (1987); Smullen & Cave (1998); Hogland (1994), Inoue *et al.* (2003) e Hogland (1986). Esses valores obtidos da bibliografia estão apresentados na tabela 3, juntamente com os valores de concentração média de poluentes nos esgotos brutos regionais.

Foram utilizados dados reais de precipitação pluviométrica (ver item 2.6) e de área rural e urbana obtidos durante a execução do presente estudo, sendo que a área rural, nesse caso, compreendeu a soma das áreas das classes de uso *mata/capoeirão; reflorestamento; solo exposto e vegetação rasteira*. As estimativas de carga de escoamento anual foram então calculadas para diferentes poluentes em cada AC e na área de estudo como um todo. Esse cálculo foi realizado apenas para o ano de 2004, já que este foi analisado de janeiro a dezembro no que se refere à precipitação pluviométrica e variáveis em geral, permitindo considerar um ciclo sazonal completo.

Tabela 3. Estimativas médias de concentrações de diferentes poluentes em esgotos domésticos brutos, águas de escoamento superficial urbano (*runoff* urbano) e águas de escoamento superficial rural (*runoff* rural), baseadas em dados de órgãos regionais e dados da literatura.

Variável	Unidade	Concentração média para esgoto doméstico bruto* <sup>A</sup>	Concentração média para águas de escoamento urbano* <sup>B</sup>	Concentração média para águas de escoamento rural* <sup>C</sup>
Coliformes fecais	org.100 mL <sup>-1</sup>	1,39x10 <sup>7</sup>	1,5x10 <sup>5</sup>	-
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg.L	67	0,68	-
N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg.L	0,6	-	-
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg.L	4	2,8	-
NIDT	mg.L	72	3,5	1,9
P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	mg.L	20	0,4	0,12
N total	mg.L	50	2	7,7
P total	mg.L	14	0,26	0,22
DBO <sub>5</sub>	mg.L	240	18	3,4
DQO	mg.L	417	103	9,2
SST	mg.L	950	100	91
Zinco	mg.L	-	0,25	0,02
Chumbo	mg.L	-	0,26	0,07
Cobre	mg.L	-	0,17	0,08
Surfactantes	mg.L	4	-	-

\*A – Valores de concentração média anual registrados pelo órgão regional que monitora esgotos (CASAN – Companhia Catarinense de Águas e Saneamento), exceto para N-total e P-total, que são valores típicos para esgotos no Brasil conforme von Sperling (1996).

\*B – Valores de concentração média de estudos realizados nos EUA conforme Schueler (1987) e Smullen & Cave (1998).

\*C – Valores de concentração média a partir de dados determinados por Holgland (1986); Holgland (1994) e Inoue *et al.* (2003).

### 3.3.7. Usuários da Água e Fontes Poluidoras

Para se ter uma idéia do padrão de espacialização das fontes poluidoras na área de estudo foram realizados dois tipos de levantamento de campo: (a) o mapeamento e caracterização dos usuários de água com consumo maior que um litro por segundo e (b) o mapeamento e caracterização das entradas de fluxo para o curso do rio Itajaí-Açu.

No caso (a), o levantamento consistiu no registro das coordenadas geográficas dos usuários de água que apresentam consumo maior que um litro por segundo, segundo o Cadastro de Usuários de Água da FATMA-SC (Fundação de Amparo à Tecnologia e ao Meio Ambiente de Santa Catarina). O registro foi realizado em campo com o uso de GPS (Global Positioning System). A área definida para o levantamento compreendeu os municípios de Itajaí, Navegantes, Brusque, Luis Alves, Massaranduba, Ilhota, Botuverá, Guabiruba, Indaial, Blumenau, Gaspar, Pomerode, Timbó e Rio dos Cedros. O cadastro da FATMA informava o nome do usuário, o tipo de atividade e o endereço para localização. As coordenadas foram sempre tomadas nas entradas principais de acesso do empreendimento, obedecendo a um critério de melhor aproximação possível dentro da escala de referência adotada (1:50.000). Os usuários foram agrupados nas seguintes categorias: (1) *indústrias* (têxteis, metal-mecânica, alimentícias, abatedouros, de produtos químicos, de processamento de pescado e outras), (2) *postos de combustíveis e oficinas*, (3) empreendimentos de *piscicultura e parques aquáticos* e, (4) *extratores de areia* do leito do rio. Em casos onde os dados do cadastro não conferiram com a realidade, foram feitas observações escritas relatando a situação, tomando-se o telefone do usuário para posterior contato. Além dos empreendimentos constantes no cadastro, usuários novos que foram detectados nas saídas a campo foram também registrados.

Todos os dados de usuários de água foram gerados em atividade conveniada entre a UNIVALI (Universidade do Vale do Itajaí), a FATMA e o Grupo Alemão de Cooperação Científica (GTZ) e serviram também para a geração de um sistema de informações sobre usuários da água na Bacia do Rio Itajaí (CTTMAR-UNIVALI, 2003). Os detalhes de cada usuário, tais como razão social, endereço, coordenadas geográficas etc. não são apresentados nos resultados, estando disponíveis na página do sistema FATMA-GTZ na internet (<http://g10novo.cttmar.univali.br/gtz>).

No caso (b), o levantamento consistiu no registro de todas as entradas de fluxo líquido pontuais, ou eventualmente difusas, para o corpo principal do Baixo Itajaí-Açu (fontes poluidoras), além de empreendimentos potencialmente poluidores (empreendimentos de risco). Foram realizadas 4 saídas de barco pelas duas margens (entre fevereiro e agosto de 2002), registrando a posição dos fluxos com equipamento de GPS, a margem do rio (esquerda ou direita) e o tipo de entrada (*tubulação, córrego em área urbana, córrego em área rural, rio afluente, escoamento superficial e empreendimento de risco*). Esse levantamento só foi possível na seção de rio à jusante da estação #2 devido a limitações de navegabilidade. Em relação às tubulações, só eram registradas aquelas ativas e com diâmetro maior que 10 cm. Tubulações com diâmetro menor só eram consideradas quando em conjunto de pelo menos 10 tubulações ou canos ativos próximos. Os córregos de áreas urbanas sempre representaram cursos de água bastante influenciados por efluentes domésticos e industriais e escoamentos superficiais urbanos, representando, geralmente, fontes poluidoras intensas. Os córregos rurais representaram cursos de água influenciados especialmente por atividades agrícolas, mas eventualmente com influência urbana e industrial. Os rios afluentes foram diferenciados das duas categorias anteriores por apresentarem pelo menos 50 metros de largura e bacias de drenagem amplas (maiores que

10 km<sup>2</sup>). Os pontos de escoamento superficial consistiram basicamente de rejeitos industriais, de mineração e de agricultura irrigada. Por fim, empreendimentos de risco incluíram depósitos de combustíveis e produtos químicos, além de áreas portuárias e atracadouros.

Tanto os dados de usuários de água como das entradas de fluxo foram plotados nas cartas-imagem de uso da terra geradas, possibilitando quantificar e caracterizar a tipologia de usuários e fontes poluidoras em cada área de contribuição das estações amostrais.

Entre as fontes poluidoras ou entradas de fluxo levantadas, foram definidas as principais em termos de quantidade de fluxo e aspecto em termos de poluição potencial. Em 2 saídas de barco posteriores, essas fontes poluidoras foram então amostradas para a determinação de variáveis físico-químicas, bacteriológicas e ecotoxicológicas, gerando uma caracterização preliminar de seu potencial poluidor.

### **3.4. Amostragem**

A Tabela 4 apresenta um esquema resumido das amostragens realizadas, variáveis determinadas, intervalo amostral e detalhes de acondicionamento das amostras (conforme APHA, AWWA & WPCF, 1999).

#### **3.4.1. Estações ordinárias nos rios Itajaí-Açu, Itajaí-Mirim e Ponto Branco**

As amostragens de água nas 9 estações definidas foram realizadas semanalmente, entre agosto de 2003 e dezembro de 2004, sendo que para algumas variáveis a periodicidade foi quinzenal e o intervalo amostral foi menor (Tabela 4). As saídas a campo iniciavam às 8h estendendo-se até às 15h, sendo realizado um percurso por terra de jusante para montante. As amostras eram coletadas com balde provido de cabo e peso, sendo

distribuídas em frascos específicos conforme o tipo de análise. Todos os frascos após coletados eram mantidos em isopor com gelo até o momento do processamento em laboratório (máximo 5 horas). No momento das coletas eram medidas as variáveis físico-químicas da água (pH, condutividade, oxigênio dissolvido, turbidez, salinidade e temperatura) utilizando-se um multianalisador Horiba-U10<sup>®</sup> bem como anotada a temperatura do ar e hora.

As seguintes variáveis foram determinadas nas amostras de água, além das físico-químicas acima citadas: nutrientes inorgânicos dissolvidos – NID (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> e Si(OH)<sub>4</sub>), demanda bioquímica de oxigênio (DBO<sub>5</sub>), demanda química de oxigênio (DQO), surfactantes, compostos organo-halogenados adsorvíveis (AOX), material particulado em suspensão (MPS), metais totais (material em suspensão + dissolvidos; Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Pb e Zn), clorofila-a, coliformes fecais, bactérias totais, picoplâncton autotrófico, toxicidade para *Daphnia magna*, toxicidade para *Skeletonema costatum* ou para *Pseudo-kirchneriella subcapitata* e toxicidade para *Vibrio fischeri* (Lumistox).

### **3.4.2. Sedimentos**

Os sedimentos nas 9 estações definidas foram coletados apenas uma vez (16/12/2004), a fim de determinar preliminarmente algumas características físicas e químicas, indicativas de processos de sedimentação e adsorção de poluentes. A coleta foi realizada com barco utilizando-se draga busca-fundo com 3 litros de capacidade. Em cada estação foram tomadas de 5 a 10 amostras distantes cerca de 1 metro entre si, sendo misturadas em bandeja para gerar uma amostra composta e homogênea. Os sedimentos

assim coletados foram acondicionados em sacos plásticos e isopor com gelo até o processamento em laboratório (máximo 3 horas).

As variáveis determinadas nas amostras de sedimento foram: granulometria, percentual de matéria orgânica e percentual de carbonatos.

### **3.4.3. Fontes Poluidoras**

As fontes poluidoras mais significativas foram amostradas e analisadas em duas ocasiões (19/02/2004 e 25/08/2004), para fins de caracterização de seu potencial poluidor e perfil ecotoxicológico. As seguintes variáveis foram determinadas nessas amostras: demanda química de oxigênio (DQO), surfactantes, compostos organo-halogenados adsorvíveis (AOX), metais totais (material em suspensão + dissolvidos; Cd, Cr, Cu, Fe, Pb e Zn), coliformes fecais, toxicidade para *Daphnia magna*, toxicidade para *Skeletonema costatum* e toxicidade para *Vibrio fischeri* (Lumistox). A relação das fontes poluidoras é apresentada no Anexo 22.

Tabela 4. Resumo das amostragens realizadas mostrando as variáveis determinadas em cada esquema amostral, o intervalo amostral e detalhes de acondicionamento das amostras.

Recipiente		Variáveis determinadas	Intervalo amostral
ID	Característica		
<i>Amostragens de Água nas Estações Ordinárias:</i>			
A0	Balde de coleta	pH, condutividade, oxigênio dissolvido, turbidez, salinidade e temperatura	Semanal 22/08/03 – 16/12/04 (17 meses)
A1	Vidro, tipo DBO, esterilizado, 100 mL	Coliformes fecais, bactérias totais, picoplâncton fototrófico	Quinzenal 05/03/04 – 16/12/04 (10 meses)
A2	Vidro âmbar, 300 mL, acidificação a pH=2 c/ HNO <sub>3</sub>	AOX	Quinzenal 17/10/03 – 16/12/04 (15 meses)
A3	PET, 2.000 mL, acidificação a pH=2 c/ HNO <sub>3</sub>	Metais	Quinzenal 05/03/04 – 16/12/04 (10 meses)
A4	Plástico, 5.000 mL	Nutrientes inorgânicos dissolvidos, clorofila-a, material particulado em suspensão	Semanal 17/10/03 – 16/12/04 (15 meses)
A5	Vidro âmbar, 300 mL	surfactantes	Quinzenal 05/03/04 – 16/12/04 (10 meses)
A6	Vidro, tipo DBO, esterilizado, 300 mL	DBO <sub>5</sub>	Quinzenal 01/04/04 – 16/12/05 (9 meses)
A7	PET, 2.000 mL	Testes ecotoxicológicos,	Quinzenal 23/01/04 – 16/12/04 (12 meses)
<i>Amostragens de Sedimento</i>			
S	Saco plástico triplo	Granulometria, matéria orgânica, carbonatos	Coleta única em 16/12/04
<i>Amostragens de Fontes Poluidoras</i>			
FP0	Balde de coleta	pH, condutividade, oxigênio dissolvido, turbidez, e temperatura	Duas ocasiões: 19/02/2004 e 25/08/2004
FP2	Vidro âmbar, 300 mL, acidificação a pH=2 c/ HNO <sub>3</sub>	DQO e AOX	
FP3	PET, 2.000 mL, acidificação a pH=2 c/ HNO <sub>3</sub>	Metais	
FP4	Plástico, 5.000 mL	Surfactantes, testes ecotoxicológicos	

### **3.5. Variáveis Meteorológicas (precipitação pluviométrica diária e temperatura média diária do ar)**

Os dados de precipitação pluviométrica diária (mm) e a temperatura média diária do ar (°C) foram obtidos de 3 estações meteorológicas mantidas pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), a saber: Estação Meteorológica de Itajaí (26°54'S; 48°39'O), Estação Meteorológica de Indaial (26°54S; 49°19'O) e Estação Meteorológica de Blumenau (26°54'S; 49°04'O). Para avaliar a influência da pluviosidade e temperatura nas estações #0, #1 e #2 utilizaram-se os dados da estação de Indaial; para o caso das estações #3A, #5 e #6, utilizaram-se os dados da estação de Blumenau e, por fim, para o caso das estações #7, #8 e #9, utilizaram-se os dados da estação de Itajaí. Para fins de correlação com outros dados, os valores de precipitação pluviométrica foram utilizados na forma de somatório da precipitação dos 5 dias anteriores ao dia de amostragem. Esse somatório teve o objetivo de considerar o efeito cumulativo de chuvas sobre as áreas de drenagem da bacia, uma vez que há um retardo natural entre a precipitação e o escoamento para o rio nos diferentes locais de amostragem considerados. O intervalo de obtenção de dados meteorológicos foi de 17/10/03 a 16/12/04.

### **3.6. Descarga líquida do rio (vazão)**

Os dados de descarga líquida para a área de estudo foram obtidos da estação fluviométrica de Indaial, mantida pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Esta estação é a mais próxima da desembocadura do rio Itajaí-Açu sem influência da maré (cerca de 90 km), representando uma área de captação de 11.110 km<sup>2</sup>, ou aproximadamente 74% de toda a bacia de drenagem. Os dados de nível da água medidos em régua foram convertidos em m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>. O intervalo amostral foi de 17/10/03 a 31/12/04.

### **3.7. Variáveis físico-químicas**

#### **3.7.1. Material Particulado em Suspensão**

O material particulado em suspensão foi determinado através do método gravimétrico (STRICKLAND & PARSONS, 1972), onde volumes conhecidos de água são filtrados em filtros de fibra de vidro GF/C secos e com massa conhecida. Após a filtração e secagem os filtros foram novamente pesados para gerar a diferença correspondente à massa de material em suspensão. O intervalo amostral foi de 17/10/03 a 16/12/04.

#### **3.7.2. Turbidez, condutividade, salinidade, pH, oxigênio dissolvido e temperatura da água**

Os dados de turbidez (UNT), condutividade ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-2}$ ), salinidade (‰), pH, oxigênio dissolvido ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ) e temperatura da água ( $^{\circ}\text{C}$ ) foram determinados *in situ*, no momento das amostragens, utilizando um multianalisador de água Horiba<sup>®</sup> AU-10.

### **3.8. Variáveis Químicas**

#### **3.8.1. Nutrientes Inorgânicos Dissolvidos (NID)**

Os Nutrientes Inorgânicos Dissolvidos ( $\text{N-NH}_4^+$ ,  $\text{N-NO}_2^-$ ,  $\text{N-NO}_3^-$ ,  $\text{P-PO}_4^{3-}$  e  $\text{Si(OH)}_4$ ) foram determinados após filtração de alíquotas das amostras de água através de filtros GF/C Whatman<sup>®</sup>, utilizando métodos colorimétricos clássicos (espectrofotômetro Shimadzu<sup>®</sup> UV-160 A), adaptados de Strickland & Parsons (1972). Os valores foram convertidos em  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ .

Com o somatório das concentrações molares de nutrientes nitrogenados inorgânicos dissolvidos ( $\text{N-NH}_4^+ + \text{N-NO}_2^- + \text{N-NO}_3^-$ ) dividido pelas concentrações molares de  $\text{P-PO}_4^{3-}$ , foram ainda obtidas as razões N:P. Esse parâmetro indica o estado nutricional das águas para o fitoplâncton, tendo como valor ideal 16:1.

### **3.8.2. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO<sub>5</sub>)**

A DBO<sub>5</sub> foi determinada conforme metodologia padrão (APHA/AWWA/WPCF, 1999), sendo que as leituras de oxigênio dissolvido foram realizadas com oxímetro YSI 5000.

### **3.8.3. Surfactantes aniônicos**

Os surfactantes foram determinados nas amostras filtradas pelo mesmo procedimento descrito para NID. Utilizou-se o método colorimétrico do azul de metileno e extração com clorofórmio, padronizado em um conjunto analítico comercial fabricado pela MERCK® (*Spectroquant kit 14697*), com sensibilidade de 0,05 – 2,00 mg.L<sup>-1</sup> e leitura em fotômetro *Spectroquant NOVA 60* – MERCK®. Amostras com salinidade foram diluídas com água destilada até o valor ser menor ou igual a 1‰, a fim de eliminar a interferência de cloretos (APHA/AWWA/WPCF, 1999).

### **3.8.4. Demanda Química de Oxigênio (DQO)**

A DQO foi determinada apenas para as amostras de fontes poluidoras, cujas características inviabilizariam a medição da DBO<sub>5</sub> devido à toxicidade e alta concentração orgânica. O método de determinação foi o da oxidação com dicromato de potássio em meio

ácido, utilizando-se um conjunto analítico comercial fabricado pela MERCK® (*Spectroquant kit 14541*), com sensibilidades de 100-1500 mg.L<sup>-1</sup>, conforme a carga orgânica da amostra. As leituras colorimétricas foram realizadas em fotômetro *Spectroquant NOVA 60* – MERCK®. Amostras com salinidade foram diluídas com água destilada até o valor ser menor ou igual a 1‰, a fim de eliminar a interferência de cloretos (APHA/AWWA/WPCF, 1999).

### **3.8.5. Compostos organo-halogenados adsorvíveis (AOX)**

A concentração de AOX, um parâmetro de soma de poluentes organo-halogenados, foi determinada de acordo com a norma DIN 38409-H14 (1985). As amostras de água ou fontes poluidoras foram acidificadas a pH=2 com HNO<sub>3</sub> (em campo) e diluídas quando a DQO era maior que 10 mg.L<sup>-1</sup> (fontes poluidoras) e a salinidade era maior que 1‰. Aliquotas de 100 mL eram adicionadas de 5 mL KNO<sub>3</sub> 0,2 M e uma medida padrão de carvão ativado para AOX (MERCK®, granulometria < 150µm, superfície específica mínima de 850 m<sup>2</sup>.g<sup>-1</sup>). Essas amostras foram agitadas por 2 horas e então filtradas através de membrana de policarbonato (porosidade de 0,2 µm). Cada membrana com o material retido (carvão ativado + compostos adsorvidos) foram colocados no forno do analisador de AOX Coulomat® 7020CL para combustão a 950°C. Subseqüentemente, há uma seqüência de medições quantitativas da reação entre os compostos halogenados derivados da combustão do filtro e a prata liberada eletrodo de alta sensibilidade. Os resultados foram expressos em µg Cl.100 mL<sup>-1</sup> e então convertidos para mg.L<sup>-1</sup>.

### 3.8.6. Metais

Os metais Cd, Cr, Cu, Fe, Pb e Zn foram determinados na forma de metais totais, ou seja, o somatório das frações dissolvida e particulada (associada ao material em suspensão). Foram selecionados apenas esses metais em função da indicação de trabalhos anteriores que apontam os mesmos como mais provavelmente presentes como contaminantes na região (SILVA & SILVA, 1999; KUROSHIMA & BELLOTTO, 1997).

Para o preparo das amostras, uma alíquota de 50 mL era adicionada de 2,5 mL de ácido nítrico e aquecida até que o volume ficasse reduzido a cerca de 5 mL. As amostras eram então avolumadas a 50 mL com água ultrapura, estando prontas para análise. A análise foi então realizada em um espectrofotômetro de absorção atômica marca Varian<sup>®</sup> modelo AA-55, sendo as determinações realizadas em chama EAA - ar e acetileno para todos os metais exceto para o cromo, realizada com chama EAA - acetileno e óxido nítrico. Os resultados foram expressos em mg.L<sup>-1</sup> de metais totais.

### 3.8.7. Clorofila-a

Para a análise de clorofila-a, alíquotas de volume conhecido das amostras foram filtradas em filtro de fibra de vidro GF/C com 25 mm de diâmetro, sendo os filtros extraídos com 10 mL de acetona 90% (v/v) por 24 horas no escuro dentro de congelador (-15°C) (PARSONS *et al.*, 1989). As amostras assim extraídas foram lidas em fluorímetro Turner Designs<sup>®</sup> TD-700, munido de sistema de filtros TD7000-962 com filtro de excitação 10-113 para 436 nm e filtro de emissão 10-115 para 680 nm. Para a calibração do fluorímetro utilizou-se um cultivo da microalga *Skeletonema costatum* em crescimento exponencial. Um volume conhecido desse cultivo foi filtrado, passando pelo mesmo processo de extração e leitura das amostras, porém também foi realizada a determinação

espectrofotométrica de clorofila-a do mesmo para a posterior conversão dos valores de fluorescência (conforme PARSONS *et al.*, 1989). Os resultados foram expressos em  $\mu\text{g.L}^{-1}$ .

### **3.9. Variáveis Biológicas**

#### **3.9.1. Coliformes fecais (colimetria)**

Os coliformes fecais (*Escherichia coli*) foram determinados utilizando o sistema Colilert (EDBERG *et al.*, 1991). Para as amostras de água superficial foram realizadas até 3 diluições e para amostras de fontes poluidoras até 7 diluições.

#### **3.9.2. Bactérias totais e picoplâncton fototrófico**

As amostras para a determinação das bactérias totais e picoplâncton fototrófico foram as mesmas usadas para a determinação de coliformes fecais. Após a coleta da alíquota para a colimetria, as amostras eram fixados com 10 mL de solução formol 40%, gerando uma concentração final de 4% nos frascos.

As bactérias totais (autotróficas + heterotróficas) foram quantificadas por contagem ao microscópio de fluorescência conforme Hobbie *et al.* (1977). O procedimento envolvia a filtração de 1 a 5 mL de amostra em filtro de policarbonato de 0,2  $\mu\text{m}$  de porosidade. Antes de iniciar a filtração, a amostra inserida no funil de filtração era incubada por 5 minutos com 1 mL do corante fluorescente laranja de acridina. Completada a filtração, o filtro corado era colocado sobre uma lâmina de microscópio e sobre o material filtrado era colocada uma gota de óleo de imersão não fluorescente. O filtro era então coberto por uma lamínula fixada com esmalte incolor. As lâminas permanentes assim confeccionadas foram estocadas em refrigerador por no máximo 2 meses e então quantificadas sob microscópio de fluorescência Olympus BX-40-FLA, utilizando-se filtro de excitação de 450-480 nm,

filtro de barreira de 515 nm e divisor de feixe de 500 nm. Amostras com intensa influência de fontes poluidoras relacionadas a esgotos eram diluídas em até 1% com solução tampão  $\text{P-PO}_4^{3-}$  antes da filtração.

No caso do picoplâncton fototrófico (bactérias autotróficas contendo clorofila-a e ficobilinas), a enumeração foi realizada através de contagem direta por microscopia de autofluorescência (MACISAAC & STOCKNER, 1993). As lâminas eram preparadas da mesma maneira como descrito para bactérias totais, porém sem a incubação com o corante fluorescente. Nesse caso, entretanto, devido a rápida degradação dos pigmentos fluorescentes, as lâminas eram preparadas em no máximo 24 horas após a fixação da amostra e analisadas no máximo 72 horas após a preparação, sendo mantidas em refrigerador até a análise. O conjunto óptico, nesse caso, compreendeu em filtro de excitação de 510-550 nm, filtro barreira de 590 nm e divisor de feixe de 570 nm.

Por ocasião das contagens, em ambos os casos acima descritos, a ocorrência de organismos eucariontes era também registrada e quantificada, bem como o percentual geral de microrganismos de vida livre ou atados a detritos e filmes, além de observações sobre as dimensões e formas das células.

A análise de bactérias totais permite a avaliação da biomassa do nível trófico de decompositores e a das bactérias fototróficas gera estimativas da capacidade autotrófica de um sistema aquático. Essas últimas, muitas vezes, são os principais produtores primários desses sistemas, apresentando fotossíntese eficiente e adaptabilidade tanto a altas como baixas irradiâncias (FOGG, 1995). A quantificação conjunta desses grupos microbianos pode ser indicativa do estado de alteração de ecossistemas aquáticos, permitindo inferências sobre sua natureza heterotrófica ( $P < R$ ) ou autotrófica ( $P > R$ ) (STOCKNER, 1988).

### 3.10. Variáveis ecotoxicológicas

Três tipos de testes ecotoxicológicos padronizados internacionalmente foram aplicados nas amostras de água superficiais (estações ordinárias) e de fontes poluidoras: (a) teste de inibição da motilidade em *Daphnia magna* conforme ISO 6341 (1996); (b) teste de inibição do crescimento algal com *Skeletonema costatum* conforme ISO 10253 (1995) ou com *Pseudo-kirchneriella subcapitata* (denominação recente para *Selenastrum capricornutum*); e (c) teste de inibição da luminescência em *Vibrio fischeri* (Lumistox<sup>®</sup>), conforme ISO 11348-1 (1998). Os organismos envolvidos, portanto, pertenciam a três níveis tróficos: consumidores (*D. magna*), produtores primários (*S. costatum* e *Pseudo-kirchneriella subcapitata*) e decompositores (*V. fischeri*). No caso das algas, as amostras que apresentavam salinidade eram avaliadas com *S. costatum* e as que não apresentavam salinidade com *P. subcapitata*. Para o caso das fontes poluidoras optou-se por fazer os testes apenas com *S. costatum*, que se mostrou mais sensível em experimentos preliminares.

Para o teste com *D. magna*, amostras com salinidade eram diluídas até salinidade  $\leq$  5‰, valor máximo tolerado pela espécie conforme experimentos prévios, fazendo-se as correções devidas para o cálculo dos percentuais de efeito e parâmetros ecotoxicológicos. Para o teste com *S. costatum*, as amostras eram salinizadas até a salinidade de cultivo da cepa (31‰) com salmoura a 120‰, considerando-se os efeitos de diluição para o cálculo dos percentuais de efeito e parâmetros ecotoxicológicos. No caso do teste com *V. fischeri*, o procedimento padrão já envolve o ajuste da salinidade a 20‰.

O controle da sensibilidade dos organismos teste era feito em média a cada 3 meses, utilizando-se dicromato de potássio para *D. magna* e Cloreto de Zinco para *S. costatum*, *P. subcapitata* e *Vibrio fischeri*. Os dados de sensibilidade de cada um dos organismos-teste estão apresentados na tabela 5.

Para os testes com *S. costatum* e *D. magna* realizados com as fontes poluidoras e com as substâncias de referência, que envolviam diversas diluições, os resultados de efeitos foram testados quanto à normalidade (testes do Chi-quadrado e Shapiro-Wilks) e homogeneidade (testes de Hartley e de Bartlett) antes de serem submetidos à análise de variância (ANOVA; teste de Bonferroni) para verificar a significância. Se os dados não apresentavam normalidade ou homogeneidade, os mesmos eram transformados. Se a transformação não era eficaz, os resultados eram então submetidos a um teste não-paramétrico (Teste de Wilcoxon ou Kruskal-Wallis), porém isso foi raramente necessário. Todas essas análises estatísticas foram realizadas segundo as recomendações de Zar (1999). Somente resultados significativos eram submetidos ao cálculo do parâmetro ecotoxicológico (*endpoint*) CE<sub>50</sub> (concentração efetiva mediana) através do método Trimmed Spearman-Kärber; conforme Hamilton *et al.*, 1977). Para os resultados dos testes com *D. magna* e *V. fischeri*, que são regulamentados no Estado de Santa Catarina pela Portaria 017/2002 da FATMA, foi ainda gerado o parâmetro FD, que representa a diluição que não causa efeito tóxico significativo, considerando um fator de diluição de 0,5.

As características gerais de cada teste estão apresentadas na tabela 6. Os reagentes e meios de cultura foram exatamente os indicados pelas normas acima referidas, sendo sempre utilizados produtos dos fabricantes Merck® ou Sigma-Aldrich®.

Tabela 5. Dados de sensibilidade dos organismos-teste utilizados nas avaliações ecotoxicológicas em relação a substâncias de referência. Convenções: CE<sub>50</sub>= concentração efetiva mediana; LI= limite inferior da CE<sub>50</sub>; LS= limite superior da CE<sub>50</sub>; CE<sub>20</sub>= concentração efetiva para efeito de 20%.

Organismo	Substância de referência	CE <sub>50</sub> LI – LS (µg.L <sup>-1</sup> )	Duração do teste (horas)	Data do teste
<i>Skeletonema costatum</i>	ZnCl <sub>2</sub>	80 74,6 – 85,4	72	Fevereiro 2004
<i>Skeletonema costatum</i>	ZnCl <sub>2</sub>	67 61,4 – 72,6	72	Junho 2004
<i>Skeletonema costatum</i>	ZnCl <sub>2</sub>	101 93,2 – 108,8	72	Setembro 2004
<i>Skeletonema costatum</i>	ZnCl <sub>2</sub>	85 78,6 – 91,4	72	Dezembro 2004
<i>Pseudo-kirchneriella subcapitata</i>	ZnCl <sub>2</sub>	102,4 94 – 111	72	Janeiro 2004
<i>Pseudo-kirchneriella subcapitata</i>	ZnCl <sub>2</sub>	83 74,7 – 91,6	72	Maio 2004
<i>Daphnia magna</i>	K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	830 880 – 790	24	Maio 2004
<i>Daphnia magna</i>	K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	820 900 – 750	24	Setembro 2004
<i>Daphnia magna</i>	K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	390 430 – 360	24	Novembro 2004
<i>Daphnia magna</i>	K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	470 490 – 440	24	Fevereiro 2005
<i>Daphnia magna</i>	K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	380 430 – 340	24	Abril 2005
<i>Daphnia magna</i>	K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	460 520 – 410	24	Abril 2005
<i>Vibrio fischeri</i>	ZnCl <sub>2</sub>	6.100 5.720 – 7.030	1	Agosto 2003
<i>Vibrio fischeri</i>	ZnCl <sub>2</sub>	5.650 4.870 – 6.550	1	Setembro 2003
<i>Vibrio fischeri</i>	ZnCl <sub>2</sub>	16.490 12.480 – 21.780	1	Julho 2004
<i>Vibrio fischeri</i>	ZnCl <sub>2</sub>	15.900	1	Janeiro 2005
<i>Vibrio fischeri</i>	ZnCl <sub>2</sub>	2.860*	1	Agosto 2003
<i>Vibrio fischeri</i>	ZnCl <sub>2</sub>	2.590*	1	Setembro 2003
<i>Vibrio fischeri</i>	ZnCl <sub>2</sub>	5.800*	1	Julho 2004
<i>Vibrio fischeri</i>	ZnCl <sub>2</sub>	5.600*	1	Janeiro 2005

\* Valores em CE<sub>20</sub>, parâmetro ecotoxicológico padrão para os testes com *V. fischeri*.

Tabela 6. Características gerais dos testes ecotoxicológicos realizados com as amostras de água superficial e de fontes poluidoras.

Característica	Teste Ecotoxicológico		
	<i>Daphnia magna</i>	<i>Skeletonema costatum</i> (SK) <i>Pseudo-kirchneriella subcapitata</i> (PS)	<i>Vibrio fischeri</i>
Tempo de incubação	48h	72h	2 h
Temperatura de incubação	20°C	20°C	15°C
Luz	Luz difusa, constante	80µE.cm <sup>-2</sup> .s <sup>-1</sup> , constante	Escuro
Salinidade	0‰	SK: 31‰ PS: 0 ‰	20‰
Meios de manutenção/alimentação dos organismos-teste	Meios: básico e M4 (ELENDR & BIAS, 1990) Alimentação <i>Scenedesmus subspicatus</i>	SK: Meio F/2 (GUILLARD, 1975) PS: Meio Chu (1942)	Meio de cultura conforme ISO (1998)
Diluições	Água superficial: 100% Fontes poluidoras: 6%, 13%, 25%, 50%, 100%	Água superficial: SK 70-90%; PS 100% Fontes poluidoras: 6%, 10%, 20%, 40%, 80%	Água superficial: 50% Fontes poluidoras: 50%, 80%, 90%
Nº de réplicas por diluição	2	3	2
Organismos por réplica	20	-	-
Parâmetro fisiológico avaliado (PF)	Inibição da motilidade	Inibição da taxa de crescimento	Inibição da luminescência
Método de quantificação do PF e equipamento	Observação direta com lupa iluminada	Medição da fluorescência de clorofila-a <i>in vivo</i> ; fluorímetro Turner® TD700	Medição da luminescência <i>in vivo</i> ; Luminômetro Dr. Lange® Lumistox
Parâmetro ecotoxicológico calculado	Água superficial: % de efeito Fontes poluidoras: CE <sub>50</sub> * <sup>1</sup> , CENO* <sup>2</sup> e FD* <sup>3</sup>	Água superficial: % de efeito Fontes poluidoras: CE <sub>50</sub> * <sup>1</sup> e CENO* <sup>2</sup>	Água superficial: % de efeito Fontes poluidoras: CE <sub>50</sub> * <sup>1</sup> , CE <sub>20</sub> * <sup>4</sup> , CENO* <sup>2</sup> e FD* <sup>3</sup>

\*1: CE<sub>50</sub>= concentração efetiva mediana;; LI e LS= limites inferior e superior da CE<sub>50</sub>

\*2: CENO= máxima concentração em que não se observou efeito

\*3: FD= máximo fator de diluição que não gerou efeito tóxico significativo

\*4: CE<sub>20</sub>= concentração efetiva para 20% de efeito

### 3.11. Variáveis físicas e químicas dos sedimentos

As características granulométricas e texturais dos sedimentos de fundo foram determinadas após lavagem, peneiramento em intervalos de ¼ de phi (KRUMBEIN, 1934) e pesagem para a determinação das classes granulométricas (SHEPARD, 1954), e parâmetros estatísticos foram obtidos (FOLK & WARD, 1957) para determinar os percentuais relativos de cascalho, areia, silte e argila. Os percentuais de carbonato de

cálcio e de matéria orgânica presentes nos sedimentos foram determinados utilizando o método gravimétrico clássico (DEAN, 1974).

### **3.12. Índice de Qualidade de Água (IQA)**

Para gerar uma avaliação simplificada dos dados de qualidade de água foi calculado, quando e onde possível, um índice de qualidade de água (IQA).

Optou-se pelo IQA desenvolvido em 1970, pela “National Sanitation Foundation” dos Estados Unidos, com as modificações propostas por COMITESINOS (1990) e Bendatti *et al.* (2003), além de outras adaptações explicadas adiante. Esse índice, ou adaptações do mesmo, é utilizado no Brasil pela CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo) desde 1975 e também pelo DMAE (Departamento Municipal de Água e Esgoto de Porto Alegre – RS) desde o início da década de 1980. A versão aqui utilizada incorpora 8 variáveis consideradas relevantes para a avaliação da qualidade das águas, tendo como determinante principal a utilização das mesmas para abastecimento público: percentual de saturação do oxigênio dissolvido (%O<sub>2</sub>), pH, demanda bioquímica de oxigênio (DBO<sub>5</sub>), nitrogênio inorgânico dissolvido total (NIDT), fosfato (P-PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>), material particulado em suspensão (MPS), turbidez e coliformes fecais (CF). A adaptação em relação ao IQA utilizado pelo DMAE (BENDATTI *et al.*, 2003) relaciona-se à variável indicadora de compostos nitrogenados, onde o DMAE utiliza apenas o nitrato (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>). Em relação ao IQA utilizado pela CETESB, as diferenças relacionam-se ao uso adicional por esse órgão da variável temperatura da água e ao uso de nitrogênio total e fósforo total, ou seja, incluem uma gama maior de compostos nitrogenados e de fósforo (p.ex.: orgânicos). Os cálculos, entretanto, seguem os mesmos critérios definidos pela metodologia original e adotados por esses dois órgãos.

O IQA foi então calculado pelo produtório ponderado das qualidades de água correspondentes às 8 variáveis citadas, utilizando a fórmula:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

onde:

*IQA* é o Índice de Qualidade da Água, um número entre 0 e 100;  $q_i$  é a qualidade da *i*-ésima variável, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva "curva média de variação de qualidade", em função de sua concentração ou medida, e  $w_i$  é o peso correspondente à *i*-ésima variável, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade, sendo que:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

onde:

*n* é o número de variáveis que entram no cálculo do IQA.

Os pesos relativos de cada variável e as equações das curvas estão apresentadas na tabela 7. As faixas de qualidade de água definidas pelo IQA variam de *péssimo* a *excelente* (Tabela 8). No caso de não se dispor do valor de algum dos 8 parâmetros, o cálculo do IQA é inviabilizado.

Tabela 7. Parâmetros utilizados no cálculo do Índice de Qualidade da Água (IQA), seus pesos relativos e equações ajustadas das curvas de variação da qualidade.

Variável	Peso Relativo (W <sub>i</sub> )	Equação ajustada à curva
% O <sub>2</sub>	0,19	$q = -0,0057 * (\% \text{ O}_2)^2 + 1,5266 * (\% \text{ O}_2) - 10,545$
CF	0,17	$q = \exp(-0,074302 * \ln(\text{CF}) - 3,50713 * 1/(\text{CF}) - 3,816887 * (1/(\text{CF}))^2 + 4,38849 * (\exp(1/\text{CF})) - 0,0178695 * (\ln(\text{CF}))^2)$
pH	0,13	$q = \exp(-0,0131 * (\text{pH})^3 + 2,5278 * 10^{-5} * \exp(\text{pH}) + 1,38718 * (\ln(\text{pH}))^3 - 1,871314 * \ln(\ln(\text{pH})))$
DBO <sub>5</sub>	0,11	$q = \exp(4,60934 - 0,130825 * (\text{DBO}_5) + 0,0014955 * (\text{DBO}_5)^2 - 2,06527 * 10^{-5} * (\text{DBO}_5^3))$
Fosfato	0,11	$q = 98,259 * \exp^{-0,9163 * (\text{fosfato})}$
NIDT	0,11	$q = 95,49 * \exp^{-0,0722 * (\text{NIDT})}$
Turbidez	0,09	$q = \exp(4,567765 - 0,0209573 * (\text{Turbidez}) + 4,1215 * 10^{-5} * (\text{Turbidez})^2 - 5,319846 * 10^{-8} * (\text{Turbidez})^3)$
MPS	0,09	$q = \exp(4,404 + 0,0011838 * (\text{MPS}) - 9,1605 * 10^{-6} * (\text{MPS})^2 + 6,48885 * 10^{-9} * (\text{MPS})^3)$

Modificado de COMITESINOS (1993)

Tabela 8. Faixas de valores do Índice de Qualidade da Água (IQA) e sua respectiva classificação.

Faixas de IQA	Classificação da qualidade da água
0 – 25	Péssimo
26 – 50	Ruim
51 – 70	Regular
71 – 90	Bom
91 – 100	Excelente

Fonte: Bendatti *et al.* (2003)

### 3.13. Fator de incremento

Considerando que, a partir de um ponto branco ou de referência, as águas de um rio tendem a receber progressivamente maiores concentrações de elementos diversos, e que esse aumento está fortemente relacionado com a intensidade de atividade antropogênica, pode-se obter uma avaliação da degradação progressiva da qualidade da água pelo cálculo

dos fatores de incremento (FIs). Esse cálculo é feito dividindo-se os valores das concentrações de diferentes variáveis diagnósticas de cada estação ao longo do trecho estudado pelas concentrações do ponto branco. Para proceder nessa análise com os dados do presente trabalho, optou-se por gerar FIs para cada estação e em cada data de amostragem, calculando-se posteriormente os FIs médios para cada variável em cada estação, apresentando-se também os erros padrões dessas médias. Em variáveis que apresentaram valores zero (0) no ponto branco, o cálculo foi realizado diretamente com os valores médios da variável ao longo de todo o período amostral, não sendo possível, nesses casos, a apresentação do erro padrão da média. Assim, foram gerados FIs para as seguintes variáveis: nutrientes inorgânicos dissolvidos, MPS, DBO<sub>5</sub>, metais, surfactantes, AOX, clorofila-a, picoplâncton fototrófico, bactérias totais e coliformes fecais.

#### **3.14. Comparações entre cargas aportadas e cargas estimadas**

Na tentativa de compreender melhor o balanço de materiais que interferem na qualidade da água, foram realizadas comparações entre os resultados obtidos nas análises com as amostras semanais ou quinzenais e os valores esperados pelo somatório entre as cargas de escoamento e as de origem populacional nas áreas de contribuição (carga de QPC).

Para tanto foram calculadas as cargas diárias dos diferentes componentes através do produto entre a vazão diária do rio e a concentração de cada componente considerado. Como não existem dados diários para as variáveis em questão, optou-se por calcular valores médios de carga de cada componente, considerando apenas os dias em que havia dados para mesmos. Os componentes ou variáveis considerados foram: coliformes fecais, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, nitrogenados inorgânicos dissolvidos totais, P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, DBO<sub>5</sub>,

material particulado em suspensão, surfactantes, zinco total, chumbo total e cobre total. As demais variáveis não foram utilizadas por não haverem estimativas para as mesmas nos dados obtidos para carga de escoamento e cargas de origem populacional (QPC).

Os dados de escoamento urbano, escoamento rural e cargas relacionadas à QPC foram somados para gerar um valor geral de Contribuição Superficial e Populacional (CSP) de poluentes. Os valores de todas as variáveis foram transformados em  $\text{kg.dia}^{-1}$  (ou organismos por dia no caso de coliformes fecais) e então se dividiram os valores obtidos de carga (concentração x vazão) pelos valores obtidos de CSP, gerando uma razão entre a *estimativa de carga aportada* e a *estimativa de CSP* (razão ECA : CSP).

Os cálculos foram realizados para as estações ou ACs #1, #2, #3a, #5, #6, #7 e #9. Para algumas variáveis ou componentes não haviam dados de concentração para todos os três tipos de carga considerados (escoamento rural, escoamento urbano e QPC), o que implica em subestimação. Essas variáveis foram coliformes fecais (sem dados para escoamento rural),  $\text{N-NH}_4^+$  (sem dados para escoamento rural),  $\text{N-NO}_2^-$  (sem dados para escoamento rural e urbano),  $\text{N-NO}_3^-$  (sem dados para escoamento rural), surfactantes (sem dados para escoamento rural e urbano) e os metais zinco total, chumbo total e cobre total (sem dados para QPC, ou esgoto doméstico).

### **3.15. Análises estatísticas**

As diferentes variáveis foram graficadas de duas maneiras: espacial e temporalmente, como já comentado anteriormente. Nesses gráficos, devido à relativamente grande quantidade de dados, optou-se por mostrar valores médios, representados por colunas, com apresentação de uma medida de variação sobre essas médias, o erro padrão

(desvio padrão dividido pela raiz quadrada do  $n$  amostral). Os dados brutos para todas as variáveis determinadas estão apresentados nos anexos.

Com os resultados dos testes ecotoxicológicos foram realizadas análises de variância, já descritas no item 2.10. Essas análises visaram testar a consistência dos resultados, bem como identificar e validar parâmetros ecotoxicológicos.

Para evidenciar e compreender as relações entre os diferentes dados descritivos da qualidade das águas, bem como simplificar sua apresentação, foram realizadas diversas técnicas multivariadas exploratórias tais como Análises de Componentes Principais, Análises de Agrupamentos e Análises Fatoriais, além de análises de correlação simples. Após uma gama de testes e exercícios concluiu-se que o melhor desempenho e clareza para as avaliações integradas de dados foram obtidos com as Análises de Componentes Principais (ACPs). Em função disso somente essas análises foram apresentadas nos resultados e discutidas.

Nas matrizes iniciais de dados submetidas às ACPs (planilhas), os valores das variáveis foram logaritmizados ( $\log(x+1)$ ) para normalização das amplitudes de variação, seguindo as recomendações de Pielou (1984).

Em função da diferença de períodos amostrais entre as diferentes variáveis, duas vertentes distintas de ACPs foram realizadas: (1) apenas com os dados físico-químicos e químicos descritivos das características gerais das águas, compreendendo 54 dias de amostragem e cerca de 486 amostras e, (2) com os dados físico-químicos e químicos gerais, mais as variáveis biológicas e indicadoras de poluição/contaminação, compreendendo 20 dias de amostragem e 180 amostras. No primeiro caso o intervalo amostral foi de 17/10/2003 a 16/12/2004, sendo utilizadas as variáveis: condutividade, salinidade (quando aplicável),  $N-NH_4^+$ , temperatura da água, clorofila-a, pH, silicato,  $P-PO_4^{3-}$ , oxigênio

dissolvido, nitrogênio inorgânico dissolvido total ( $\text{N-NH}_4^+ + \text{N-NO}_3^- + \text{N-NO}_2^-$ ), material particulado em suspensão, turbidez, descarga líquida do rio (vazão) e precipitação pluviométrica acumulada de 5 dias prévios. No segundo caso, o intervalo amostral foi de 05/03/2004 a 16/12/2004, sendo utilizadas, além das variáveis acima citadas: coliformes fecais, bactérias totais, picoplâncton fototrófico, AOX, cádmio total, chumbo total, cobre total, cromo total, ferro, zinco,  $\text{DBO}_5$ , surfactantes.

Para ambas matrizes de dados consideradas realizou-se, além de uma ACP geral envolvendo todas as amostras integradamente, ACPs considerando dados de cada estação amostral em separado, a fim de verificar tanto a tendência geral como tendências específicas de relações em cada estação amostral. Só foram apresentadas e discutidas as ACPs em modo R, ou seja, onde as variáveis (e não as amostras ou casos) são dispostas no sistema de eixos fatoriais.

## **4. RESULTADOS**

### **4.1. Análises Espaciais**

#### **4.1.1. Uso da Terra**

Os sistemas de informações geográficas (SIG) utilizados permitiram a delimitação mais precisa das dimensões da área de estudo, que atingiu 2.660 km<sup>2</sup>.

Com o processamento das informações geradas pelo modelo digital de elevação de terreno (MDT) foi possível a demarcação das áreas de contribuição (ACs) para as estações #1, #2, #3a, #5, #6, #7 e #9 (Figura 1). Não foram geradas ACs para as estações #0 (ponto branco) e #8, pois estas áreas extrapolam a área de estudo pré-definida em função das imagens de satélite disponíveis. A fração de área à montante da estação #0 foi somada à AC da estação #1; e a fração de área relacionada à estação #8 foi somada à AC9.

A maior área de contribuição foi a AC2 (714 km<sup>2</sup>), que engloba grande parte da área urbana e rural do município de Blumenau, o mais populoso da bacia, além de áreas dos municípios de Indaial, Pomerode e Timbó. A segunda maior área de contribuição foi a AC7 (702 km<sup>2</sup>), que compreende, principalmente, extensas áreas não urbanizadas dos municípios de Ilhota, Luis Alves, Massaranduba, Itajaí e Navegantes. A menor AC foi a da estação #5 (187 km<sup>2</sup>), que abrange grande parte do município de Gaspar e pequena parte de Blumenau. As informações detalhadas das dimensões de cada AC, bem como da repartição de classes de uso em cada uma delas e no total da área de estudo estão apresentados na tabela 9 e na figura 2. A representação cartográfica detalhada do uso da terra nas ACs está apresentada nos anexos 1 a 7.

Tabela 9. Características do uso da terra na bacia do baixo rio Itajaí-Açu, apresentadas relativamente às áreas de contribuição de drenagem das estações amostrais (ACs) e em valores totais. *Obs.: os dados referentes à AC8 foram somados aos da AC9, pois não foram gerados dados totalizados para a AC8 (Sub-Bacia do Itajaí-Mirim).*

Classes de Uso		AC1	AC2	AC3a	AC5	AC6	AC7	AC9	Área Total
Área Urbanizada	km <sup>2</sup>	7,8	57,6	19,7	13,7	20,3	29,3	52,2	200,5
	%	3,4	8,1	8,1	7,3	9,0	4,2	14,5	7,5
Cursos de Água	km <sup>2</sup>	1,5	2,7	0,7	1,9	2,3	3,3	4,3	16,7
	%	0,6	0,4	0,3	1,0	1,0	0,5	1,2	0,6
Mata / Capoeirão	km <sup>2</sup>	174,3	416,0	186,2	133,4	118,1	384,1	172,1	1584,2
	%	76,3	58,3	76,9	71,6	52,2	54,7	47,7	59,6
Reflorestamento	km <sup>2</sup>	4,6	8,2	0,7	3,0	4,1	29,6	10,3	60,6
	%	2,0	1,2	0,3	1,6	1,8	4,2	2,9	2,3
Solo Exposto	km <sup>2</sup>	0,6	6,5	7,2	1,5	4,3	11,1	7,5	38,6
	%	0,2	0,9	3,0	0,8	1,9	1,6	2,1	1,5
Vegetação Rasteira	km <sup>2</sup>	39,8	222,8	27,6	33,0	77,1	217,6	114,1	731,9
	%	17,4	31,2	11,4	17,7	34,1	31,0	31,7	27,5
Sem dados	km <sup>2</sup>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	27,2	0,0	27,2
	%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,9	0,0	1,0
Área Total	km <sup>2</sup>	228,6	713,8	242,0	186,5	226,1	702,2	360,5	2659,7
	%	8,6	26,8	9,1	7,0	8,5	26,4	13,6	100

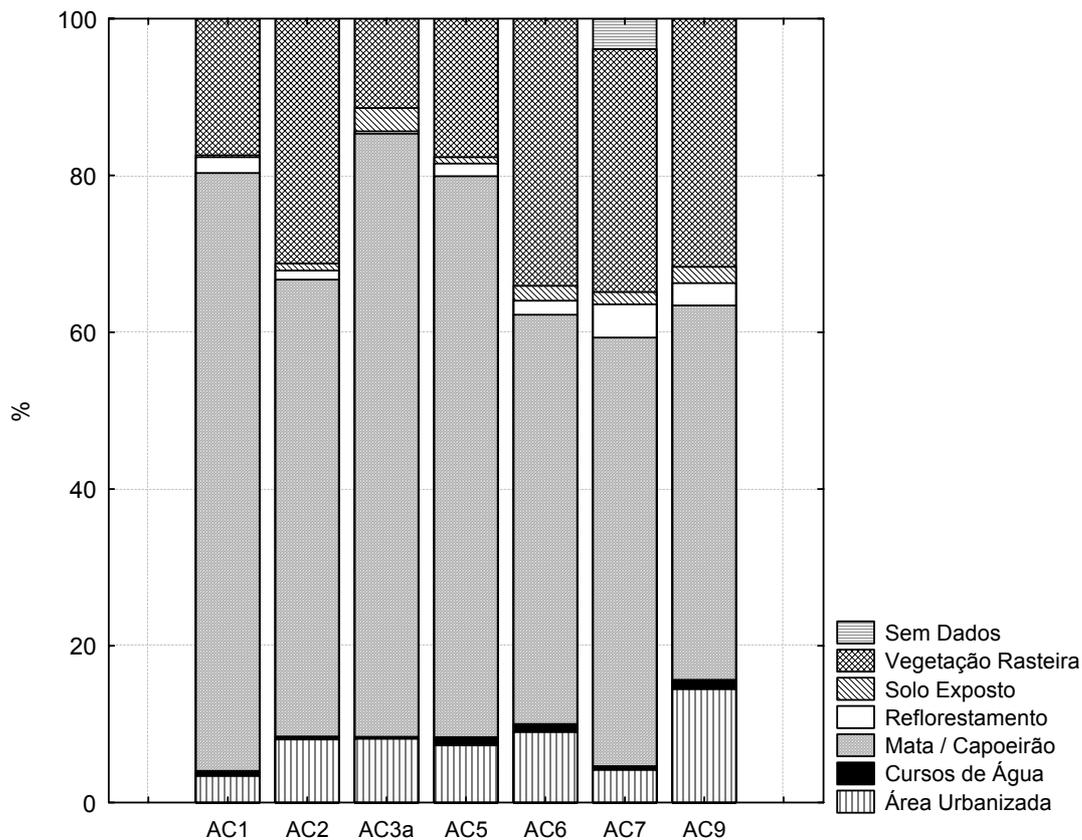


Figura 2. Distribuição relativa das categorias de uso da terra para cada uma das áreas de contribuição (ACs) da área de estudo (Bacia do Baixo Itajaí-Açu).

O uso preponderante em toda a área de estudo foi o de *mata/capoeirão* (59,6%), revelando que, apesar do considerável desenvolvimento urbano, agrícola e industrial da região, ainda existem áreas naturais relativamente extensas. Estas áreas, entretanto, concentram-se em regiões mais elevadas e íngremes, especialmente das ACs #1, #3a e #5 (Tabela 9). O segundo uso mais importante foi o de vegetação rasteira (27,2%), que engloba as áreas agrícolas compostas especialmente por arroz irrigado, milho e pastagens. O percentual geral de urbanização foi de 7,5%, sendo mais intenso na AC9, que inclui as cidades de Itajaí e Navegantes. A AC9 também apresentou o menor percentual de áreas de

mata nativa, principalmente por apresentar extensas áreas baixas e planas, com vocação para ocupação urbana e agrícola. Os percentuais de *vegetação rasteira* confirmam essa observação, pois foram maiores nas três ACs mais distais da fração de bacia abrangida pela área de estudo (ACs #6, #7 e #9), com uma de média 32% para essa classe de uso. A AC2 constituiu uma exceção, sendo esse dado explicado em parte pela ocupação histórica e mais intensa dessa região que é a mais desenvolvida em toda a bacia e em parte pela maior dimensão dessa AC.

Em relação ao uso da terra, ainda merecem destaque os dados verificados para área de  *cursos de água*, que foram maiores na AC9, seguida pelas ACs #5 e #6. No caso da AC9, a maior área de espelho de água é decorrente da região estuarina, onde o rio Itajaí-Açu é significativamente mais largo que nas áreas à montante. No caso das ACs #5 e #6, a maior superfície alagada é decorrente, em grande parte, da maior quantidade de açudes e reservatórios artificiais, além de uma rede hidrográfica mais densa nas áreas acidentadas.

#### **4.1.2. Déficit de Mata Ciliar**

Em relação ao déficit legal de mata ciliar (DMC), os resultados da aplicação da “área de amortecimento” sobre as margens dos cursos de água revelaram um valor médio de 46% para a área de estudo como um todo (Tabela 10).

Tabela 10. Resultados da avaliação da presença e conformidade de matas ciliares nas diferentes áreas de contribuição (ACs). A *área legal* indica a área de mata ciliar que deveria existir segundo o Código Florestal Brasileiro e o DMC (déficit de mata ciliar) aponta o percentual que falta nas diferentes ACs.

AC	Área Legal (km <sup>2</sup> )	Área Existente (km <sup>2</sup> )	Área Existente Relativa (%)	DMC (%)
1	66,2	48,7	73,5	26,5
2	144,7	71,3	49,3	50,7
3a	61,2	44,8	73,1	26,9
5	41,2	24,6	59,6	40,4
6	49,8	23,8	47,7	52,3
7	132,5	64,7	48,8	51,2
9	81,8	35,2	43,0	57,0
<b>Total</b>	<b>577,6</b>	<b>313,0</b>	<b>54,2</b>	<b>45,8</b>

A AC9 foi a mais alterada com um déficit de 57%. Esse valor, em parte, pode ser explicado pela intensa urbanização junto às margens do rio Itajaí-Açu, representadas pelas cidades de Itajaí e Navegantes, com supressão quase total da vegetação ciliar. Por outro lado, a largura do rio Itajaí-Açu, superior a 200 m nessa área, acarretou em valores bastante elevados de área legal para mata ciliar. Esta englobaria hoje a maior parte das áreas urbanas centrais de Itajaí e Navegantes, que se desenvolveram mesmo antes da vigência do Código Florestal Brasileiro. Na AC2, o valor de DMC de 51% também está fortemente relacionado à intensa e extensa urbanização da cidade de Blumenau junto às margens do Rio Itajaí-Açu. A malha hídrica na AC2, por ser bastante densa, foi outro fator importante para a definição de uma grande área legal de mata ciliar.

As ACs #6 e #7 também apresentaram valores de DMC em torno de 51%. No caso da AC7, o fator urbanização também foi importante, mas em parte dessa mesma área e em praticamente toda a AC6, o uso que mais suprimiu a vegetação ciliar foi o agrícola.

O menor DMC, como seria esperado pela análise dos dados de uso da terra (Tabela 9), foi obtido para a AC1 (26,5%), que engloba áreas acidentadas, com densa malha hídrica e relativamente extensas áreas de floresta. Curiosamente, a AC3a apresentou um DMC similar ao da AC1 (27%). Apesar de esta AC incluir parte da área urbana central de Blumenau, as áreas peri-urbanas desse município e mesmo alguns setores urbanos apresentam manchas consideráveis de floresta, às quais abrangem especialmente margens de rios, ribeirões e córregos. Por fim, na AC5, o DMC relativamente elevado (51%) está mais relacionado ao uso agrícola.

#### **4.1.3. Estresse Populacional**

O estresse populacional geral para a fração de bacia abrangida pela área de estudo foi de 2,48 hab.s.l<sup>-1</sup> (Tabela 11). Considerando as ACs em separado, verificou-se que a AC1 está sob menor pressão populacional, com um valor de estresse de 0,09 hab.s.l<sup>-1</sup>. Em oposição, a AC2 apresentou o maior valor para essa variável, atingindo 0,68 hab.s.l<sup>-1</sup>, sendo seguidas pela AC9 (0,66 hab.s.l<sup>-1</sup>) e pela AC3a (0,55 hab.s.l<sup>-1</sup>).

Os valores elevados das ACs #2 e #3a foram determinados pela elevada densidade demográfica do município de Blumenau, já que a área urbana central desse município insere-se nessas duas ACs. Similarmente, o valor elevado para a AC9 deve-se à densidade demográfica elevada de Itajaí. No caso da AC2, além de parte do município de Blumenau, outras cidades de colonização alemã, como Pomerode, Indaial e Timbó, com forte tradição cultural de ocupação de áreas ribeirinhas, também contribuíram para um maior estresse populacional. O menor valor para a AC1, como seria de se esperar, está relacionado à presença de áreas relativamente preservadas e inacessíveis, com menor ocupação humana.

Os valores menores para as ACs #5, #6 e #7 são resultado da existência de extensas áreas rurais dentro dos limites das mesmas, as quais têm baixa densidade demográfica.

Tabela 11. Parâmetros populacionais das áreas de contribuição (ACs) e valores de estresse populacional obtidos.

AC	Municípios formadores das ACs	Área (km <sup>2</sup> )	Densidade demográfica (hab.km <sup>-2</sup> )	População estimada por município	População estimada por AC	Densidade demográfica por AC (hab.km <sup>-2</sup> )	Estresse populacional (hab.s.l <sup>-1</sup> )
AC1	Indaial	229	93,5	21.405,6	21.406	93	0,09
	Blumenau	166,5	513,3	85.472,6	155.012	218	0,68
AC2	Indaial	200,6	93,5	18.750			
	Pomerode	212,5	101,5	21.565,8			
	Timbó	129,4	225,8	29.222,5			
AC3a	Blumenau	242	513,3	124.230,5	124.230	513	0,55
AC5	Blumenau	17,3	513,3	8.880,9	30.018	162	0,13
	Gaspar	168,5	125,4	21.137,2			
AC6	Gaspar	196,6	125,4	24.662,1	25.836	115	0,11
	Ilhota	27,2	43,2	1.173,9			
AC7	Barra Velha	15,5	108,6	1.683,3	56.697	81	0,25
	Ilhota	194	43,2	8.380,8			
	Itajaí	16	486,8	7.788,8			
	Luis Alves	259	30,5	7.899,5			
	Massaranduba	94	31,8	2.989,2			
	Navegantes	62	330,3	20.478,6			
	S. João Itaperiú	6	20,9	125,4			
	Penha	6	294,6	1.767,6			
	Piçarras	44	126,9	5.583,6			
AC9	Camboriú	36,6	195,5	7.155	151.416	423	0,66
	Ilhota	20	43,2	864			
	Itajaí	281	486,8	136.791			
	Navegantes	20	330,3	6.606			
<b>Total</b>	-	2.644	-	565.000	565.000	-	2,48

#### 4.1.4. Estimativa da carga poluidora pela contribuição *per capita* (QPC)

A tabela 12 apresenta os resultados dos cálculos estimativos de carga poluidora pela QPC para as diferentes áreas consideradas.

Na Bacia do Itajaí como um todo, são produzidos diariamente cerca de 150.000 m<sup>3</sup> de esgotos, sendo que 70% desse volume é produzido dentro da área de estudo considerada pelo presente trabalho e os restantes 30% na área à montante. Em termos de matéria orgânica na forma de DQO, por exemplo, esse valor equivale a cerca de 60 toneladas por dia, e em termos de sólidos suspensos totais, cerca de 140 toneladas por dia. Essas cargas, bem como as de outros componentes poluentes, sofrem decomposição, assimilação, sedimentação, acumulação, além de outros processos a medida que entram em contato com a biota dos ecossistemas fluviais da bacia.

Tabela 12. Carga poluidora potencial relacionada à contribuição *per capita* (QPC) de esgotos para as diferentes áreas de contribuição das estações amostrais, para toda a área de estudo, para a área à montante da área de estudo e para a bacia como um todo. Dados obtidos do órgão regional que monitora esgotos (CASAN – Companhia Catarinense de Águas e Saneamento). Cargas poluidoras calculadas pelo produto entre a concentração média regional no esgoto bruto e o volume médio regional de esgoto bruto produzido (=150 L.dia.hab<sup>-1</sup>) conforme von Sperling (1996).

Variável	Unidade	AC1	AC2	AC3a	AC5	AC6	AC7	AC9	Área de estudo	Montante da área de estudo	Bacia toda
Nº de habitantes	Hab.	21.406	155.012	124.230	30.018	25.836	56.697	151.416	690.000* <sup>A</sup>	307.000	997.000
Volume de esgoto* <sup>B</sup>	m <sup>3</sup> .dia <sup>-1</sup>	3.211	23.252	18.635	4.503	3.875	14.848	11.582	103.500	46.050	149.550
Coliformes fecais	org.dia <sup>-1</sup>	4,5x10 <sup>14</sup>	3,2x10 <sup>15</sup>	2,6x10 <sup>15</sup>	6,2x10 <sup>14</sup>	5,4x10 <sup>14</sup>	1,2x10 <sup>15</sup>	3,2x10 <sup>15</sup>	1,4x10 <sup>16</sup>	6,4x10 <sup>15</sup>	2,1x10 <sup>16</sup>
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	kg.dia <sup>-1</sup>	215	1.558	1.248	301,7	259,6	570	1.522	6.934	3.085	10.019
N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	kg.dia <sup>-1</sup>	1,9	13,9	11,2	2,7	2,3	5,1	13,6	62,1	28	90
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	kg.dia <sup>-1</sup>	12,8	93	74,5	18	15,5	34	91	414	184	598
P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	kg.dia <sup>-1</sup>	64,2	465	372,7	90	77,5	170	454	2.070	921	2.991
DBO <sub>5</sub>	kg.dia <sup>-1</sup>	771	5.580	4.472	1.081	930	2.041	5.451	24.840	11.052	35.892
DQO	kg.dia <sup>-1</sup>	1.339	9.696	7.771	1.878	1.616	3.546	9.471	43.159	19.202	62.362
SST	kg.dia <sup>-1</sup>	3.050	22.089	17.703	4.278	3.681	8.079	21.576	98.325	43.747	142.072
Surfactantes	kg.dia <sup>-1</sup>	12,8	93	74,5	18	15,5	34	91	414	184	598

\*A – Somatório das estimativas das ACs 1, 2, 3a, 5, 6, 7 e 9; apresentadas na tabela 11 somado das estimativas populacionais da AC8 e AC0.

\*B – Considerando-se o valor de 0,15 m<sup>3</sup>.dia.hab<sup>-1</sup>, volume médio de esgoto produzido por habitante segundo dados regionais (CASAN – Companhia Catarinense de Águas e Saneamento e SAMAEs – Serviços Autônomos Municipais de Água e Saneamento).

#### **4.1.5. Estimativa da carga poluidora pelo escoamento superficial (*runoff*)**

O cálculo das cargas poluidoras relacionadas ao escoamento foi realizado em duas etapas. Primeiramente, foram gerados os parâmetros diretamente associados ao escoamento a partir de dados de área rural e urbana e de precipitação pluviométrica. Esses parâmetros estão apresentados na tabela 13. Posteriormente, os dados de escoamento rural e urbano foram utilizados para o cálculo das cargas poluidoras propriamente ditas. Estes resultados estão apresentados nas tabelas 14 e 15.

Em relação ao escoamento anual para a área total, foram obtidos os valores de 382 mm e 69 mm, respectivamente para área urbana e área rural (Tabela 13). Esses valores de escoamento somados representam um volume de líquido de cerca de 1,2 bilhão de metros cúbicos ao ano gerados e escoados somente na área de estudo, sem considerar as contribuições de montante.

Em relação às cargas poluidoras associadas ao escoamento verificaram-se diferenças consideráveis nas contribuições urbanas e rurais, dependendo do poluente considerado. Considerando-se, por exemplo, o nitrogênio inorgânico dissolvido total (NIDT), a carga rural total estimada foi cerca de 20% maior que a carga urbana total. Para o nitrogênio total, no entanto, a carga rural total foi 10 vezes maior que a carga urbana total. Já para o  $P-PO_4^3$ , a carga urbana total é que foi 50% maior que a carga rural. A carga orgânica ( $DBO_5$  e DQO) já foi maior para as áreas urbanas, assim como para os metais zinco e chumbo. A carga de sólidos suspensos totais estimada foi 100% maior para a área rural do que para a área urbana (Tabelas 14 e 15).

Tabela 13. Parâmetros utilizados para o cálculo das cargas anuais de escoamento (L) para o ano de 2004, especificados para cada AC e para a Área de estudo como um todo. Convenções: *IaU*= fração de superfície impermeável para áreas urbanas; *IaR*= fração de superfície impermeável para áreas rurais; *RvU*= coeficiente de escoamento para áreas urbanas; *RvR*= coeficiente de escoamento para áreas rurais; *Ru*= escoamento anual para as áreas urbanas estudadas; *Rr*= escoamento anual para as áreas rurais estudadas.

<b>Parâmetro</b>	<b>AC1</b>	<b>AC2</b>	<b>AC3a</b>	<b>AC5</b>	<b>AC6</b>	<b>AC7</b>	<b>AC9</b>	<b>Área Total</b>
<b>Área Urbana (km<sup>2</sup>)</b>	7,8	57,6	19,7	13,7	20,3	29,3	52,2	200,5
<b>Área Rural (km<sup>2</sup>)</b>	219,3	653,6	221,7	170,9	203,5	669,6	304,0	2.442,6
<b>Área Urbana (acres)</b>	2.109	15.606	5.337	3.701	5.510	7.944	14.152	54.360
<b>Área Rural (acres)</b>	59.456	177.203	60.107	46.327	55.160	181.555	82.420	662.230
<b>Precipitação (mm)</b>	1.476	1.476	1.565	1.565	1.565	1.585	1.585	1.542 <sup>*A</sup>
<b>Precipitação (pol)</b>	58,11	58,11	61,61	61,61	61,61	62,40	62,40	60,71
<b>IaU</b>	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
<b>IaR</b>	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
<b>RvU</b>	0,275	0,275	0,275	0,275	0,275	0,275	0,275	0,275
<b>RvR</b>	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
<b>Ru (pol)</b>	14,38	14,38	15,25	15,25	15,25	15,44	15,44	15,03
<b>Rr (pol)</b>	2,61	2,61	2,77	2,77	2,77	2,81	2,81	2,73
<b>Ru (mm)</b>	365,3	365,3	387,4	387,4	387,4	392,2	392,2	381,8
<b>Rr (mm)</b>	66,3	66,3	70,4	70,4	70,4	71,4	71,4	69,3

\*A – para a área de estudo inteira, foi adotado o valor médio de precipitação pluviométrica para as três estações pluviométricas consideradas.

Tabela 14. Cargas poluidoras anuais relacionadas ao escoamento urbano para as diferentes áreas de contribuição (ACs) e para a área de estudo total.

Variável	Unidade	AC1	AC2	AC3a	AC5	AC6	AC7	AC9	Área Total
Coliformes fecais	X 10 <sup>9</sup> org.	4.687.018	34.677.306	12.574.840	8.719.859	12.983.015	18.955.164	33.769.951	126.193.186
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	kg	2.112	15.625	5.666	3.929	5.850	8.541	15.217	56.862
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	kg	8.696	64.340	23.331	16.179	24.089	35.169	62.657	234.138
NIDT	kg	10.870	80.425	29.164	20.223	30.111	43.962	78.321	292.673
P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	kg	1.242	9.191	3.333	2.311	3.441	5.024	8.951	33.448
N total	kg	6.212	45.957	16.665	11.556	17.206	25.121	44.755	167.242
P total	kg	808	5.974	2.166	1.502	2.237	3.266	5.818	21.741
DBO <sub>5</sub>	kg	55.905	413.615	149.987	104.006	154.855	226.088	402.792	1.505.174
DQO	kg	319.898	2.366.795	858.258	595.148	886.117	1.293.728	2.304.867	8.612.937
SST	kg	310.581	2.297.860	833.260	577.813	860.308	1.256.046	2.237.735	8.362.075
Zinco total	kg	776	5.745	2.083	1.445	2.151	3.140	5.594	20.905
Chumbo total	kg	808	5.974	2.166	1.502	2.237	3.266	5.818	21.741
Cobre total	kg	528	3.906	1.417	982	1.463	2.135	3.804	14.216

Tabela 15. Cargas poluidoras anuais relacionadas ao escoamento rural para as diferentes áreas de contribuição (ACs) e para a área de estudo total.

Variável	Unidade	AC1	AC2	AC3a	AC5	AC6	AC7	AC9	Área Total
NIDT	kg	30.243	90.136	32.417	24.986	29.750	99.169	45.020	351.910
P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	kg	1.910	5.693	2.047	1.578	1.879	6.263	2.843	22.226
N total	kg	144.254	429.939	154.627	119.179	141.903	473.028	214.740	1.678.578
P total	kg	3.502	10.437	3.754	2.893	3.445	11.483	5.213	40.747
DBO <sub>5</sub>	kg	54.118	161.295	58.010	44.711	53.236	177.460	80.562	629.733
DQO	kg	146.438	436.447	156.968	120.983	144.051	480.187	217.990	1.703.984
SST	kg	1.448.460	4.317.025	1.552.614	1.196.679	1.424.854	4.749.676	2.156.207	16.854.625
Zinco total	kg	318	949	341	263	313	1.044	474	3.704
Chumbo total	kg	1.114	3.321	1.194	921	1.096	3.654	1.659	12.965
Cobre total	kg	1.273	3.795	1.365	1.052	1.253	4.176	1.896	14.817

#### 4.1.6. Usuários de Água

Para o levantamento de usuários de água relacionados no cadastro da FATMA (consumidores de mais que  $0,1 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$ ), além de alguns novos usuários detectados em campo, foram percorridos cerca de 5.000 km de motocicleta e automóvel por toda a área de estudo.

Cerca de 20% dos usuários cadastrados pela FATMA ou eram inexistentes ou estavam desativados, indicando a necessidade premente de atualização dos dados desse órgão ambiental, que são do ano de 2001. Entre os novos usuários cadastrados houve um amplo predomínio de postos de revenda de combustíveis, pois esses eram de fácil localização. Certamente outros tipos de usuários novos também sofreram incremento, mas a inexistência de endereço dos mesmos dificultou seu registro, já que são menos visíveis que os postos de revenda de combustíveis.

Um total de 428 usuários diversos foi registrado na área de estudo, com destaque para postos de revenda combustíveis (161) e indústrias (153) (Tabela 16). A AC2 foi a que apresentou maior número de usuários (193), sendo seguida pela AC9 (97). A AC1 apresentou apenas 7 usuários, já que é uma área com menor urbanização. Outro resultado a destacar é o grande número de usuários do tipo *piscicultura e parques aquáticos* verificado para a AC2 (67), que corresponde a 70% dos usuários dessa tipologia na área de estudo.

Em relação à tipologia industrial há dois pólos bem característicos. Um têxtil e metal-mecânico na região de Blumenau (AC2) e outro de processamento de pescado em Itajaí e Navegantes (AC9). Certamente essas tipologias diferentes contribuem de forma também diferenciada na tipologia de poluentes esperada nessas duas áreas. A localização dos usuários de água aqui relacionados pode ser visualizada nos anexos 1 a 7. Destaca-se

ainda que várias dessas indústrias localizam-se nas margens de córregos urbanos, os quais, além de receberem cargas poluidoras elevadas de diversas origens, têm vazão e capacidade de autodepuração limitada.

Ressalta-se, por fim, que há um número relativamente elevado de pequenos usuários (pequenas empresas e empreendimentos) que não foram pesquisados por não constarem no cadastro e/ou não consumirem pelo menos 0,1 L.s<sup>-1</sup>. Há que se considerar que esses pequenos usuários somados possam gerar cargas poluidoras significativas para alterarem a qualidade dos diferentes cursos de água da área de estudo.

Tabela 16. Quantidade e classificação dos usuários de água mais significativos (consumo > 0,1 L.s<sup>-2</sup>) nas diferentes áreas de contribuição (ACs) da área de estudo. Dados obtidos do cadastro de usuários da Fundação de Amparo à Tecnologia e Meio Ambiente de Santa Catarina (FATMA – SC).

<b>USUÁRIOS DE ÁGUA</b>	<b>AC1</b>	<b>AC2</b>	<b>AC3a</b>	<b>AC5</b>	<b>AC6</b>	<b>AC7</b>	<b>AC9</b>	<b>Total</b>
<b>Indústrias</b>								
- Produtos alimentícios	-	8	-	-	1	1	3	13
- Abatedouros	-	5	-	-	-	1	4	10
- Processamento de pescado	-	-	-	-	-	-	22	22
- Têxtil	3	17	8	5	-	2	-	37
- Metal-mecânica	1	22	3	-	2	-	2	28
- Produtos químicos	-	9	-	2	-	1	3	15
- Outras	1	18	3	1	-	-	5	28
<b>Total de indústrias</b>	<b>5</b>	<b>79</b>	<b>14</b>	<b>8</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>39</b>	<b>153</b>
<b>Postos de combustíveis/oficinas</b>	<b>1</b>	<b>45</b>	<b>39</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>7</b>	<b>52</b>	<b>161</b>
<b>Piscicultura e parques aquáticos</b>	<b>-</b>	<b>67</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>9</b>	<b>4</b>	<b>96</b>
<b>Extração de areia</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>18</b>
<b>Total de usuários</b>	<b>7</b>	<b>193</b>	<b>57</b>	<b>28</b>	<b>21</b>	<b>25</b>	<b>97</b>	<b>428</b>
<b>Usuários por km<sup>2</sup></b>	<b>0,03</b>	<b>0,27</b>	<b>0,24</b>	<b>0,15</b>	<b>0,15</b>	<b>0,02</b>	<b>0,27</b>	<b>0,16</b>

#### **4.1.7. Fontes Poluidoras**

A pesquisa por fontes poluidoras significativas no Rio Itajaí-Açu demandou um percurso de cerca de 200 km de barco pelas duas margens do rio entre Blumenau e Itajaí/Navegantes. A extensão de rio coberta foi de 73,6 km. O número de fontes poluidoras registradas nesse trecho foi de 270, ou seja, cerca de 3,7 fontes poluidoras por km.

Os resultados do levantamento estão apresentados na tabela 17. O tipo de fonte poluidora ou entrada de fluxo mais comum foi o de *tubulação* (107), seguido pelo tipo *córrego em área rural* (74). A AC9 apresentou o maior número de entradas de fluxo (93), com amplo predomínio de tubulações (50). O menor número de tubulações foi registrado para a AC3a. Esse último resultado está em parte relacionado ao maior espalhamento de usuários e fontes poluidoras em Blumenau, onde várias indústrias despejam seus efluentes em córregos e ribeirões e não diretamente no curso principal do Rio Itajaí-Açu. A AC5 apresentou o maior número de córregos rurais (24), caracterizando mais uma vez a vocação rural e agrícola desta AC. Por outro lado, a AC3a apresentou o maior número de córregos urbanos, os quais têm, visivelmente, maior impacto poluidor do que os córregos rurais pois, como já comentado, esses cursos de água recebem grandes cargas poluidoras e têm sua vazão e autodepuração comprometidas devido à canalização e supressão, muitas vezes total, de vegetação ciliar.

A localização das fontes poluidoras em cada AC pode ser também visualizada nos anexos 1 a 7.

Tabela 17. Quantidade e tipologia das fontes poluidoras (entradas de fluxo) do curso principal do rio Itajaí-Açu entre as áreas de contribuição (AC) #3a e #9.

Tipo de entrada de fluxo	AC3a	AC5	AC6	AC7	AC9	Total
Tubulação	11	19	17	10	50	107
Córrego em área urbana	16	15	3	1	10	45
Córrego em área rural	5	24	15	17	13	74
Rio afluente	-	2	-	1	1	4
Escorrimento superficial	4	1	4	5	9	23
Empreendimento de risco				7	10	17
<b>Total</b>	<b>36</b>	<b>61</b>	<b>39</b>	<b>41</b>	<b>93</b>	<b>270</b>

## 4.2. Variáveis meteorológicas

### 4.2.1. Precipitação pluviométrica

Os dados de pluviometria para as três estações meteorológicas existentes dentro da área de estudo foram similares entre si e coerentes com os valores médios históricos para a região. Considerando todo o período de estudo (15 meses), a precipitação pluviométrica para as estações de Indaial, Blumenau e Itajaí foi de 1.999 mm, 1.935 mm e 2.244 mm, respectivamente. Se considerados apenas os dados do ano de 2004, que foi analisado de janeiro à dezembro, os valores ficam em 1.476 mm, 1.564 mm e 1.585mm, respectivamente para Indaial, Blumenau e Itajaí sendo, portanto, muito próximos ao valor médio histórico regional de 1.596 mm. Entretanto, o ano de 2004 foi levemente menos chuvoso que o normal, principalmente nas áreas mais à montante da bacia. Os períodos menos chuvosos foram entre março e junho de 2004 e entre agosto e setembro de 2004. O período de outubro-novembro de 2004 foi o mais chuvoso.

Os valores de precipitação pluviométrica acumulada para os cinco dias prévios às amostragens de água, utilizados nas análises de correlação com variáveis qualitativas da

água, estão apresentados na figura 3. Os valores máximos de chuva acumulada registrados para Indaial, Blumenau e Itajaí foram de 144 mm, 108 mm e 238 mm, respectivamente. Itajaí mostrou valores maiores de precipitação pluviométrica em ambas formas de análise (total e acumulada).

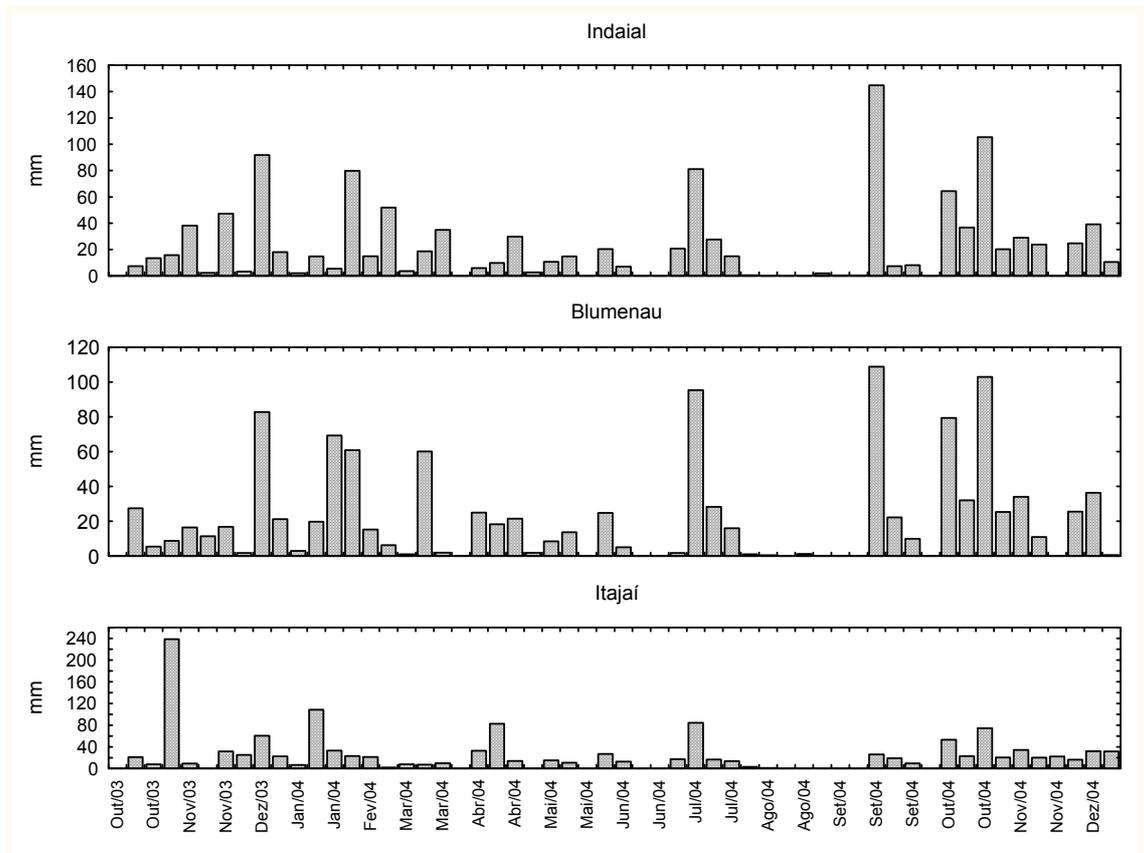


Figura 3. Dados de pluviosidade acumulada para os 5 dias anteriores aos dias de amostragem entre outubro de 2003 e dezembro de 2004, a partir de dados das estações pluviométricas da EPAGRI em Indaial, Blumenau e Itajaí.

#### 4.2.2. Temperatura média diária do ar

Os valores de temperatura média diária do ar para as estações de Indaial, Blumenau e Itajaí, apresentados na figura 4, evidenciam as particularidades climáticas de cada uma

dessas regiões. Blumenau desponta como a região mais quente da bacia e Indaial só não acompanha essa tendência por ter uma altitude média ligeiramente maior que Blumenau, além de um menor grau de urbanização. Para todas as estações, as médias mínimas foram registradas em junho de 2004 e as máximas em janeiro de 2004. Indaial apresentou mínima de 8,4°C, máxima de 28,1°C, com média em 20,59°C. Para Blumenau a mínima foi de 9,1°C, máxima de 30,8°C e a média de 22,46°C. Em Itajaí a mínima foi de 7,9°C, a máxima de 27,1°C e a média de 20,61°C.

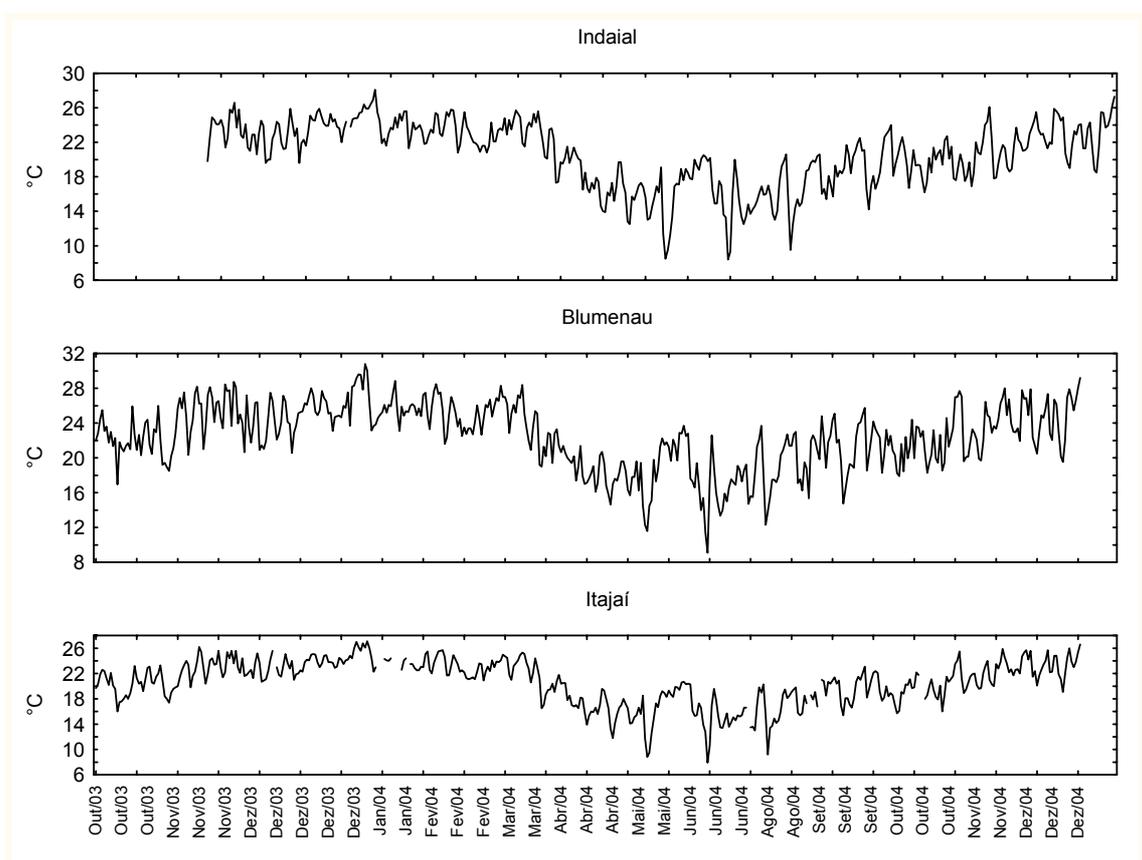


Figura 4. Variação da temperatura média diária do ar entre outubro de 2003 e dezembro de 2004, a partir de dados das estações meteorológicas da EPAGRI em Indaial, Blumenau e Itajaí.

### 4.3. Descarga líquida do rio (vazão)

Os resultados para descarga líquida do rio ou vazão acompanharam razoavelmente os dados médios de precipitação pluviométrica para a área de estudo. A figura 5 apresenta o gráfico com os dados diários de descarga para a estação fluviométrica do Rio Itajaí-Açu em Indaial e também o gráfico com os valores específicos para os dias de amostragem. Como a aparência dos gráficos é bastante similar, sugere-se que as amostragens semanais ou quinzenais foram adequadas para representar o padrão de descarga do rio ao longo do tempo.

O valor médio de descarga para todo o período de estudo foi de  $197,4 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , com valor mínimo de  $48,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (março/2004) e máximo de  $1.938 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (outubro/2004).

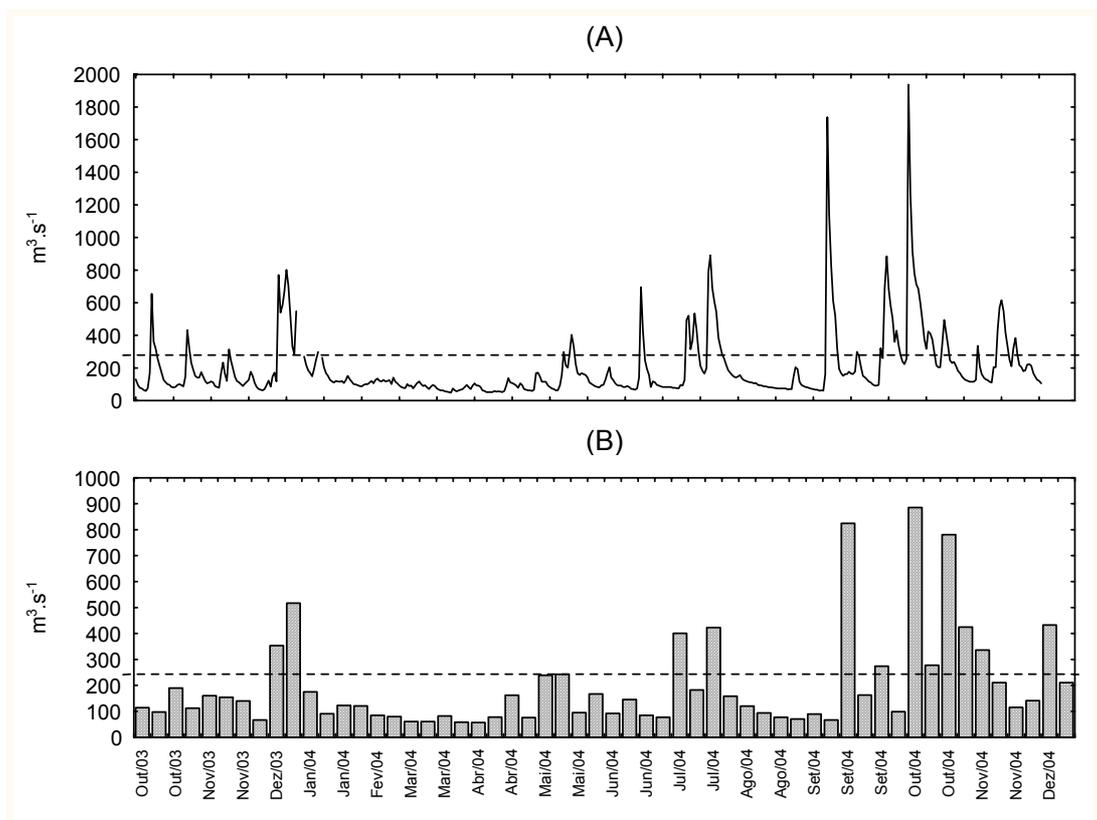


Figura 5. Variação da descarga fluvial (*vazão*) do rio Itajaí-Açu medida na estação fluviométrica de Indaial. A) Dados diários; B) dados para os dias de coleta. A linha tracejada indica o valor médio histórico de  $228 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ .

#### **4.4. Variáveis qualitativas da água referentes às estações ordinárias de amostragem (#0 - #9)**

A seguir são apresentados os resultados das análises de água superficial para as estações ordinárias de amostragem, às quais, dependendo da variável, tiveram diferentes períodos e intervalos amostrais (ver tabela 4). Optou-se por apresentar esses resultados através de duas abordagens: (1) uma abordagem espacial, gerando médias para cada estação de amostragem em todo o seu período amostral, caracterizando as diferentes estações; e (2) uma abordagem temporal, gerando médias para cada dia de amostragem, considerando os valores de todas as estações amostrais. Nesse segundo caso tentou-se caracterizar todo trecho de rio a fim de detectar tendências sazonais.

##### **4.4.1. Variáveis físico-químicas**

###### **4.4.1.1. Material particulado em suspensão**

Os níveis médios de material particulado em suspensão (MPS) variaram de 11 mg.L<sup>-1</sup> (#0) a 58 mg.L<sup>-1</sup> (#2). Os valores extremos, também obtidos respectivamente nessas estações, foram de 0,82 mg.L<sup>-1</sup> e 608 mg.L<sup>-1</sup>. A estação #2 também apresentou a maior variação de valores ao longo do período amostral (Figura 6A). Depois do ponto branco (#0), a estação que apresentou os menores valores foi a #9 (média= 26,8 mg.L<sup>-1</sup>). No caso da estação #0, os menores valores estão relacionados à fisionomia de rio de altitude, com baixa profundidade, fundo formado por sedimentos grosseiros e cascalhos e área de entorno com vegetação relativamente bem preservada. No caso da estação #9, os baixos valores são devidos à mistura com a água marinha e também aos processos de floculação típicos de

zonas estuarinas, acelerando os processos de sedimentação (DUINKER, 1980; LIBES, 1992).

A análise temporal do MPS não evidenciou padrão sazonal claro e indicou valores mais elevados entre outubro e novembro de 2003 e entre setembro e novembro de 2004 (Figura 6B).

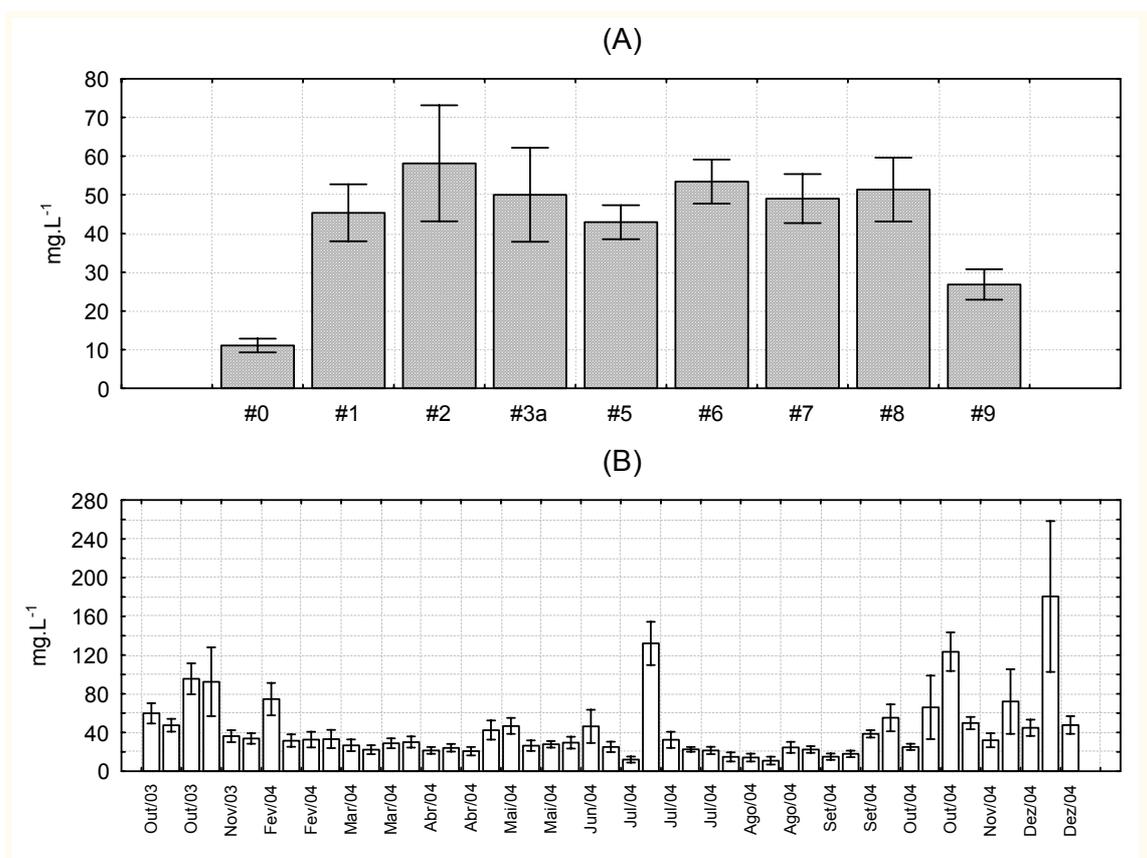


Figura 6. Distribuição espacial (A) e temporal (B) das médias para material particulado em suspensão (MPS). As barras indicam o erro padrão da média.

#### **4.4.1.2. Turbidez**

O padrão de variação dos valores médios de turbidez foi similar ao observado para o MPS, com mínimos nas estações #0 (12,5 UNT) e #9 (51 UNT), porém máximo na estação #6 (129,5 UNT) (Figura 7A). A amplitude de variação nos valores, entretanto, foi maior que a verificada para o MPS.

A região de entorno da estação #6, a mais turva, é caracterizada por intenso uso agrícola, principalmente arroz irrigado.

Em termos temporais, a turbidez também não mostrou tendência sazonal, mas, como seria esperado, mostrou picos praticamente nas mesmas épocas que os apresentados para MPS (Figura 7B).

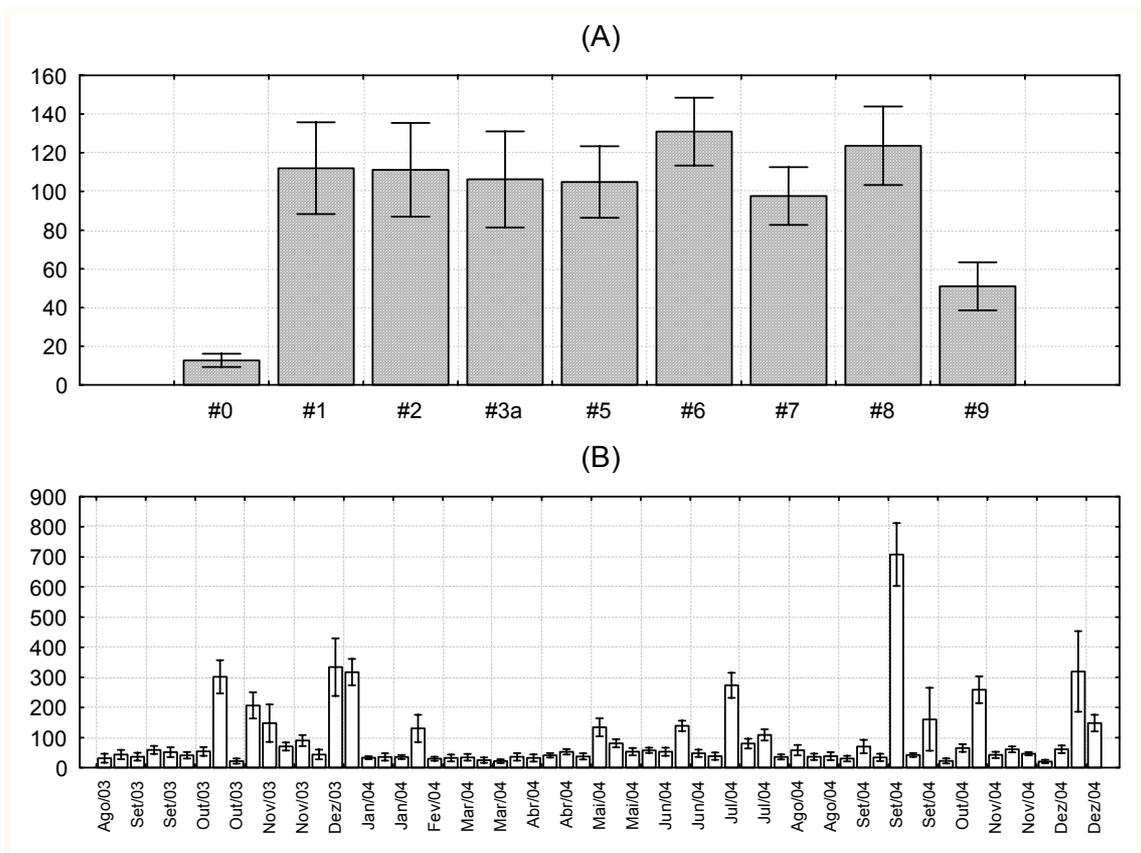


Figura 7. Variação espacial (A) e temporal (B) das médias para turbidez. As barras indicam o erro padrão da média.

#### 4.4.1.3. Condutividade

Para avaliar a condutividade média nas estações amostrais, as mesmas foram divididas em dois grupos: (a) estações sem influência da salinidade marinha (#0, #1, #2, #3a, #5 e #6) e; (b) estações com influência marinha (#7, #8 e #9). No caso do primeiro grupo, observou-se uma tendência crescente de condutividade média da estação #0 ( $26,6 \pm 2,9 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-2}$ ) até a estação #6 ( $132,2 \pm 207,2 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-2}$ ) (Figura 8A). A estação #0 apresentou pouca variação nos valores e a estação #6 alta variação, caracterizando esses locais como pouco impactado e relativamente impactado, respectivamente. No caso da estação #6,

sugere-se uma influência de sais oriundos do uso agrícola do solo de entorno. A distribuição temporal não mostrou padrão definido, mas destacam-se os picos de condutividade em abril, maio, julho e outubro de 2004 (Figura 8B).

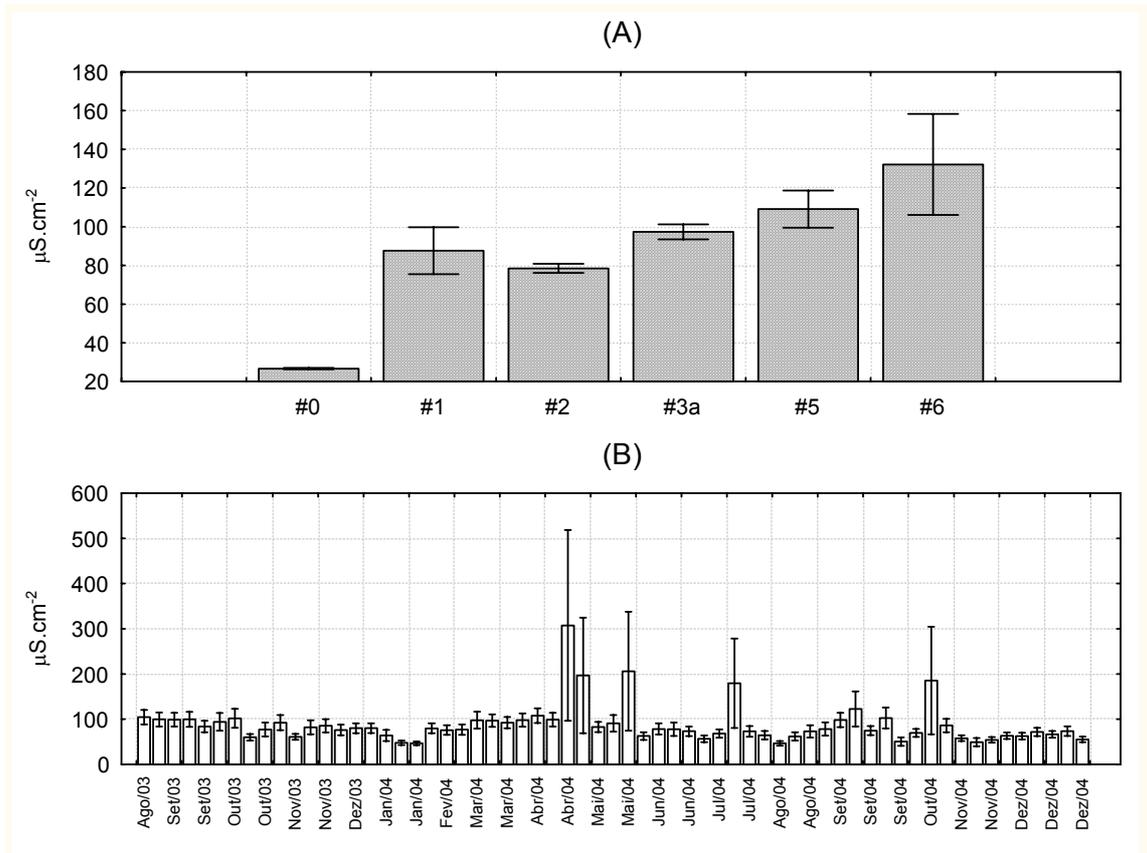


Figura 8. Variação espacial (A) e temporal (B) dos valores médios de condutividade para as estações sem influência da maré. As barras indicam o erro padrão da média.

Para as estações do grupo (b) verificou-se uma influência marinha constante na estação #9, gerando um valor médio de  $16.630 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-2}$ . Na estação #8 a salinização foi mais ocasional, provavelmente relacionada a eventos de baixa vazão do rio Itajaí-Mirim, associados com marés astronômicas e/ou meteorológicas mais altas (Figura 9A). Temporalmente também não observou-se padrão nessas estações e sim amplas variações,

certamente relacionadas com a influência da maré, mais dependente da hora do dia do que da época do ano (Figura 9B).

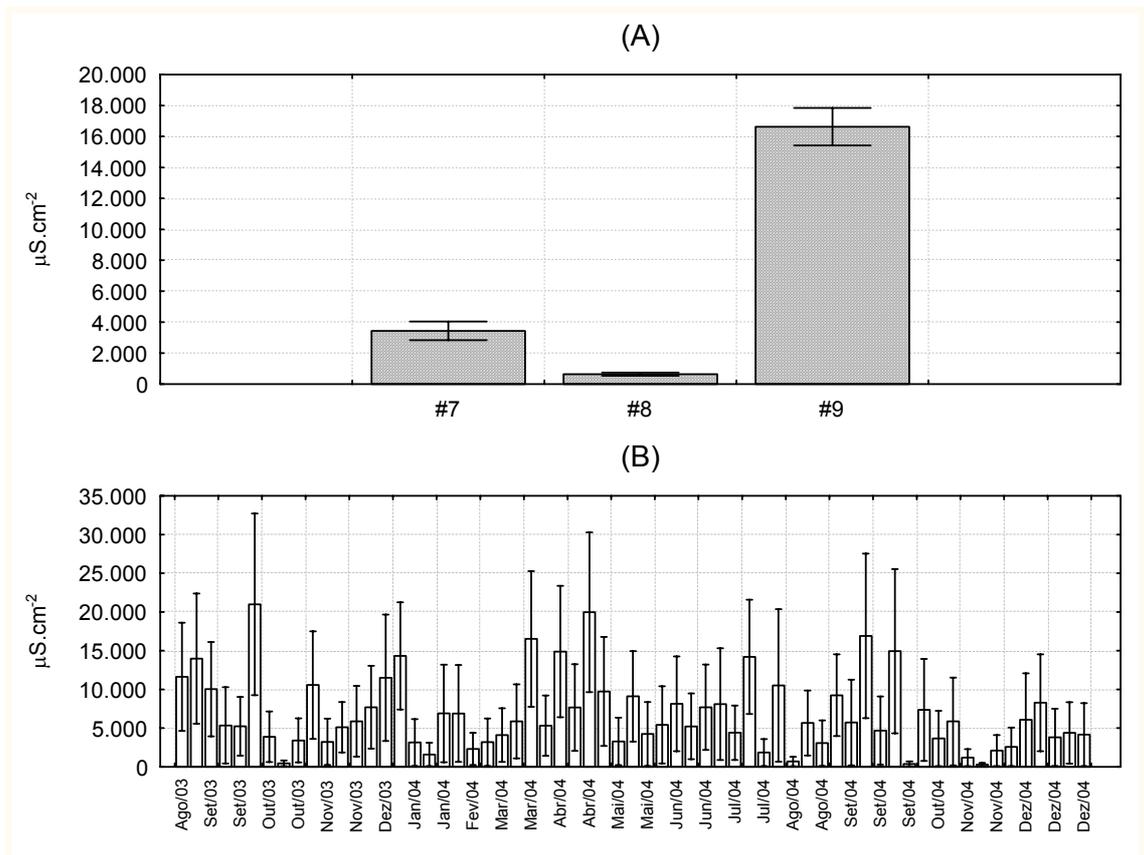


Figura 9. Variação espacial (A) e temporal (B) dos valores médios de condutividade para as estações com influência da maré. As barras indicam o erro padrão da média.

#### 4.4.1.4. Salinidade

A salinidade, registrada apenas nas estações #7, #8 e #9, seguiu a tendência apresentada acima pela condutividade (Figura 10). Os valores médios, respectivamente para as estações #7, #8 e #9, foram de 1,61 ‰, 0,2 ‰ e 9,44 ‰. O valor mínimo foi de 0 ‰ (zero) para as três estações, sendo os máximos, respectivamente, 11,7 ‰, 1,4 ‰ e 24,2 ‰.

Não houve padrão temporal claro, mas sim picos pronunciados eventualmente, também relacionados com a influência da maré.

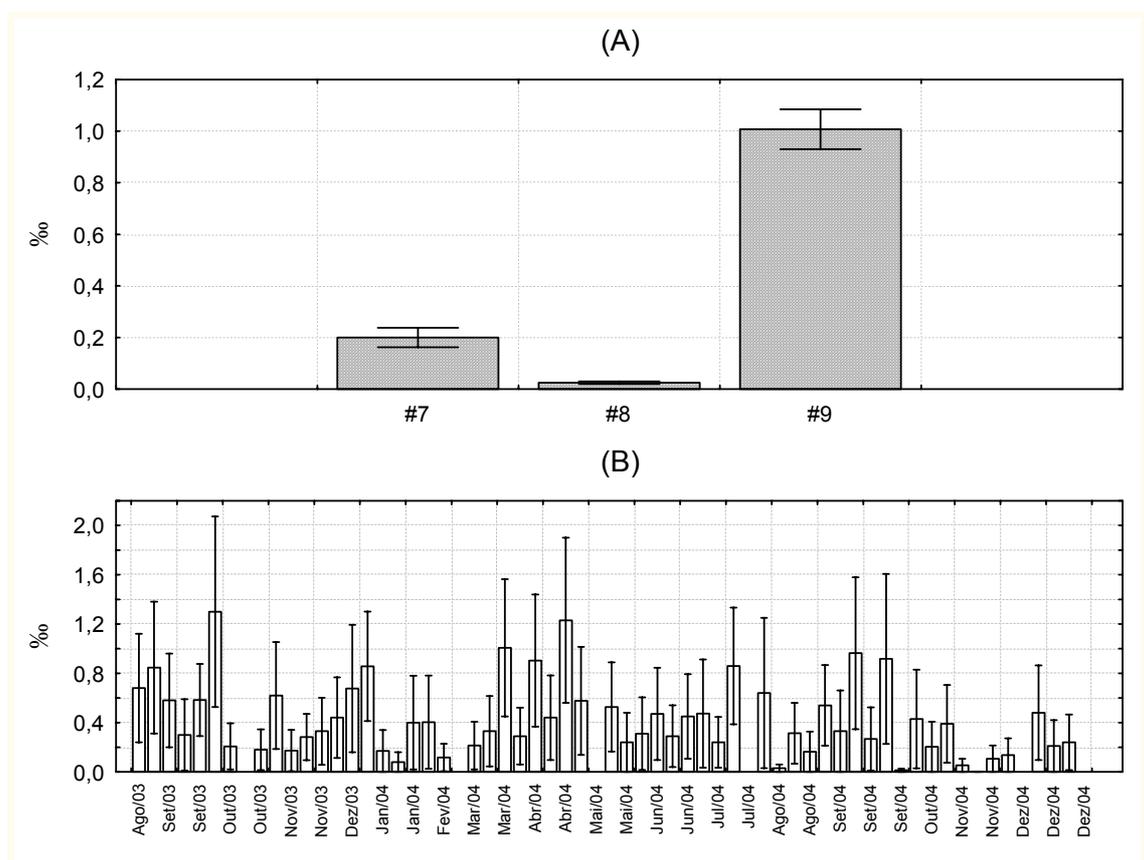


Figura 10. Variação espacial (A) e temporal (B) dos valores médios de salinidade para as estações #7, #8 e #9, que apresentaram influência da maré. As barras indicam o erro padrão da média.

#### 4.4.1.5. pH

O pH foi a variável qualitativa da água mais conservativa. Houve pouca variação em torno de valores médios levemente ácidos de 6,3 (#5) a 6,9 (#9) (Figura 11A). Os maiores valores junto à estação #9 certamente estão relacionados ao efeito tampão da salinidade marinha. Também não foi evidenciada tendência temporal de variação (Figura 11B).

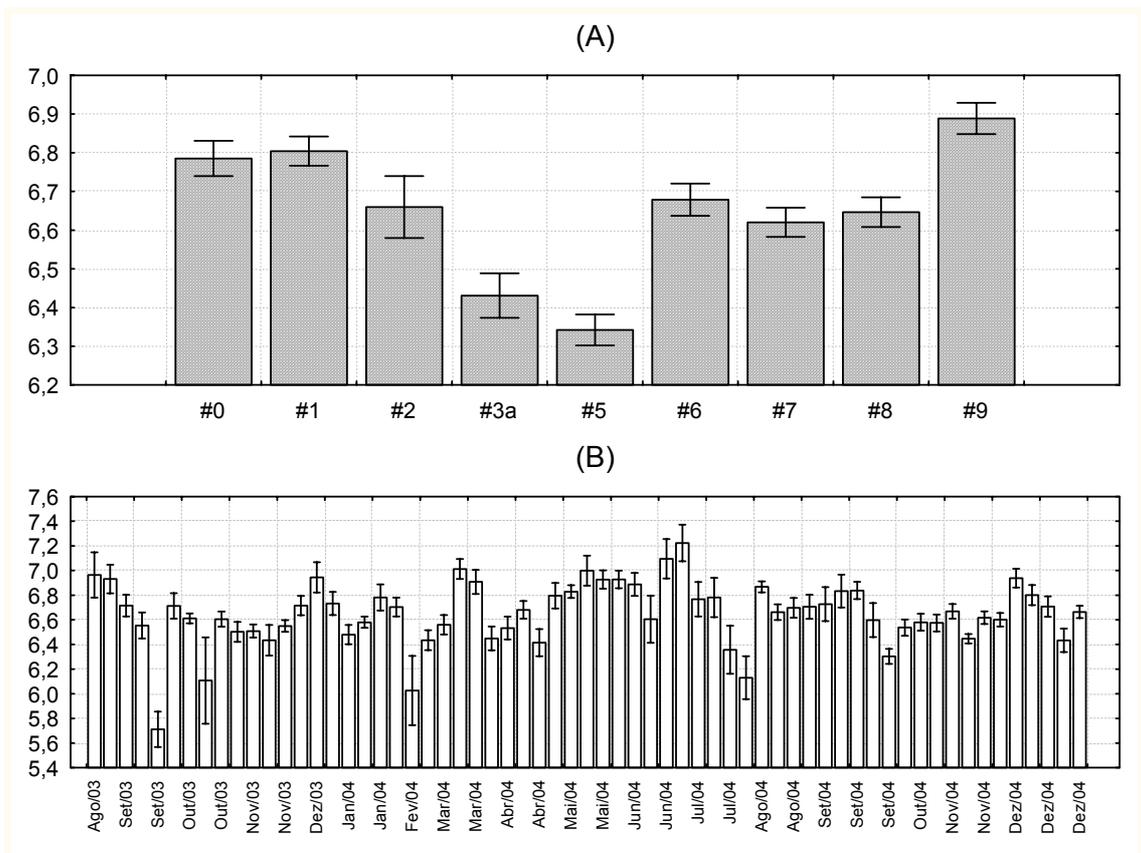


Figura 11. Variação espacial (A) e temporal (B) dos valores médios de pH. As barras indicam o erro padrão da média.

#### 4.4.1.6. Oxigênio dissolvido

O oxigênio dissolvido mostrou uma tendência de diminuição para as estações à jusante, com valor médio máximo nas águas de corredeiras da estação #0 ( $9 \text{ mg.L}^{-1}$ ) (Figura 12A). A menor média foi obtida para o rio Itajaí-Mirim (estação #8), com um valor de  $4,6 \text{ mg.L}^{-1}$ . Este valor médio está abaixo do limite mínimo para águas doces de classe 2 da Resolução CONAMA n° 357/2005, que é de  $5 \text{ mg.L}^{-1}$ .

As maiores médias temporais gerais foram detectadas no inverno de 2004, com outros picos em outubro e novembro do mesmo ano (Figura 12B).

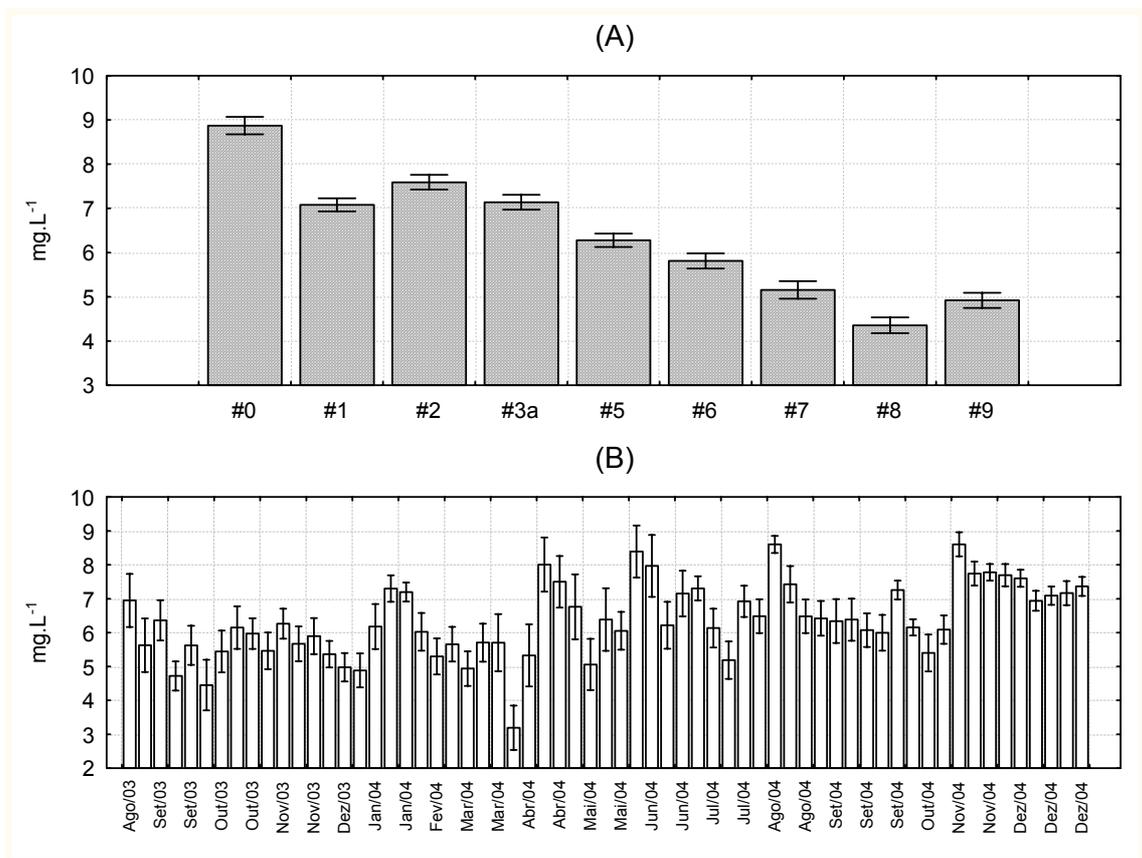


Figura 12. Variação espacial (A) e temporal (B) dos valores médios de oxigênio dissolvido. As barras indicam o erro padrão da média.

#### 4.4.1.7. Temperatura da água

Com exceção da estação #0, que teve um valor médio mais baixo (19°C), a temperatura média anual da água girou em torno de 22°C e 23°C, não mostrando variação espacial significativa (Figura 13A). Já em termos temporais, como seria esperado, houve um claro padrão sazonal de variação (Figura 13B).

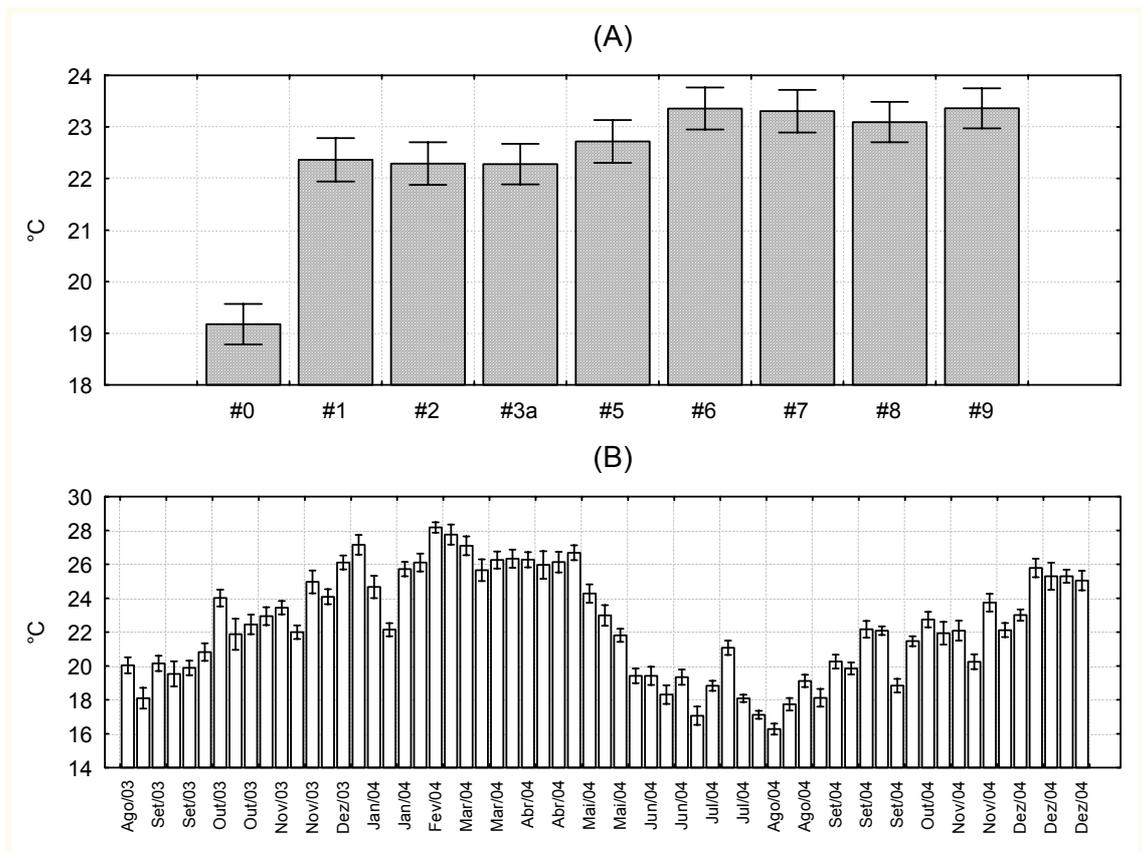


Figura 13. Variação espacial (A) e temporal (B) dos valores médios de temperatura da água. As barras indicam o erro padrão da média.

#### 4.4.2. Variáveis químicas

##### 4.4.2.1. Nutrientes inorgânicos dissolvidos

Em relação aos nutrientes nitrogenados,  $N-NH_4^+$  e  $N-NO_2^-$ , estes mostraram tendência de incremento nos valores médios em direção à jusante, indicando uma contaminação crescente relacionada aos esgotos e resíduos agrícolas (Figuras 14A e 14B). Já o  $N-NO_3^-$ , o principal nutriente nitrogenado na área de estudo, apresentou um padrão inverso, exceto pela estação #0, que teve valor mínimo ( $0,32 \text{ mg.L}^{-1}$ ) (Figura 14C). Esse padrão está provavelmente relacionado com a concentração de oxigênio dissolvido, que

decai em direção à foz do rio, diminuindo a tendência de nitrificação. Quando considerados em conjunto, os valores médios para  $\text{N-NH}_4^+ + \text{N-NO}_2^- + \text{N-NO}_3^-$  (nitrogênio inorgânico dissolvido total - NIDT) mostraram uma tendência crescente até a estação #6, caindo levemente na estação #7 e voltando a subir nas estações #8 e #9 (Figura 14D). As maiores oscilações em torno do valor médio para todos os nitrogenados foram verificadas na estação estuarina (#9). Na abordagem temporal não se evidenciou padrão para  $\text{N-NH}_4^+$ , apenas alguns picos isolados no inverno e primavera de 2004 (Figura 15A). O  $\text{N-NO}_2^-$  mostrou os maiores picos temporais no verão/outono de 2004 e valores muito baixos a partir da primavera de 2004 (Figura 15B). Para o  $\text{N-NO}_3^-$ , os maiores picos temporais foram na primavera de 2004 (Figura 15C), o que influenciou no padrão temporal do NIDT (Figura 15D).

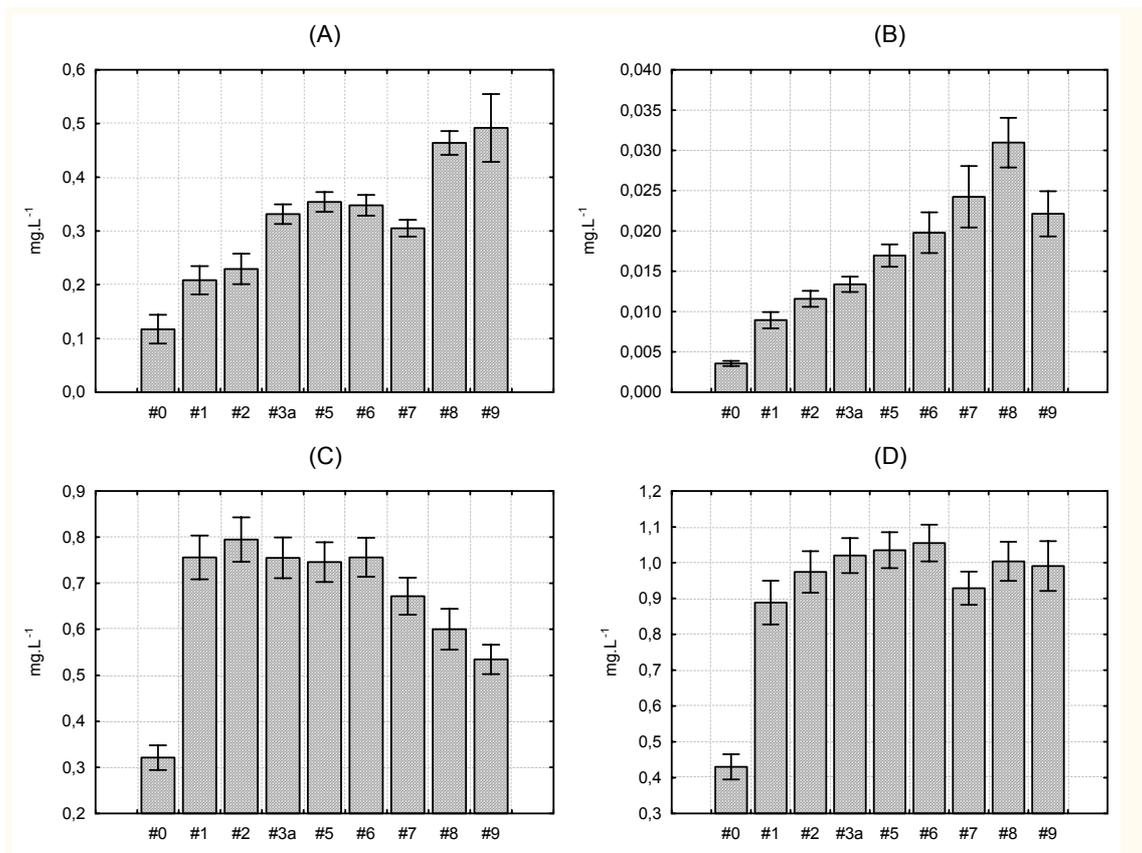


Figura 14. Valores médios de nutrientes nitrogenados dissolvidos para as diferentes estações amostrais. (A) Amônio (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>); (B) nitrito (N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>); (C) nitrato (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) e (D) nutrientes inorgânicos nitrogenados dissolvidos totais (NIDT). As barras indicam o erro padrão da média.

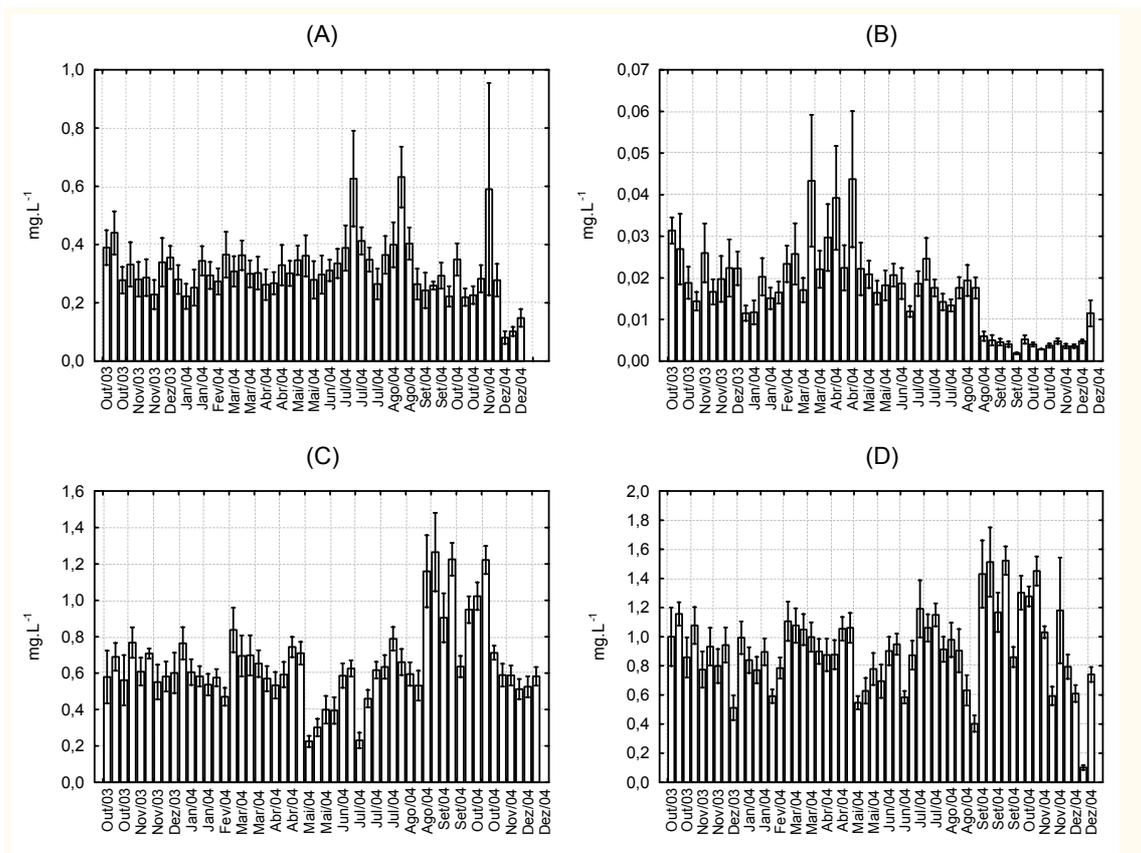


Figura 15. Variação temporal das médias dos nutrientes nitrogenados entre outubro/2003 e dezembro/2004. (A) Amônio (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>); (B) nitrito (N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>); (C) nitrato (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) e (D) nutrientes inorgânicos nitrogenados dissolvidos totais (NIDT). As barras indicam o erro padrão da média.

O P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> apresentou um padrão mais complexo, com valor médio mínimo na estação #0 (0,01 mg.L<sup>-1</sup>), um incremento até a estação #5, mostrando aumento de contaminação antropogênica, e diminuição a partir da estação #6, mas especialmente nas estações #7 e seguintes (Figura 16A). De maneira geral, entretanto, os valores de P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> foram relativamente baixos em toda a área estudada. Em termos temporais, os principais picos foram detectados em dezembro de 2003 e agosto/setembro de 2004 (Figura 16B).

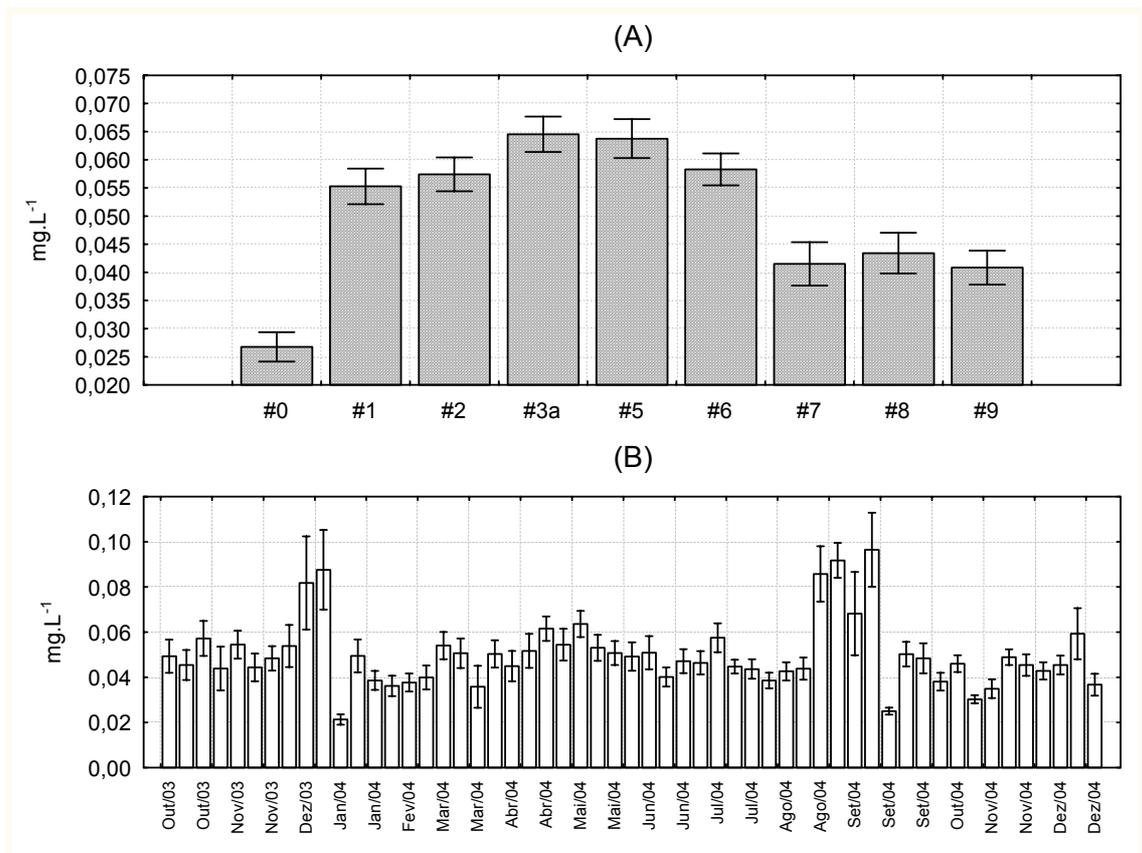


Figura 16. Variação espacial e temporal das médias de fosfato ( $P-PO_4^{3-}$ ). As barras indicam o erro padrão da média.

A razão molar entre o somatório dos nutrientes nitrogenados inorgânicos dissolvidos e o fosfato (razão N:P), um parâmetro importante para avaliar o estado nutricional das águas para o fitoplâncton, resultou em valores bastante elevados, se considerado o valor ótimo de 16:1. O valor médio geral foi de 53:1, indicando um excesso de nutrientes nitrogenados. O valor mínimo foi registrado para a estação #0 (0,98:1) e o máximo na estação #3a (588:1). A ocorrência desses valores extremos respectivamente na estação menos alterada e na mais urbanizada indica a origem antropogênica e urbana da carga de compostos nitrogenados na área de estudo. Entretanto, deve-se considerar novamente a possibilidade de perda de  $P-PO_4^{3-}$  da fração dissolvida para a fração

particulada, como já apontado anteriormente, que pode estar mascarando a contaminação com  $P-PO_4^{3-}$ . Por fim ressalta-se que o maior valor médio entre as estações foi registrado para a #7 e o menor para a #0. A estação #3a, que apresentou o valor discreto mais elevado foi a que apresentou maior amplitude de variação nos valores (Figura 17A). O perfil de médias temporais para a razão N:P está apresentado na figura 17B.

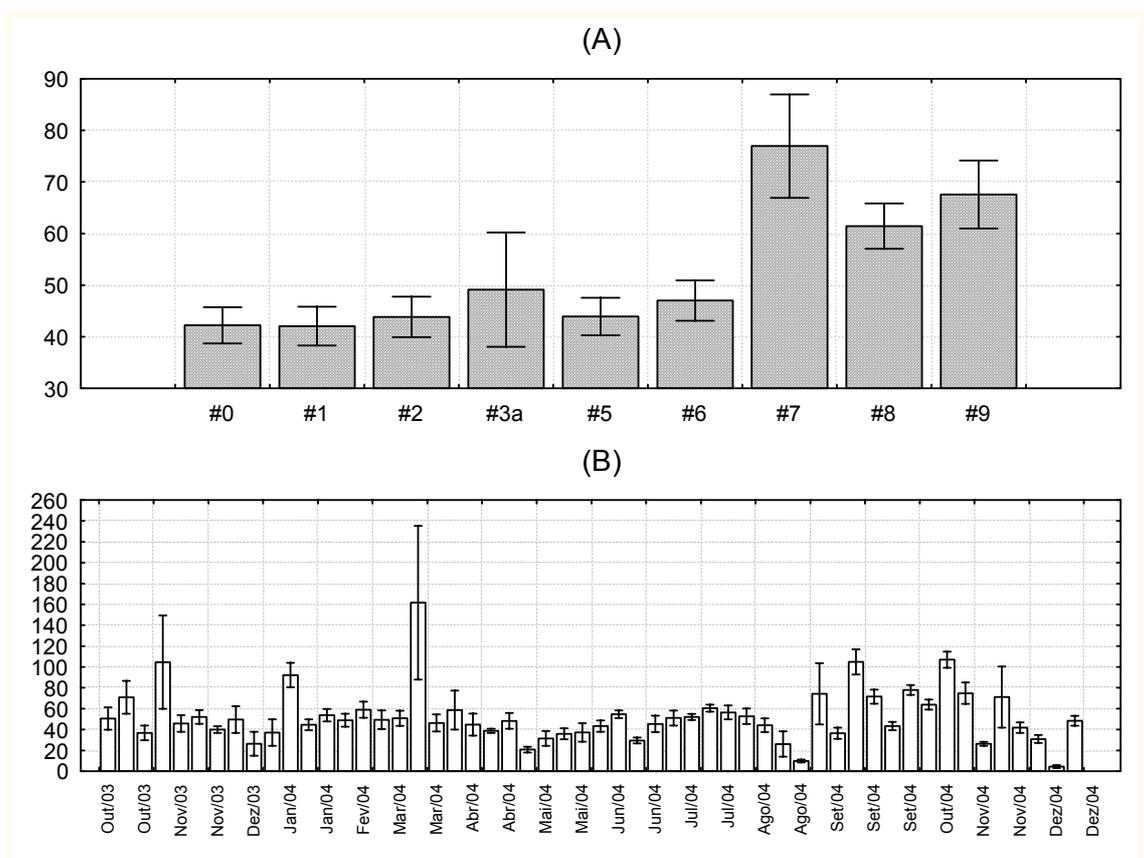


Figura 17. Variação espacial e temporal dos valores médios de razão N:P. As barras indicam o erro padrão da média.

O padrão de variação do  $\text{Si(OH)}_4$  foi similar ao  $\text{P-PO}_4^{3-}$  e ao  $\text{N-NO}_3^-$ , com valores médios menores nas estações extremas (#0 e #9) (Figura 18A). Como o  $\text{Si(OH)}_4$  é de origem essencialmente terrígena, esse padrão parece indicar para essas estações extremas uma menor influência da erosão de solos. Porém, se por um lado na estação #0, os menores valores são resultado da maior cobertura vegetal, na estação #9 a causa deve estar relacionada aos processos de diluição/sedimentação ocorrentes na zona estuarina. Não se descarta, entretanto, no caso da estação #9, a possibilidade concomitante de maior consumo fitoplanctônico (diatomáceas), fenômeno comum nesse tipo de ambiente (TURNER & RABALAIS, 1994). Temporalmente, não foi verificado padrão sazonal nítido, exceto pelo incremento geral nos valores médios entre abril e agosto de 2004 e alguns picos em setembro e outubro do mesmo ano (Figura 18B).

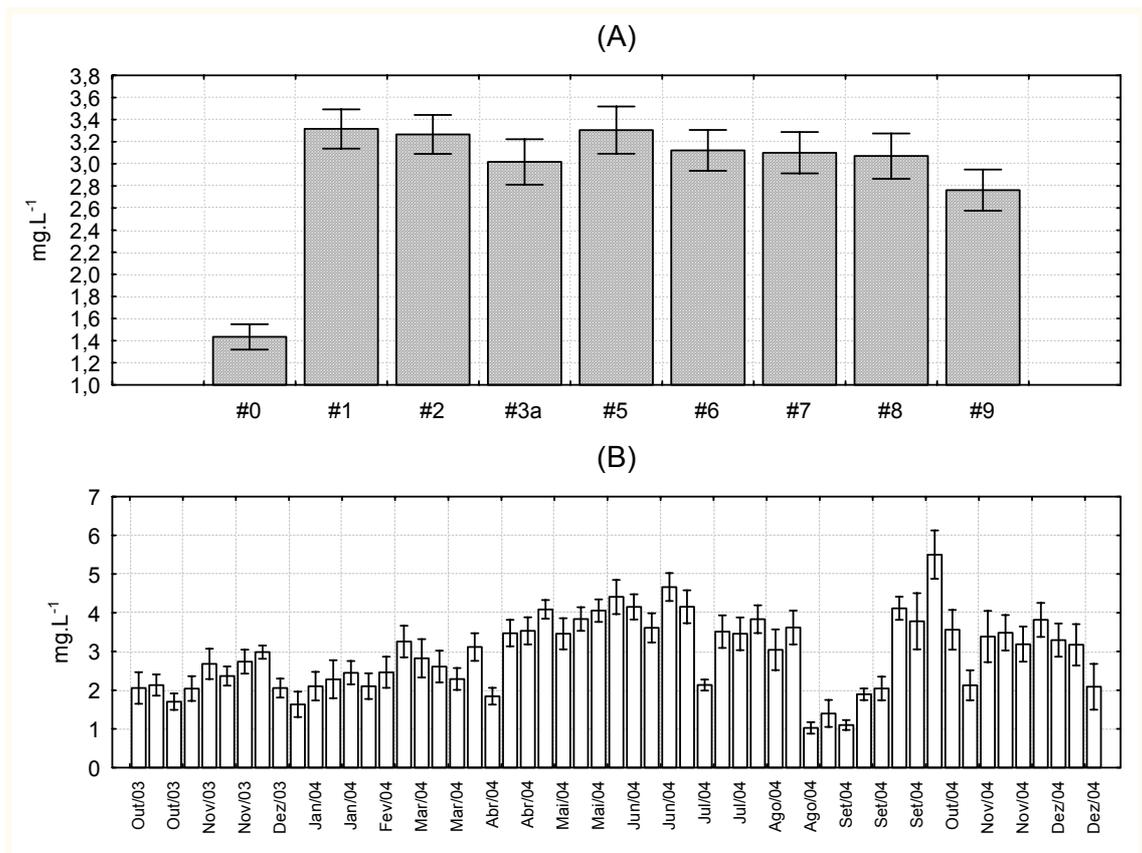


Figura 18. Variação espacial (A) e temporal (B) das médias de silicato ( $\text{Si(OH)}_4$ ). As barras indicam o erro padrão da média.

#### 4.4.2.2. Demanda Bioquímica de Oxigênio ( $\text{DBO}_5$ )

O valor médio geral para  $\text{DBO}_5$  foi de  $1,84 \text{ mg.L}^{-1}$ , com média mínima na estação #0 ( $1,03 \text{ mg.L}^{-1}$ ) e máxima na estação #8 ( $2,8 \text{ mg.L}^{-1}$ ). O valor máximo na estação #8 reforça a idéia de que o rio Itajaí-Mirim é um dos mais comprometidos por poluição orgânica em toda a bacia do Itajaí. A origem dessa matéria orgânica, segundo os resultados para  $\text{DBO}_5$ , não está relacionada somente aos esgotos urbanos, já que as estações de áreas mais urbanizadas (#2, #3a, #9) não apresentaram os maiores valores médios. Depois da estação #0, as estações com maior influência da maré (#7 e #9) foram as que apresentaram

menores valores de  $\text{DBO}_5$  (Figura 19A). Nenhum padrão sazonal claro foi detectado para essa variável (Figura 19B).

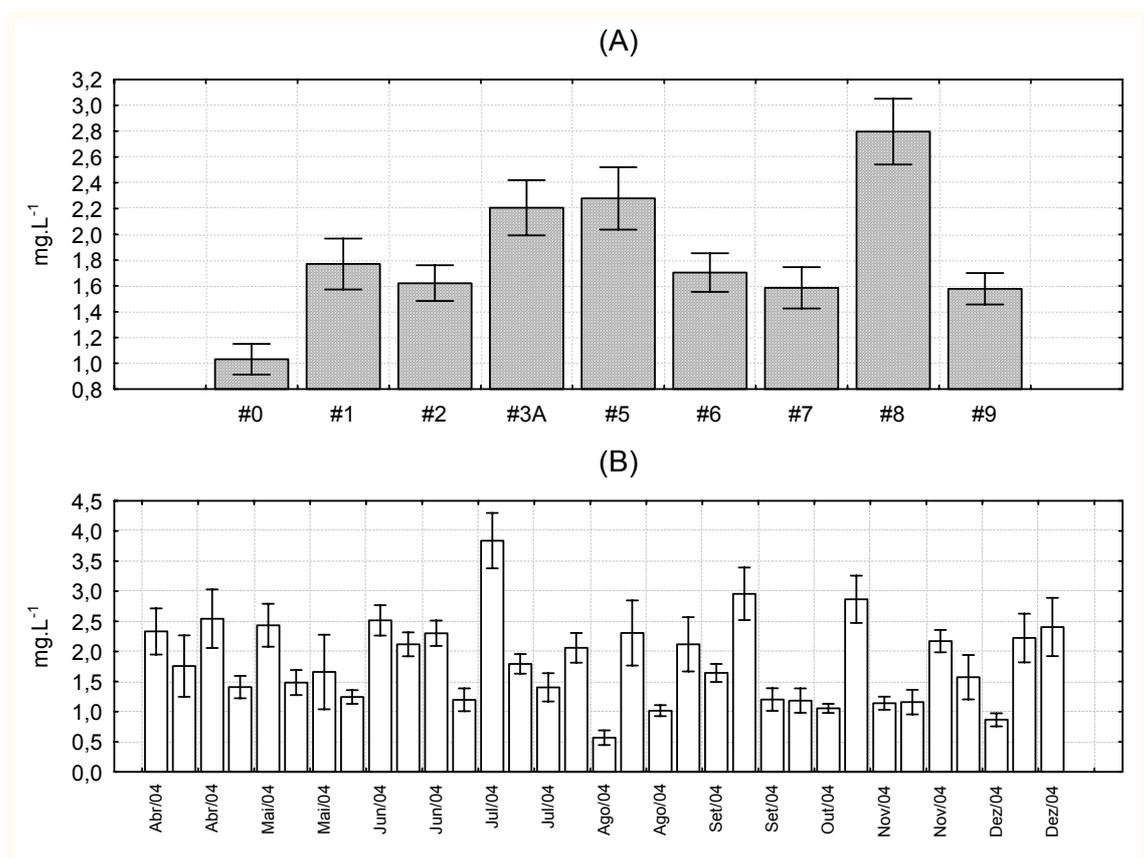


Figura 19. Variação espacial (A) e temporal (B) dos valores médios de demanda bioquímica de oxigênio ( $\text{DBO}_5$ ). As barras indicam o erro padrão da média.

#### 4.4.2.3. Surfactantes aniônicos

Os surfactantes aniônicos, indicativos da contaminação com detergentes, mostraram valores médios mais elevados nas estações #9 e #7 e mínimos na estação #0. O terceiro valor médio mais elevado foi obtido na estação #3a, onde a urbanização é intensa (Figura 20A). Essa variável está associada à presença de esgotos domésticos, o que explicaria os

valores altos nas estações #3a e #9, mas não explicaria os valores elevados na estação #7. Possivelmente os valores para as estações #7 e #9 apresentam interferência da salinidade, ainda que diluições tenham sido realizadas. Outra explicação pode ser a origem industrial desses detergentes, já que algumas indústrias pesqueiras, típicas das ACs #7 e #9 utilizam tais produtos nas suas linhas de processamento. Em termos temporais, não foi detectado padrão para surfactantes, mas destaca-se a considerável amplitude de variação em torno das médias, influenciadas pelos valores contrastantes entre as estações #7, #9 e #3a e as demais. (Figura 20B).

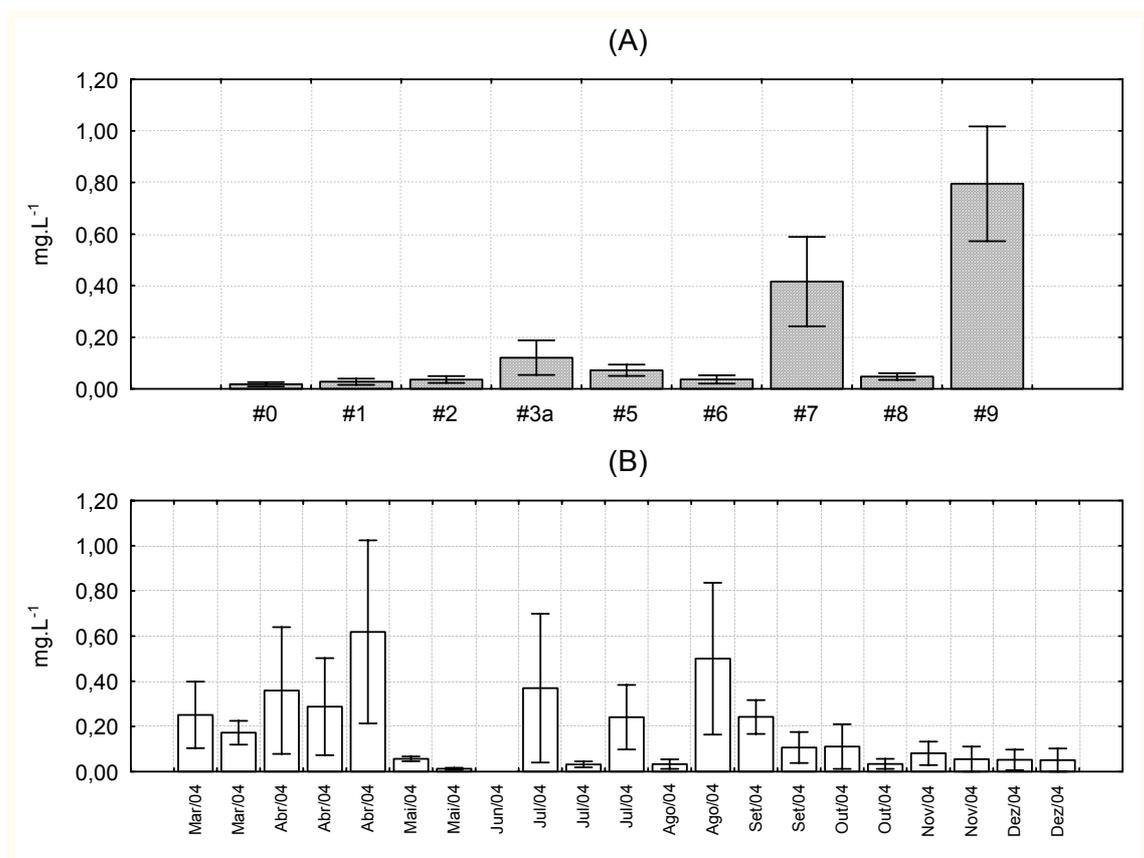


Figura 20. Variação espacial (A) e temporal (B) dos valores médios de surfactantes aniônicos. As barras indicam o erro padrão da média.

#### **4.4.2.4. Compostos organo-halogenados adsorvíveis (AOX)**

O AOX apresentou um claro padrão de incremento nos valores de montante para jusante, com máximo na estação #8, já que não foi possível gerar dados para a estação #9 devido à freqüente salinidade alta das águas da mesma (Figura 21A). Esse padrão indica uma possível acumulação desses compostos tóxicos ao longo da bacia. Seu padrão de incremento parece mais evidente justamente por esses compostos serem mais conservativos e dificilmente degradáveis, sugerindo uma situação de risco para as áreas à jusante da bacia. Sob a óptica temporal, destacam-se os dois grandes picos no verão de 2004 e uma outra tendência de incremento na primavera de 2004 (Figura 21B).

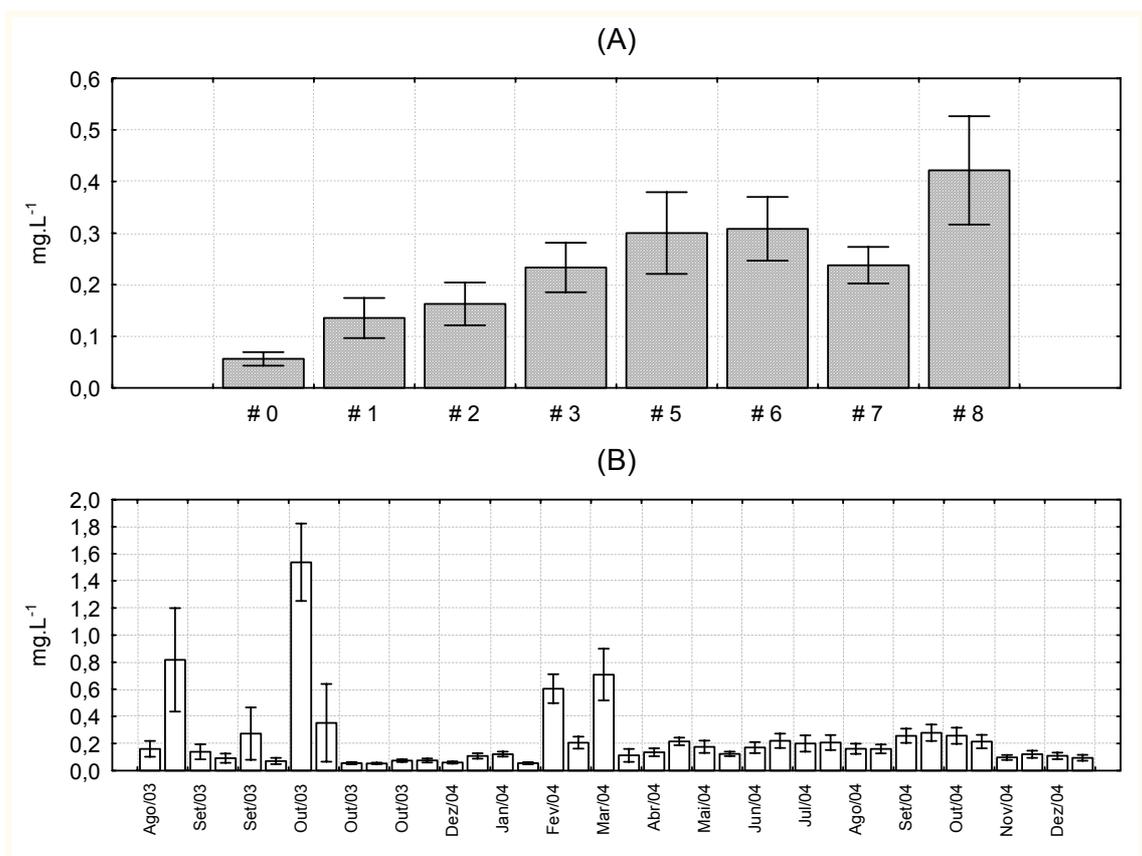


Figura 21. Variação espacial (A) e temporal (B) dos valores médios de compostos organo-halogenados adsorvíveis (AOX). As barras indicam o erro padrão da média.

#### 4.4.2.5. Metais (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb e Zn)

De maneira geral os metais dissolvidos e particulados em água não apresentaram valores muito elevados, exceto pelo ferro, que não é tóxico e ocorre naturalmente em concentrações elevadas nas águas e nos solos em geral. Dois possíveis padrões de contaminação diferentes foram percebidos: um relacionado às estações do Médio Vale (Blumenau e entornos; estações #2, #3a e #5) e outro relacionado à região da foz (Itajaí-Navegantes, estações #7, #8 e #9). Esse padrão é percebido principalmente em relação ao cádmio e de forma não tão clara em relação ao chumbo, cobre, cromo e zinco (Figura 22).

Provavelmente isso reflete a urbanização maior dessas áreas, onde a quantidade de fontes poluidoras diversas é maior. Na estação #3a houve destaque para o cádmio e para o cromo e na estação #9 para cádmio, chumbo, cobre e zinco.

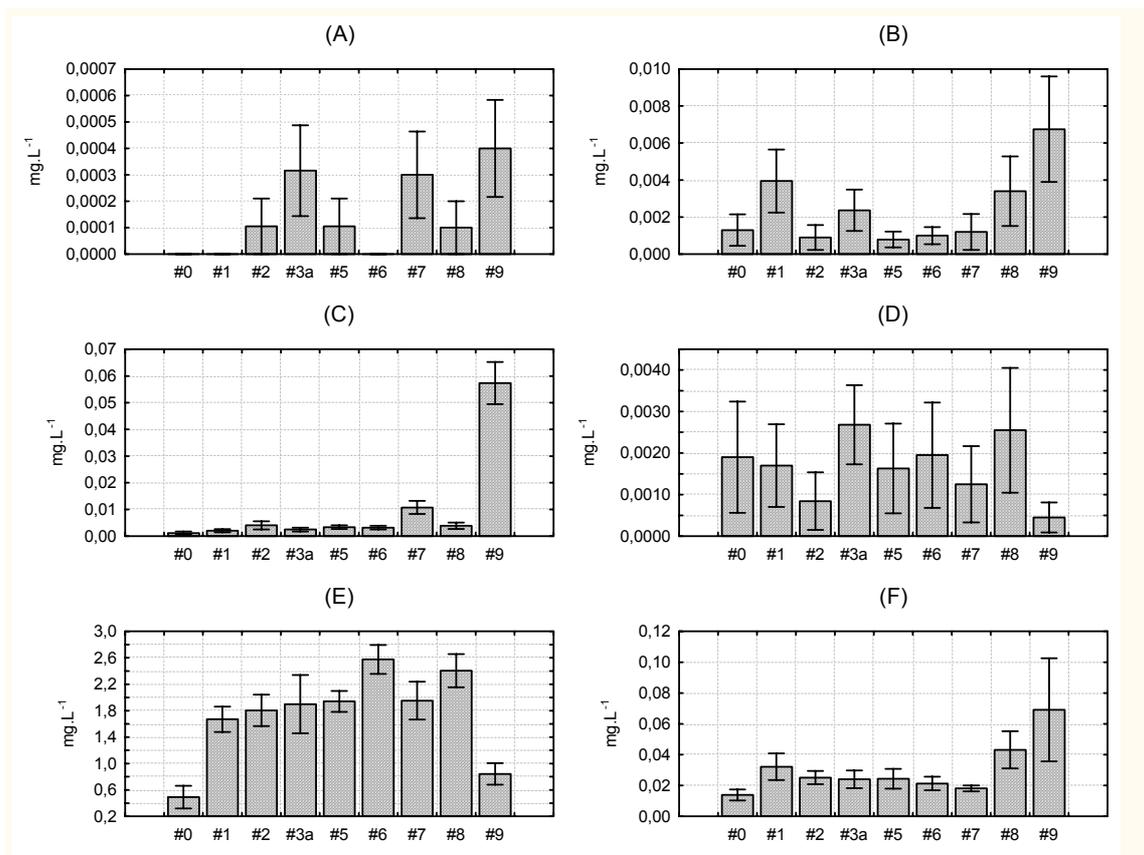


Figura 22. Distribuição espacial das concentrações médias dos metais. Cd= cádmio, Pb= chumbo, Cu= cobre, Cr= cromo, Fe= ferro, Zn= zinco. As barras indicam o erro padrão da média.

Na avaliação temporal alguns aspectos merecem destaque. Primeiramente, uma maior tendência à contaminação visualizada em março de 2004 para cádmio e cromo, com novos picos em junho e julho de 2004 (Figura 23). Em outubro e, especialmente, dezembro

de 2004 houve picos para todos os metais. O cobre mostrou maiores concentrações no inverno e primavera, enquanto o ferro foi maior na primavera e verão.

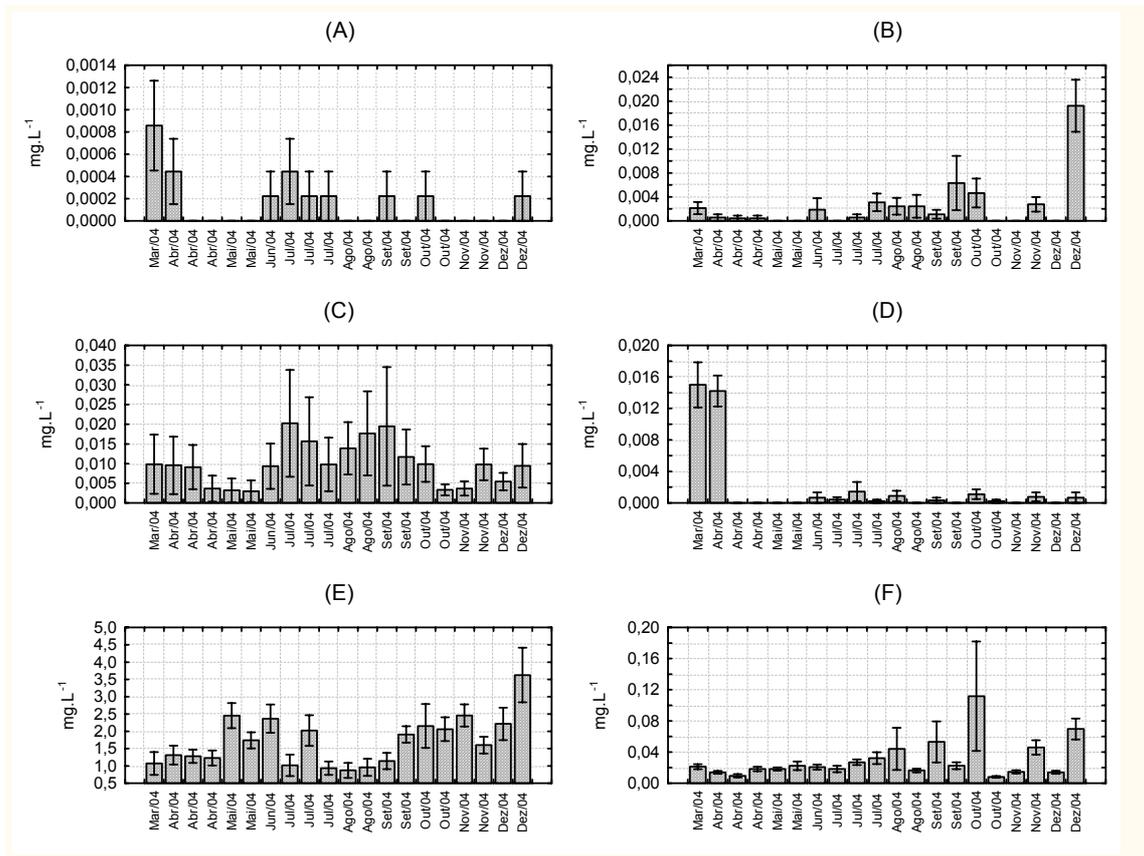


Figura 23. Distribuição temporal das concentrações médias dos metais. Cd= cádmio, Pb= chumbo, Cu= cobre, Cr= cromo, Fe= ferro, Zn= zinco. As barras indicam o erro padrão da média.

#### 4.4.2.6. Clorofila-a

As concentrações de clorofila-a foram em geral baixas e com médias similares entre as estações #0 e #7. Os maiores valores médios foram registrados para as estações #8 e #9 (Figura 24A). No primeiro caso, da estações mais fluviais, o desenvolvimento de comunidades planctônicas é limitado pela turbulência. No caso das estações mais

estuarinas, a estabilidade relativamente maior da coluna de água e a entrada de populações de microalgas planctônicas marinhas, associadas à maior transparência, possibilitou maiores valores de clorofila-a atingindo, em algumas situações valores em torno de  $0,7 \mu\text{g.L}^{-1}$ . Temporalmente, destaca-se uma tendência clara de diminuição no outono e inverno de 2004 e valores maiores antes e depois desse período (Figura 24B).

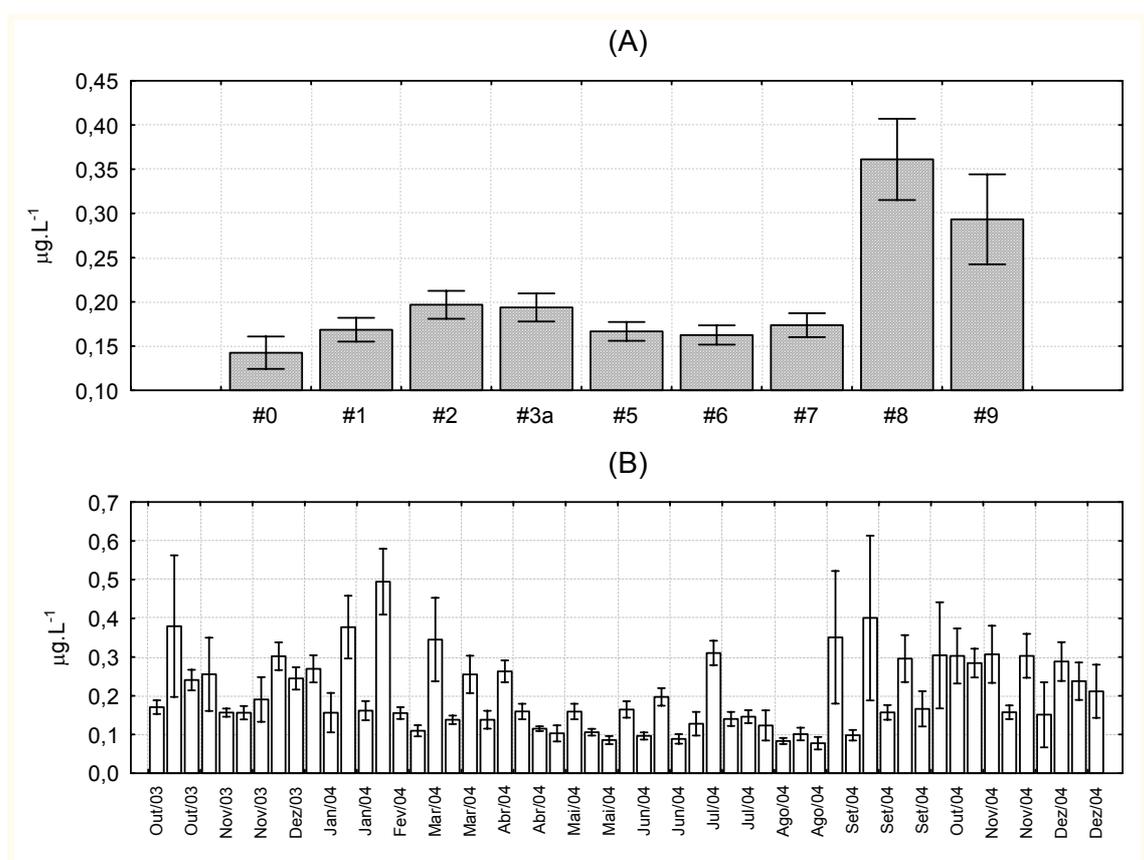


Figura 24. Variação espacial (A) e temporal (B) das concentrações médias de clorofila-a. As barras indicam o erro padrão da média.

#### 4.4.3. Variáveis biológicas (coliformes fecais, bactérias totais e picoplâncton fototrófico)

Em relação aos coliformes fecais verificou-se espacialmente um claro padrão relacionado à urbanização, onde as estações #3a e #9 apresentaram os maiores valores médios e as estações #0, #6 e #7 os menores valores (Figura 25A). Os valores extremos das estações mais contaminadas em termos de colimetria atingiram de 7.000 a 8.000 organismos por 100 mL. Temporalmente, o aspecto mais visível é uma tendência de diminuição nos meses de inverno (Figura 25B).

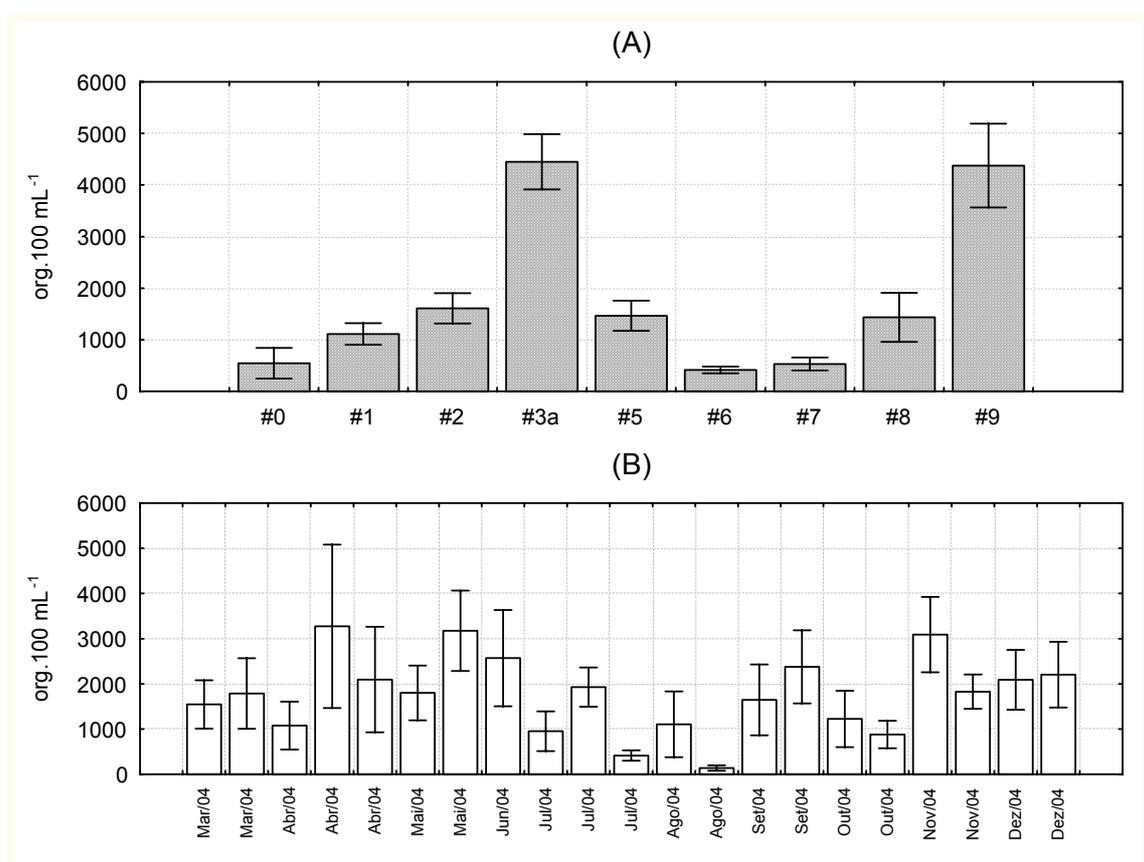


Figura 25. Variação espacial (A) e temporal (B) das concentrações médias de coliformes fecais. As barras indicam o erro padrão da média.

Para bactérias totais, que incluem tanto bactérias de origem cloacal como bactérias naturais dos ecossistemas, verificou-se um padrão de aumento nas concentrações até a estação #7, com quedas nas estações #8 e #9 (Figura 26A). Possivelmente essa redução esteve relacionada com o efeito de diluição do mar, cujas águas mais pobres em matéria orgânica apresentam populações mais discretas de bactérias e também geram choque osmótico às populações límnicas. Não houve sazonalidade clara para os resultados de bactérias totais (Figura 26B).

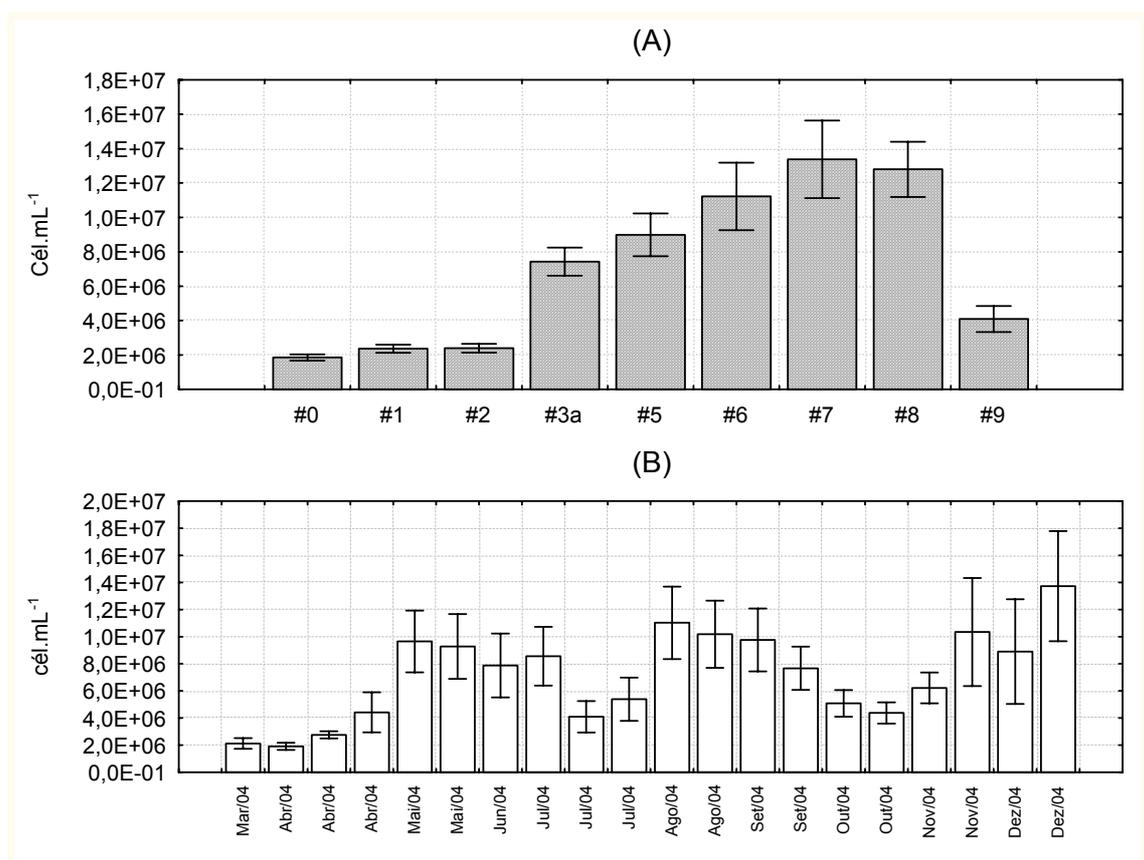


Figura 26. Variação espacial (A) e temporal (B) das concentrações médias de células de bactérias totais. As barras indicam o erro padrão da média.

O picoplâncton fototrófico, que representa a fração fotossintetizante das bactérias totais, composto principalmente por cianobactérias cocóides, também mostrou incremento em direção à jusante, mas com máximo na estação #8 e redução somente na estação #9 (Figura 27A). Entretanto, ressalta-se que as bactérias fotossintetizantes da estação #9 foram sempre de maior tamanho, assim como as da estação #0 (de 1 a 2  $\mu\text{m}$ ), enquanto que as das demais estações eram bem menores (de 0,5 a 1  $\mu\text{m}$ ), indicando que a concentração não necessariamente representa a biomassa no caso desses microrganismos. Temporalmente, parece ter havido uma tendência de incremento para o final do ano de 2004 (Figura 27B).

Cabe ressaltar também que a ordem de grandeza dos valores de bactérias totais é muito maior que a obtida para coliformes fecais e picoplâncton autotrófico.

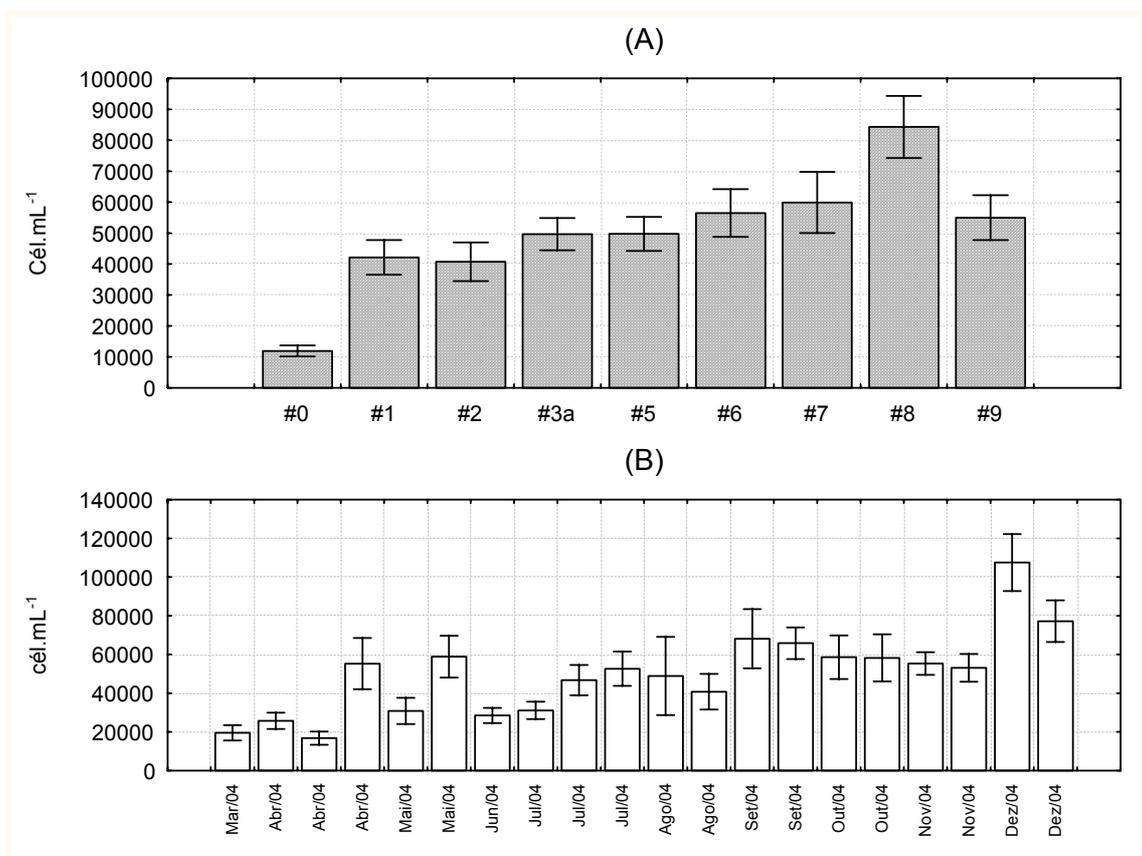


Figura 27. Variação espacial (A) e temporal (B) das concentrações médias de células de picoplâncton fototrófico. As barras indicam o erro padrão da média.

#### 4.4.4. Variáveis ecotoxicológicas

Os três organismos testados responderam de forma diferenciada às amostras de água superficial das estações ordinárias.

Os resultados para os testes com *Vibrio fischeri* (Lumistox) mostraram alguns eventos tóxicos não significativos (com inibição menor que 20%), mais freqüentes nas estações #3a e #5 e menos freqüentes nas estações extremas do perfil (#0 e #9). Temporalmente, as maiores ocorrências de inibição foram registradas nos meses de março e abril e depois entre julho e dezembro (Tabela 18). O dia mais crítico em termos de

toxicidade para este organismo foi 21/10/2004, quando todas as amostras mostraram toxicidade. Destaca-se, entretanto, que nenhuma das inibições foi maior que 20%, o que, segundo o protocolo do teste (ISO, 1998), não é significativo para caracterizar toxicidade aguda efetiva.

Tabela 18. Percentuais de inibição da luminescência de *Vibrio fischeri* nos ensaios ecotoxicológicos (Lumistox) realizados com as amostras de água superficial da bacia do baixo Itajaí entre janeiro e dezembro de 2004. Obs.: a) Os valores referem-se às amostras brutas diluídas à 50%. b) Os valores em negrito e itálico destacam as inibições.

Datas	#0	#1	#2	#3a	#5	#6	#7	#8	#9	Média Temporal
23/1/2004	-1,0	-4,3	<b>0,6</b>	<b>2,4</b>	<b>9,9</b>	-0,6	-3,3	-2,5	-2,0	-0,1
30/1/2004	-0,4	-13,3	-5,9	-5,2	-2,7	<b>0,3</b>	0,0	-2,6	-4,6	-3,8
6/2/2004	<b>0,2</b>	<b>0,8</b>	-0,8	<b>1,2</b>	-2,6	-4,2	-1,3	-3,7	-6,0	-1,8
5/3/2004	-0,3	-6,1	-2,8	-3,2	-3,5	-2,7	-8,3	-3,8	-2,5	-3,7
19/3/2004	-5,5	-5,3	<b>4,8</b>	<b>3,0</b>	<b>4,4</b>	<b>3,4</b>	<b>3,8</b>	<b>2,6</b>	<b>3,7</b>	<b>1,7</b>
1/4/2004	<b>0,4</b>	<b>0,1</b>	<b>2,0</b>	<b>2,3</b>	<b>1,3</b>	-1,0	<b>1,7</b>	<b>1,0</b>	<b>0,8</b>	<b>1,0</b>
15/4/2004	-3,0	-0,5	-1,2	-0,5	<b>5,5</b>	-3,0	<b>0,6</b>	0,0	<b>0,1</b>	-0,2
29/4/2004	-5,8	-1,4	<b>0,4</b>	<b>0,5</b>	<b>0,4</b>	-3,4	<b>1,2</b>	-0,8	-0,7	-1,1
13/5/2004	<b>2,9</b>	<b>1,0</b>	-1,2	<b>1,5</b>	<b>1,2</b>	<b>0,8</b>	-5,1	-2,8	-7,4	-1,0
27/5/2004	<b>0,3</b>	-0,1	-2,1	<b>0,2</b>	<b>1,1</b>	-2,0	-3,7	-1,2	-4,8	-1,4
17/6/2004	-2,8	-1,5	-0,1	<b>1,6</b>	<b>0,6</b>	<b>0,8</b>	<b>0,9</b>	<b>0,5</b>	-2,8	-0,3
1/7/2004	-0,3	-1,3	-2,7	<b>4,2</b>	-3,9	-5,6	-6,4	-8,1	-12,1	-4,0
15/7/2004	-0,1	<b>5,5</b>	<b>1,5</b>	<b>3,8</b>	<b>1,4</b>	<b>3,4</b>	<b>1,7</b>	-2,4	-1,8	<b>1,4</b>
29/7/2004	-1,8	<b>2,9</b>	-4,9	<b>1,3</b>	<b>5,4</b>	-6,3	<b>4,8</b>	<b>3,0</b>	<b>1,6</b>	<b>0,7</b>
12/8/2004	-8,0	-9,0	-4,3	-6,6	-3,4	-2,3	-10,5	-4,9	-3,5	-5,8
26/8/2004	<b>6,2</b>	<b>4,6</b>	<b>3,2</b>	-1,6	-11,3	<b>1,7</b>	-1,0	<b>0,2</b>	-1,2	<b>0,1</b>
9/9/2004	-3,6	-3,2	-8,5	-3,4	-0,5	-3,6	-5,5	<b>3,1</b>	-3,7	-3,2
23/9/2004	<b>4,8</b>	<b>4,3</b>	<b>5,2</b>	<b>4,7</b>	-6,1	<b>2,8</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>	-5,3	<b>1,2</b>
7/10/2004	-2,3	-1,6	<b>2,6</b>	-3,2	-1,6	<b>7,7</b>	-0,8	-4,2	<b>1,3</b>	-0,2
21/10/2004	<b>3,9</b>	<b>1,7</b>	<b>5,8</b>	<b>5,3</b>	<b>4,4</b>	<b>1,8</b>	<b>5,8</b>	<b>4,4</b>	<b>1,7</b>	<b>3,9</b>
4/11/2004	-4,6	-7,9	-8,5	-6,0	-9,2	-3,2	-3,9	-2,1	-5,6	-5,7
18/11/2004	<b>3,3</b>	<b>0,7</b>	-3,9	<b>6,5</b>	<b>1,3</b>	<b>0,8</b>	-2,6	<b>0,9</b>	-1,1	<b>0,7</b>
2/12/2004	-1,1	-3,5	-0,4	<b>1,8</b>	-5,3	-6,8	-1,4	<b>0,3</b>	-2,2	-2,1
16/12/2004	<b>3,9</b>	<b>0,6</b>	-0,9	-3,3	-5,0	-6,8	-7,9	-3,6	-9,9	-3,6
<b>Média Espacial</b>	-0,6	-1,5	-0,9	<b>0,3</b>	-0,8	-1,2	-1,7	-1,1	-2,8	-1,2

Em relação aos testes com microalgas, de maneira geral, também não foram registrados resultados alarmantes de toxicidade, porém, alguns eventos chamaram a

atenção. Primeiramente, o padrão de ocorrências de toxicidade, restrito praticamente ao primeiro semestre (janeiro a julho) (Tabela 19). Outro aspecto a destacar foram as elevadas inibições registradas na estação #7, que atingiram 50% em 05/03/2004 e 20% em 19/03/2004. Nessa última data, também verificaram-se inibições positivas nos testes com *V. fischeri*. Valores como esses indicam elevado risco de toxicidade. Além da estação #7, as estações #0 e #9 apresentaram resultados relativamente elevados de toxicidade para microalgas. No caso da estação #9, a toxicidade é compreensível, haja vista a intensa urbanização e os processos de dragagem constantes nessa área. Porém, no caso da estação #0, ponto branco do perfil, os resultados são surpreendentes, embora tenham sido observados com frequência no entorno dessa estação, vestígios de uso de agrotóxicos.

Ainda em relação aos testes com microalgas, é importante ressaltar que os valores de inibição negativa também podem ser interpretados como indicativos de impacto, pois representam estimulação de crescimento algal. Esse tipo de resposta ocorre quando há excesso de nutrientes, podendo indicar risco de eutrofização (WALHS & MERRIL, 1984) (Tabela 19).

No caso de *Daphnia magna*, nenhum dos testes realizados com quaisquer amostras durante todo o estudo mostrou toxicidade. Tal resultado indica uma baixa sensibilidade desse organismo ou desse teste agudo para os poluentes presentes nas águas da área de estudo.

Tabela 19. Percentuais de inibição do crescimento algal para *Pseudo-kirchneriella subcapitata* ou *Skeletonema costatum* nos ensaios ecotoxicológicos realizados com as amostras de água superficial da bacia do baixo Itajaí entre janeiro e dezembro de 2004. Obs.: a) Os valores referem-se às amostras brutas (100%) exceto onde há um número ao expoente (70, 80 ou 90), o qual representa o percentual de diluição da amostra bruta, realizado quando o organismo teste foi *S. costatum*. b) Os valores em negrito e itálico destacam as inibições.

Datas	#0	#1	#2	#3a	#5	#6	#7	#8	#9	Média Temporal
23/1/2004	<b>7,0</b>	-2,4	-1,7	-0,4	-1,4	-1,3	-0,3	<b>2,9</b>	-2,3 <sup>80</sup>	0,0
30/1/2004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6/2/2004	-	-6,8	-1,0	-2,5	-4,7	<b>5,0</b>	-1,9	-0,7	<b>6,9<sup>80</sup></b>	-0,7
5/3/2004	-14,0	<b>29,3</b>	-2,5	-2,9	-1,0	-1,7	<b>50,6<sup>90</sup></b>	-10,0	<b>32,1<sup>80</sup></b>	<b>8,9</b>
19/3/2004	<b>8,4</b>	-2,4	-4,6	-12,2	-5,6	-8,0	<b>20,4</b>	<b>4,1</b>	-2,8 <sup>80</sup>	-0,3
1/4/2004	-19,0	-28,6	-27,0	-24,4	-29,9	-26,1	-8,8	-22,2	-23,0 <sup>80</sup>	-23,2
15/4/2004	<b>18,4</b>	-8,5	-10,2	-4,7	-4,6	-2,3	<b>14,4</b>	<b>4,0</b>	-29,0 <sup>80</sup>	-2,5
29/4/2004	<b>5,8</b>	<b>1,5</b>	-1,9	-0,3	<b>0,4</b>	-1,7	<b>12,2</b>	<b>2,6</b>	<b>18,3<sup>80</sup></b>	<b>4,1</b>
13/5/2004	<b>3,2</b>	<b>3,1</b>	<b>1,1</b>	-2,9	<b>0,9</b>	<b>3,9</b>	<b>7,3</b>	-3,2	-33,9 <sup>80</sup>	-2,3
27/5/2004	<b>12,9</b>	-5,0	-4,3	-0,3	<b>1,0</b>	-2,1	<b>10,5</b>	<b>7,8</b>	-36,6 <sup>80</sup>	-1,8
17/6/2004	<b>11,3</b>	<b>10,5</b>	<b>7,7</b>	<b>4,0</b>	-11,0	-0,4	<b>14,9</b>	-6,0 <sup>80</sup>	-16,4 <sup>80</sup>	<b>1,6</b>
1/7/2004	-8,2	-3,7	-15,3	-0,3	-7,4	<b>1,8</b>	-19,5 <sup>80</sup>	-3,2	-9,9 <sup>80</sup>	-7,3
15/7/2004	<b>17,1</b>	<b>1,6</b>	-15,9	-5,9	-9,7	-6,0	<b>0,4</b>	-2,6	<b>61,1<sup>90</sup></b>	<b>4,5</b>
29/7/2004	-5,6	<b>3,8</b>	-5,3	<b>10,8</b>	<b>8,0</b>	-19,6	-24,3	-23,4	-14,6 <sup>80</sup>	-7,8
12/8/2004	-64,9	-97,0	-46,0	-101,5	-94,7	-97,3	-14,6	-96,3	<b>5,3<sup>80</sup></b>	-67,5
26/8/2004	-4,5	-15,6	-16,0	-22,2	-19,8	-17,9	-17,9 <sup>80</sup>	-27,1	-16,0 <sup>90</sup>	-17,4
9/9/2004	-9,1	-8,9	-16,3	-10,3	-10,6	-10,7	-3,6	-17,7	-16,4 <sup>90</sup>	-11,5
23/9/2004	-17,7	-19,2	-30,8	-28,9	-26,7	-21,6	-26,3	-15,6	-24,5 <sup>90</sup>	-23,5
7/10/2004	-	-14,2	-20,5	-25,3	-11,1	-9,9	-20,4	-	-	-16,9
21/10/2004	-12,3	-12,8	-14,4	-27,3	-18,2	-22,3	-21,5	-26,7	-28,2 <sup>80</sup>	-20,4
4/11/2004	-5,7	-14,1	-12,2	-7,6	-0,9	-6,8	-2,5	-6,1	-5,3 <sup>80</sup>	-6,8
18/11/2004	-99,1	-110,6	-100,8	-93,0	-98,8	-	-97,3	-102,3	-1,2 <sup>80</sup>	-87,9
2/12/2004	-15,4	-17,0	-11,7	-25,7	-16,4	-13,0	-27,9	-1,8	<b>14,4<sup>70</sup></b>	-12,7
16/12/2004	-48,1	-92,9	-87,9	-85,8	-78,6	-82,9	-82,7	-74,2	-1,9 <sup>80</sup>	-70,6
<b>Média Espacial</b>	<b>-11,4</b>	<b>-17,8</b>	<b>-19,0</b>	<b>-20,4</b>	<b>-19,2</b>	<b>-15,5</b>	<b>-10,4</b>	<b>-19,0</b>	<b>-5,6</b>	<b>-15,7</b>

#### 4.5. Variáveis físicas e químicas dos sedimentos

As características obtidas para as amostras de sedimento coletadas junto às estações amostrais estão apresentadas nas figuras 28 e 29. A granulometria de sedimentos de fundo

mostrou um padrão bastante diferenciado entre as estações do perfil. Como seria esperado, houve presença de cascalho na estação #0, os quais são visivelmente abundantes nas corredeiras do rio Warnow Alto. Entretanto, o maior teor de cascalho foi verificado na estação #6, em Ilhota, mas a origem desse cascalho pode ser artificial e relacionada com despejos de obras de estabilização das margens do rio na área de ancoragem de uma balsa. Na estação #1, o elevado teor de sedimentos finos está em parte relacionado ao local de coleta, junto à margem do rio, uma vez que quase todo o perfil do rio nesse ponto é rochoso. Um outro aspecto a ressaltar é a grande quantidade de argila nas estações #7 e #8. No primeiro caso, trata-se de uma área onde o rio Itajaí-Açu encontra-se em relativa calmaria, no limite mais freqüente de alcance da cunha salina, antes de iniciar a área do canal de navegação da zona portuária. O caso da estação #8, no rio Itajaí-Mirim, é similar, exceto pelo fato de que é um canal artificial.

O percentual de matéria orgânica e, de certa forma, de carbonatos foi maior nas estações com maiores teores de sedimentos finos. Essa associação é esperada, uma vez que sedimentos finos causam maior adsorção de matéria orgânica e indicam maior possibilidade de sedimentação de detritos.

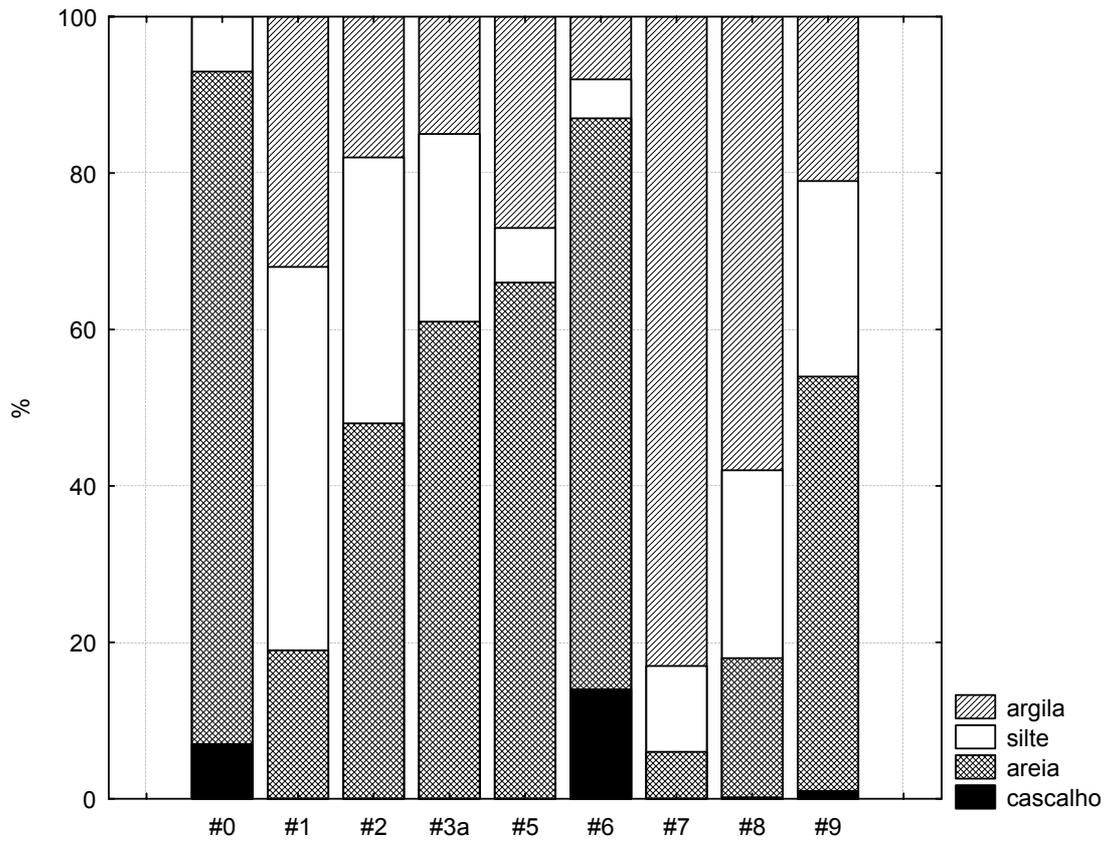


Figura 28. Características granulométricas dos sedimentos coletados junto às diferentes estações amostrais.

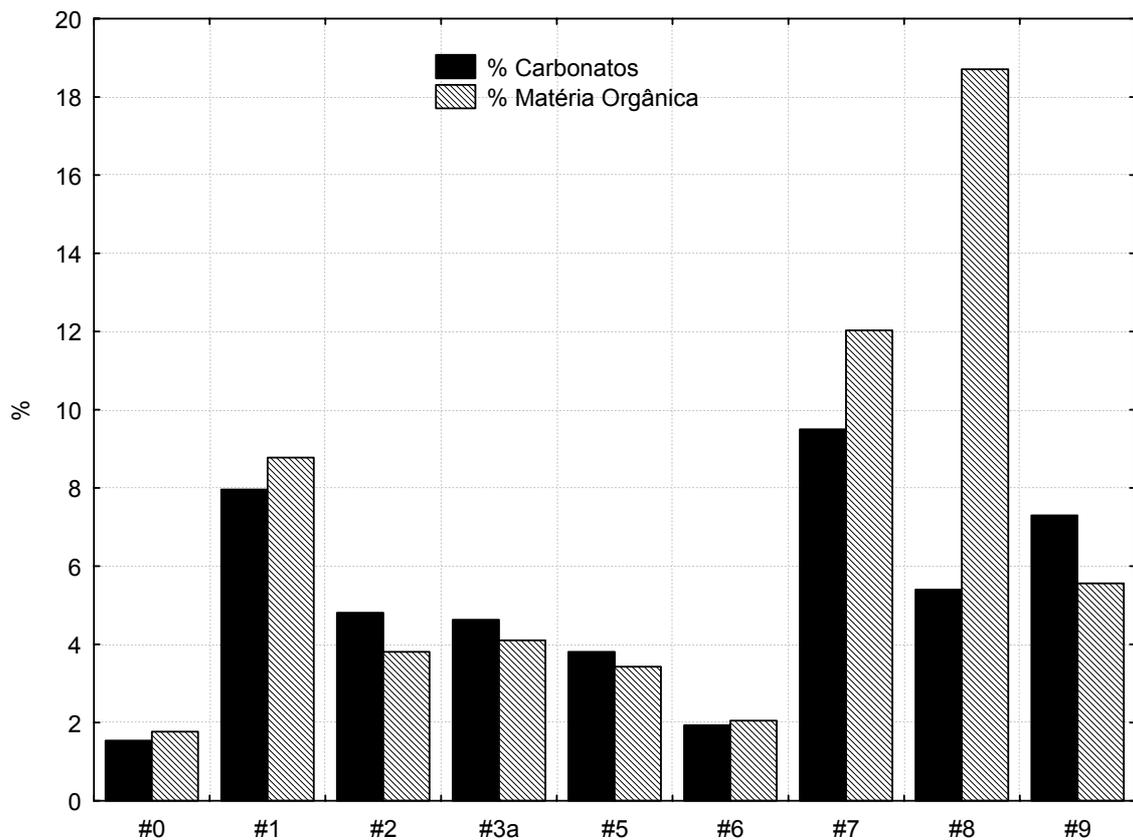


Figura 29. Percentuais de matéria orgânica e carbonatos nos sedimentos coletados junto às estações amostrais.

#### 4.6. Características físico-químicas, químicas e ecotoxicológicas das fontes poluidoras

Entre as 270 fontes poluidoras registradas nas duas margens do trecho do rio Itajaí-Açu considerado, 47 foram selecionadas para a avaliação das características físico-químicas, químicas e ecotoxicológicas (Anexo 22), porém, devido a perda de amostras, os testes ecotoxicológicos foram realizados com 42 dessas fontes. Para fins de análise comparativa, essas fontes foram agrupadas em 5 categorias, a saber: (a) rios e córregos em zona rural; (b) rios e córregos em zona urbana; (c) esgoto doméstico; (d) indústrias

alimentícias e de processamento de pescado e; (e) indústrias químicas e similares. As características foram avaliadas em termos médios para cada categoria.

Em relação ao pH, houve uma tendência à neutralidade em todas as fontes poluidoras, porém, enquanto para os efluentes das indústrias químicas o valor médio foi levemente superior a 7,0, para as demais foi levemente inferior a esse valor (Figura 30A).

O padrão para a condutividade foi mais complexo, mostrando valores baixos para os rios e córregos urbanos, menos alterados por poluição e valores mais elevados para as categorias com grande concentração e efluentes (Figura 30B). O maior valor médio foi obtido para as indústrias de processamento de pescado.

Para a turbidez, a situação se inverte quando comparada com a condutividade, pois o maior valor médio foi observado para os rios e córregos rurais (Figura 30C).

O oxigênio dissolvido seguiu um padrão lógico, com valores maiores nos rios e córregos rurais e menores nos esgotos domésticos (Figura 30D).

Em relação à temperatura, o valor médio mínimo foi registrado para os córregos e rios rurais e os máximos para os efluentes industriais (Figura 30E).

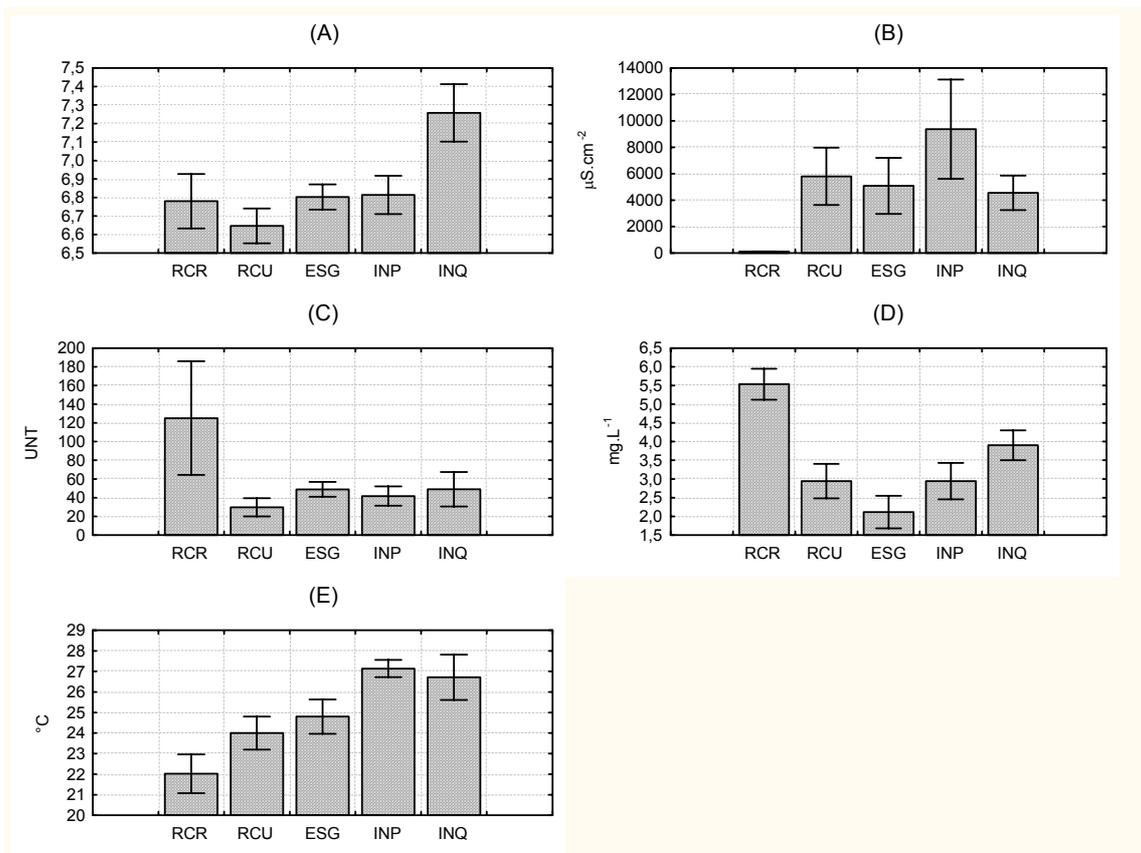


Figura 30. Características físico-químicas das fontes poluidoras selecionadas em valores médios. (A) pH; (B) condutividade; (C) turbidez; (D) oxigênio dissolvido e (E) temperatura. As barras indicam o erro padrão da média. *RCR= rios e córregos rurais; RCU= rios e córregos urbanos; ESG=esgotos domésticos; INP= efluentes de indústrias pesqueiras ou alimentícias; INQ= efluentes de indústrias químicas e similares.*

O padrão para surfactantes também seguiu tendências esperadas, com valores maiores relacionados à presença de esgotos domésticos (rios e córregos urbanos e esgotos domésticos). Porém o valor máximo, surpreendentemente, foi verificado pra os efluentes de indústrias de processamento de pescado (Figura 31A).

A DQO também mostrou um padrão previsível, com valores mínimos nos cursos de água rurais e máximos nos efluentes de indústrias de pescado e esgotos domésticos (Figura 31B).

O AOX mostrou as maiores médias nos efluentes industriais e menores nos rios e córregos rurais (Figura 31C).

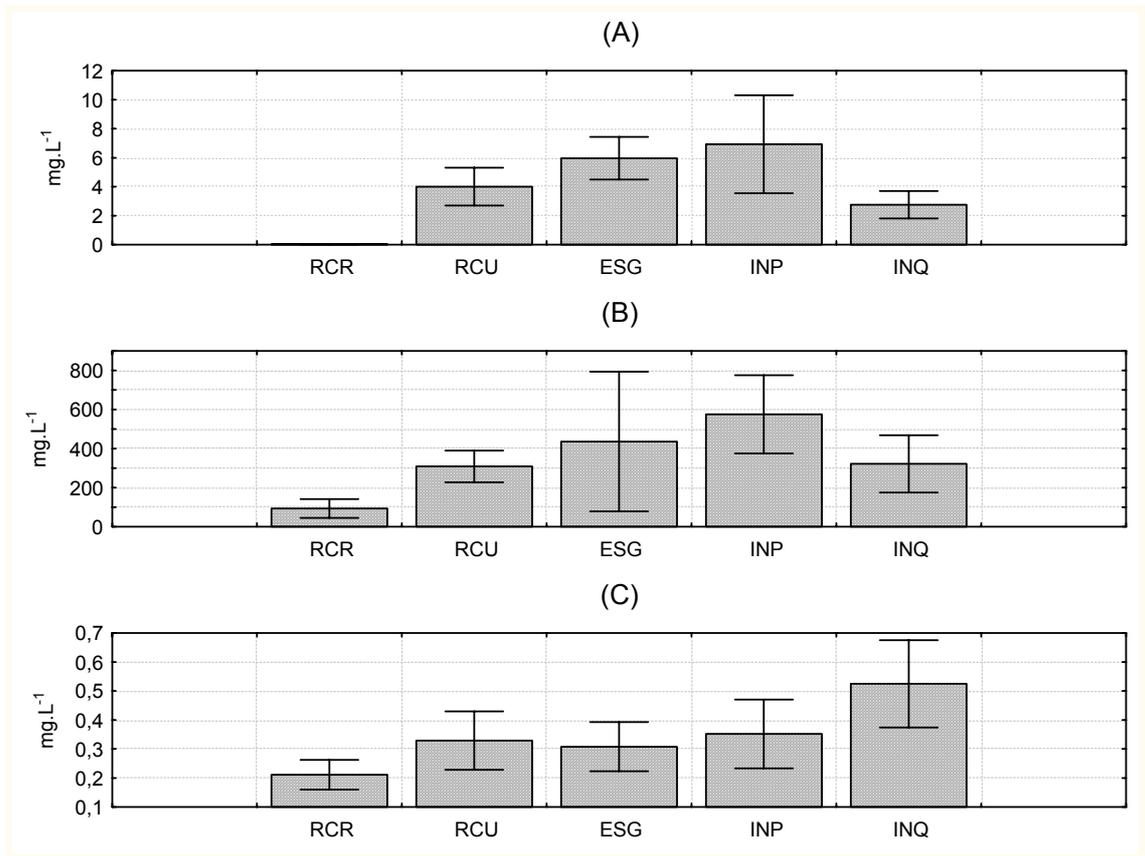


Figura 31. Concentrações médias de (A) surfactantes aniônicos; (B) demanda química de oxigênio (DQO) e (C) compostos organo-halogenados adsorvíveis (AOX) nas fontes poluidoras selecionadas. As barras indicam o erro padrão da média. *RCR= rios e córregos rurais; RCU= rios e córregos urbanos; ESG=esgotos domésticos; INP= efluentes de indústrias pesqueiras ou alimentícias; INQ= efluentes de indústrias químicas e similares.*

Os metais pesados mostraram padrões complexos e diferenciados nas várias tipologias de fontes poluidoras. Os valores médios em geral não foram alarmantes em termos de contaminação, porém algumas tendências merecem atenção.

O cádmio foi virtualmente ausente em todas as análises. O chumbo mostrou valores baixos, mas com picos consideráveis relacionados ao uso urbano de água (rios e córregos urbanos e esgotos domésticos) e em algumas indústrias químicas (Figura 32). Já o cobre e o cromo mostraram valores máximos nas indústrias de processamento de pescado (Figura 32). O ferro, por outro lado, mostrou valores maiores nos cursos de água naturais (rurais e urbanos), mostrando que esse metal tem concentrações naturais maiores que os principais efluentes produzidos na região (Figura 32). Por fim, o zinco, mostrou uma origem relacionada com efluentes domésticos e industriais, com valores máximos na indústria química e nos esgotos domésticos (Figura 32).

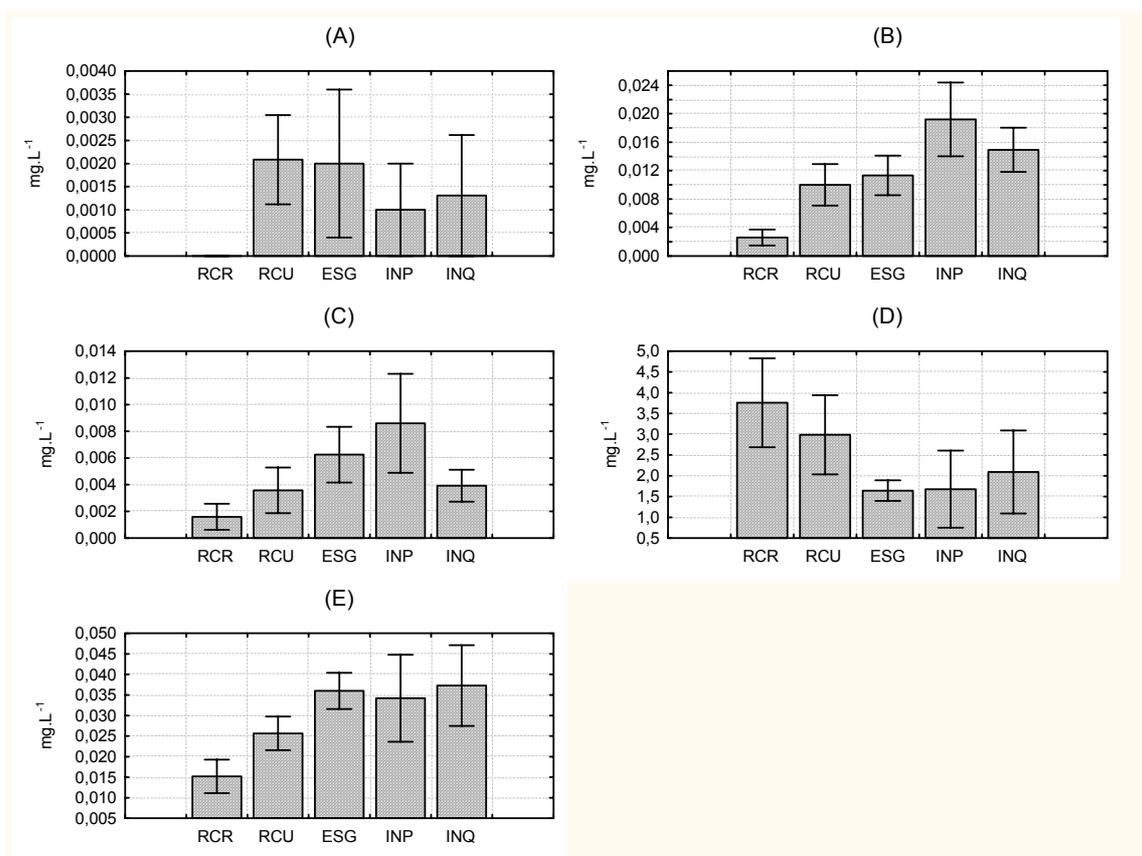


Figura 32. Concentrações médias de metais nas fontes poluidoras selecionadas. Cd= cádmio, Pb= chumbo, Cu= cobre, Cr= cromo, Fe= ferro, Zn= zinco. As barras indicam o erro padrão da média. RCR= rios e córregos rurais; RCU= rios e córregos urbanos; ESG=esgotos domésticos; INP= efluentes de indústrias pesqueiras ou alimentícias; INQ= efluentes de indústrias químicas e similares.

Os ensaios ecotoxicológicos com as amostras de fontes poluidoras mostraram que a microalga *Skeletonema costatum*, de maneira geral foi o organismo-teste mais sensível para detectar toxicidade nas mesmas, seguido por *Daphnia magna*. *Vibrio fischeri* foi o organismo menos sensível, porém as três espécies mostraram efeitos diferenciados conforme o tipo de fonte poluidora. Os parâmetros ecotoxicológicos dos testes com as 42 fontes poluidoras selecionadas para *V. fischeri*, *S. costatum* e *D. magna* estão apresentados, respectivamente nas tabelas 20, 21 e 22. Observando-se essas tabelas percebe-se que a

tipologia de “indústrias químicas” (INQ) foi a que mais frequentemente e intensamente causou toxicidade aos organismos teste, seguida pelos “esgotos domésticos” (ESG), pelos “rios e córregos urbanos” (RCU) e pelas “indústrias de pescado” (INP). Não se detectou toxicidade significativa para amostras de “rios e córregos rurais” (RCR). Algumas amostras causaram efeito significativo de estimulação de crescimento para a microalga *S. costatum*, mostrando um certo potencial eutrofizante dessas amostras, representadas principalmente por “rios e córregos rurais”.

Ao observarem-se separadamente os efeitos de cada amostra para cada organismo teste através da  $CE_{50}$  (Figura 33), é possível visualizar de forma mais clara as amostras mais tóxicas. As amostras #266 e #265, ambas de esgoto doméstico da cidade de Itajaí, foram as mais tóxicas para *V. fischeri* e *S. costatum*, porém não foram tão tóxicas para *D. magna*. Para esse último organismo, as amostras mais tóxicas foram a #155 e #179, ambas de indústrias têxteis, sendo esse efeito tóxico também sensivelmente percebido para *S. costatum*. Alguns outros resultados merecem destaque, como por exemplo o efeito tóxico relativamente severo causado pela amostra #247 (efluente de indústria de pescado) para *S. costatum* e *V. fischeri* mas sem efeito para *D. magna*. Por outro lado, as amostras #28 e #50, que são córregos urbanos, foram tóxicas apenas para *D. magna*.

Tabela 20. Resultados dos ensaios ecotoxicológicos de inibição da luminescência de *Vibrio fischeri* com as amostras de fontes poluidoras selecionadas do rio Itajaí-Açu. Convenções: CENO= máxima concentração em que não se observou efeito; CE<sub>50</sub>= concentração efetiva mediana; LI e LS= limites inferior e superior da CE<sub>50</sub>; CE<sub>20</sub>= concentração efetiva para 20% de efeito; FD<sub>VF</sub>= máximo fator de diluição que não gerou efeito tóxico significativo; MCT= máxima concentração testada; %IMCT= percentual de inibição da máxima concentração testada; INQ= indústrias químicas; ESG= esgotos domésticos; RCU= rios e córregos urbanos; INP indústrias de pescada; RCR= rios e córregos rurais; NT= sem efeito tóxico detectado; NC= não calculável.

Registro	Tipo	Data de realização do teste	CENO (%)	CE <sub>50</sub> (%) (LI – LS)	CE <sub>20</sub> (%)	FD <sub>VF</sub>	MCT (%)	%IMCT
8	ESG	30/03/04	50	89,2 (82 – 97)	60	2	90	51,5
18	RCU	30/08/04	90	NT	NC	1	90	16,4
19	INP	20/03/04	90	NT	NC	1	90	18,4
22	INP	20/03/04	NC	89 (80,7 – 98,2)	46	4	90	51
25	RCU	10/03/04	NT	NT	NT	1	90	0
28	RCU	30/08/04	90	NT	NT	1	90	0
50	RCU	20/03/04	90	NT	NT	1	90	0
55	INQ	20/03/04	90	NC	NC	1	90	12
63	RCR	30/08/04	90	NT	NT	1	90	0
75	RCR	30/08/04	90	NT	NT	1	90	0
76	RCU	10/09/04	90	NT	NT	1	90	0
81	RCR	30/08/04	90	NT	NT	1	90	0
95	RCR	30/08/04	90	NT	NT	1	90	0
114	ESG	20/09/04	50	NC	NC	1	50	10,6
125	RCU	20/09/04	50	NT	NT	1	50	0
126	ESG	10/09/04	50	NT	NT	1	50	0
132	INQ	20/09/04	50	NT	NT	1	50	0
146	ESG	10/09/04	50	NC	80	1	50	15
150	INQ	20/09/04	50	NT	NT	1	50	0
151	INQ	20/09/04	50	NT	NT	1	50	0
155	INQ	20/09/04	50	NC	NC	1	50	0
163	INQ	10/09/04	13	55,2 (49,1 – 62)	20	8	60	55
164	INQ	20/09/04	6,25	35,4 (26,1 – 47,8)	12,3	16	50	58,4
171	INQ	20/09/04	50	NC	NC	1	50	16,6
172	INQ	10/09/04	12,5	NC	25	8	50	27,7
179	INQ	10/09/04	25	NC	41	4	50	30
189	INP	10/09/04	90	NC	NC	1	90	11
216	RCU	20/03/04	90	NC	NC	1	90	13
222	INQ	30/08/04	50	NC	60	2	90	37
223	RCU	20/03/04	90	NC	NC	1	90	15,5
232	INQ	20/03/04	90	NT	NT	1	90	0
247	INP	20/03/04	80	28,7 (19,4 – 43,2)	85	8	90	71
250	ESG	20/03/04	90	NC	NC	1	90	15,7
251	RCR	30/03/04	90	NT	NT	1	90	0
252	INQ	10/03/04	90	NC	NC	1	90	12
253	ESG	10/03/04	NC	59,9 (46,2 – 77,7)	21	8	90	62,3
264	ESG	10/03/04	NC	71,3 (59,1 – 86,1)	25	4	90	59,5
265	ESG	10/03/04	NC	25,1 (18,6 – 33,7)	12	16	90	85
266	ESG	10/03/04	NC	22,1 (16,3 – 29,8)	8	8	90	84
267	INP	10/03/04	90	NT	NC	1	90	11
270	ESG	30/03/04	NC	61,4 (49,9 – 75,5)	25	1	90	62,4
275	RCU	30/03/04	90	NT	NC	1	90	11

Tabela 21. Resultados dos ensaios ecotoxicológicos de inibição da taxa de crescimento de *Skeletonema costatum* com as amostras de fontes poluidoras selecionadas do rio Itajaí-Açu. Convenções: CENO= máxima concentração em que não se observou efeito; CE<sub>50</sub>= concentração efetiva mediana; LI e LS= limites inferior e superior da CE<sub>50</sub>; MCT= máxima concentração testada; %IMCT= percentual de inibição da máxima concentração testada; INQ= indústrias químicas; ESG= esgotos domésticos; RCU= rios e córregos urbanos; INP indústrias de pescadao; RCR= rios e córregos rurais; NT= sem efeito tóxico detectado.

Registro	Tipo	Data de realização do teste	CENO (%)	CE <sub>50</sub> (%) (LI – LS)	MCT (%)	%IMCT	Efeito
8	ESG	11/3/2004	20	26,5 (22,1 – 28,4)	75	100	Inibição
18	RCU	20/4/2004	20	-	80	-24	estimulação
19	INP	20/4/2004	40	-	80	-11	estimulação
22	INP	20/4/2004	-	NT	80	3	-
25	RCU	11/3/2004	-	NT	75	-10	-
28	RCU	20/4/2004	-	NT	80	1	-
50	RCU	20/4/2004	-	NT	80	13	-
55	INQ	20/4/2004	0	30,5 (20,1 – 46,4)	80	61	inibição
63	RCR	30/11/2004	0	-	80	-14	estimulação
75	RCR	30/11/2004	0	-	75	-10	estimulação
76	RCU	25/10/2004	11	15,5	55	100	Inibição
81	RCR	30/11/2004	0	-	80	-11	estimulação
95	RCR	25/10/2004	0	-	55	-12	estimulação
114	ESG	14/10/2004	6	8,1	55	100	Inibição
125	RCU	14/10/2004	11	15,6	55	100	Inibição
126	ESG	4/10/2004	11	15,6	55	100	Inibição
132	INQ	25/10/2004	-	NT	55	0	-
146	ESG	30/11/2004	6	8,12	55	100	Inibição
150	INQ	25/10/2004	11	31,8 (29,7 – 33,9)	55	100	Inibição
151	INQ	25/10/2004	11	32,1 (30,1 – 34,3)	55	100	Inibição
155	INQ	14/10/2004	0	6,7	55	100	Inibição
163	INQ	4/10/2004	0	7,5 (6,7 – 8,4)	55	100	Inibição
164	INQ	25/10/2004	6	14 (13,1 – 14,9)	55	100	Inibição
171	INQ	14/10/2004	22	53,1 (44,6 – 66,1)	55	52	Inibição
172	INQ	4/10/2004	11	15,2 (14,9 – 15,6)	55	100	Inibição
179	INQ	4/10/2004	11	15,5 (15,2 – 15,6)	55	100	Inibição
189	INP	25/10/2004	22	-	55	-14	estimulação
216	RCU	11/3/2004	10	-	80	-22	estimulação
222	INQ	20/4/2004	40	-	80	-12	estimulação
223	RCU	11/3/2004	-	NT	80	-30	-
232	INQ	20/4/2004	-	NT	75	-4	-
247	INP	11/3/2004	10	13,5	80	100	Inibição
250	ESG	20/4/2004	-	NT	75	-3	-
251	RCR	11/3/2004	-	NT	55	-13	-
252	INQ	20/4/2004	20	20,4 (19,1 – 21,9)	80	100	Inibição
253	ESG	11/3/2004	10	14,5	75	100	Inibição
264	ESG	11/3/2004	10	14,1	80	100	Inibição
265	ESG	11/3/2004	0	5,32	75	100	Inibição
266	ESG	11/3/2004	0	2,7	75	100	Inibição
267	INP	20/4/2004	20	47,9 (45 – 51)	80	100	Inibição
270	ESG	11/3/2004	10	14,5 (11,2 – 18,2)	75	100	Inibição
275	RCU	11/3/2004	40	53,9 (50,1 – 55,6)	75	100	Inibição

Tabela 22. Resultados dos ensaios ecotoxicológicos de inibição da motilidade em juvenis de *Daphnia magna* com as amostras de fontes poluidoras selecionadas do rio Itajaí-Açu. Convenções: CENO= máxima concentração em que não se observou efeito; CE<sub>50</sub>= concentração efetiva mediana; LI e LS= limites inferior e superior da CE<sub>50</sub>; FD<sub>dm</sub>= máximo fator de diluição que não gerou efeito tóxico significativo; MCT= máxima concentração testada; %IMCT= percentual de inibição da máxima concentração testada; INQ= indústrias químicas; ESG= esgotos domésticos; RCU= rios e córregos urbanos; INP indústrias de pescada; RCR= rios e córregos rurais; NT= sem efeito tóxico detectado; NC= não calculável.

Registro	Tipo	Data de realização do teste	CENO (%)	CE <sub>50</sub> (%) (LI – LS)	FD <sub>DM</sub>	MCT (%)	%IMCT
8	ESG	28/6/2004	50	NC	2	100	100
18	RCU	14/10/2004	-	NT	1	100	0
19	INP	14/10/2004	-	NT	1	100	0
22	INP	19/2/2004	50	NT	2	100	100
25	RCU	14/10/2004	-	NT	1	100	0
28	RCU	28/6/2004	25	61,84 (56,7 – 67,4)	4	100	100
50	RCU	9/10/2004	50	67,13 (63,4 – 71,1)	2	100	100
55	INQ	17/10/2004	50	NC	2	100	11
63	RCR	17/11/2004	-	NT	1	100	0
75	RRC	4/11/2004	-	NT	1	100	0
76	RCU	8/12/2004	-	NT	1	100	0
81	RRC	30/10/2004	-	NT	1	100	3
95	RRC	24/11/2004	-	NT	1	100	0
114	ESG	24/11/2004	-	NT	1	100	0
125	RCU	23/11/2004	-	NT	1	100	0
126	ESG	30/10/2004	-	NT	1	100	0
132	INQ	11/12/2004	-	NT	1	100	0
146	ESG	17/11/2004	50	70,71	2	100	100
150	INQ	30/11/2004	-	NT	1	100	0
151	INQ	23/11/2004	-	NT	1	100	0
155	INQ	14/12/2004	13	18,03	8	100	100
163	INQ	17/11/2004	50	69,81 (64,3 – 75,8)	2	100	95
164	INQ	11/12/2004	25	42,78 (38,8 – 47,2)	4	100	100
171	INQ	14/12/2004	50	72,01	2	100	95
172	INQ	8/12/2004	50	70,71	2	100	100
179	INQ	30/11/2004	3	6,01 (5,4 - 6,7)	32	100	100
189	INP	30/11/2004	-	NT	1	100	0
216	RCU	14/6/2004	-	NT	1	100	0
222	INQ	28/6/2004	-	NT	1	100	3
223	RCU	14/6/2004	-	NT	1	100	5
232	INQ	19/2/2004	50	NT	2	100	100
247	INP	6/7/2004	-	NC	1	100	8
250	ESG	23/5/2004	-	NT	1	100	0
251	RRC	17/10/2004	-	NC	1	100	8
252	INQ	17/10/2004	-	NC	1	100	8
253	ESG	6/7/2004	50	100	2	100	33
264	ESG	14/6/2004	25	68,44 (56,4 - 83,1)	4	100	83
265	ESG	22/5/2004	25	72,84 (66,6 - 79,6)	4	100	76
266	ESG	22/5/2004	25	71,89 (67,4 – 76,7)	4	100	83
267	INP	23/5/2004	50	70,71	2	100	100
270	ESG	14/6/2004	-	NC	1	100	13
275	RCU	17/10/2004	-	NT	1	100	0

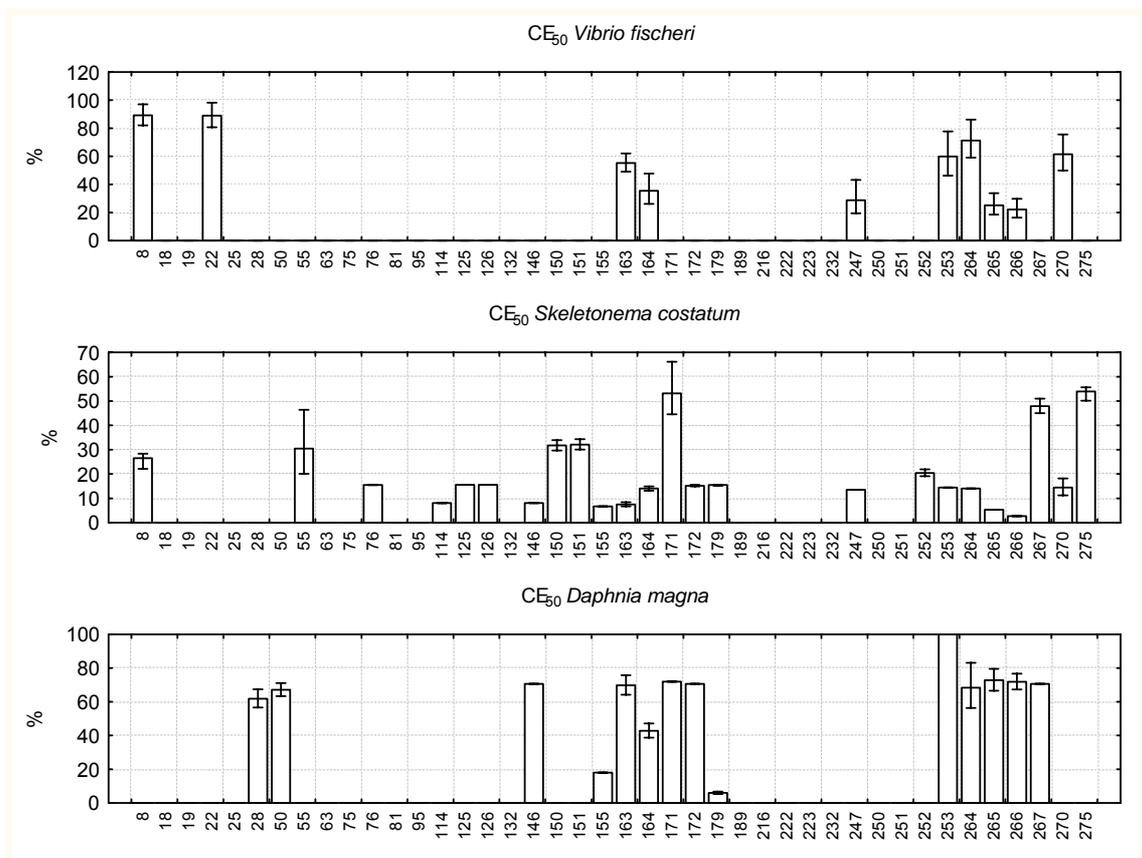


Figura 33. Toxicidade na forma de concentração efetiva mediana ( $CE_{50}$ ) das amostras de fontes poluidoras a três organismos-teste (*Vibrio fischeri*, *Skeletonema costatum* e *Daphnia magna*). As barras indicam os limites superior e inferior da estimativa da  $CE_{50}$ . Ausência de barras indica que esses limites não foram calculáveis.

#### 4.7. Índice de Qualidade da Água (IQA)

Foi possível calcular o IQA para as amostras de água superficial somente entre abril e dezembro de 2004, totalizando 18 amostragens ou 162 amostras (ANEXO 23).

A condição predominante da qualidade da água segundo o IQA calculado é *Regular*. Como era esperado, as estações #0 e #1 obtiveram o maior número de ocorrências de IQA

*Bom* e ausência de *IQA Ruim*. As estações de #2 a #9 obtiveram uma ocorrência de *IQA Ruim*. Nenhuma estação apresentou qualidade *Péssima* entre as amostras analisadas (Figura 34).

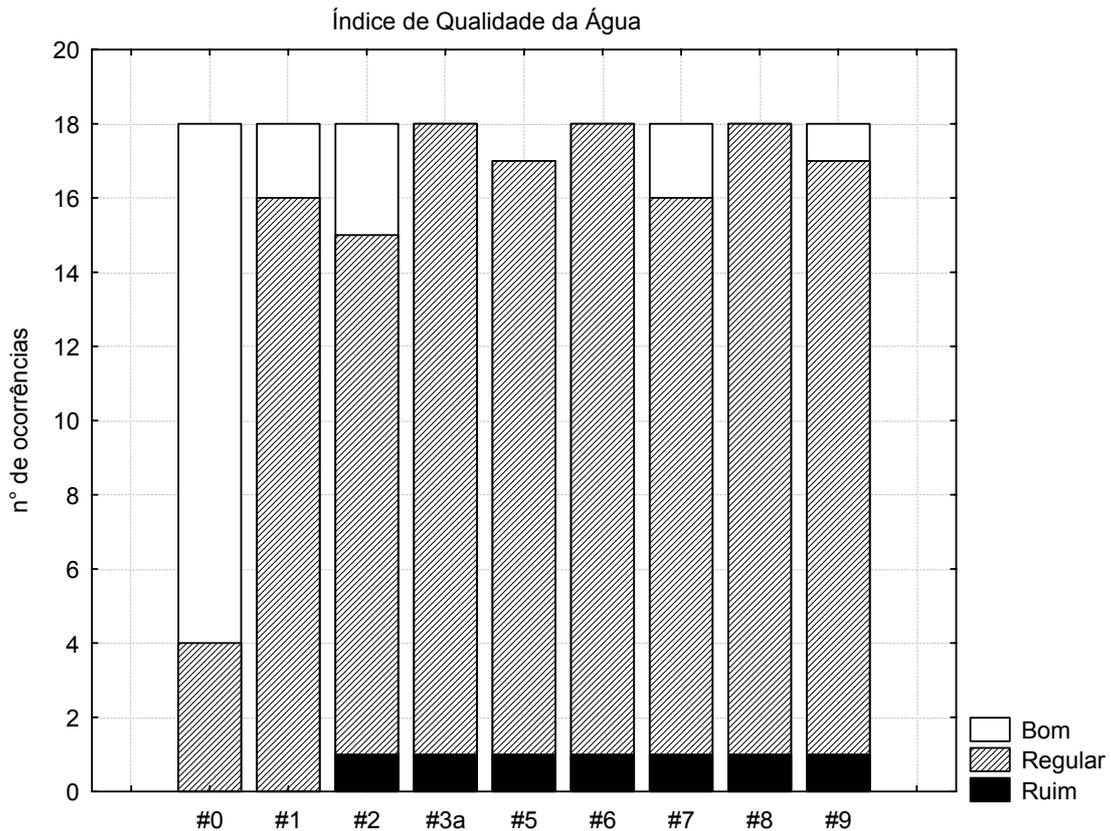


Figura 34. Qualificação do índice de qualidade da água (IQA) para as estações analisadas em termos de número de ocorrências de cada classe.

Analisando-se os valores numéricos de IQA em termos médios para cada estação (Figura 35A), percebe-se claramente a qualidade superior das águas da estação #0 em relação às demais, sendo seguida pelas estações #1, #2 e #7. A estação com menor valor de IQA foi a #3a, seguida pela #5, localizadas respectivamente nas regiões urbanas de Blumenau e Gaspar.

Analisando-se os valores médios obtidos de IQA para todas as estações em cada dia de amostragem (Figura 35B), verifica-se uma tendência de diminuição nos valores de abril a junho, com novo incremento a partir desse mês, culminando com um pico ao final de agosto e nova diminuição até o fim do período. A maior variação entre estações num mesmo dia foi verificada em 16/12/2004.

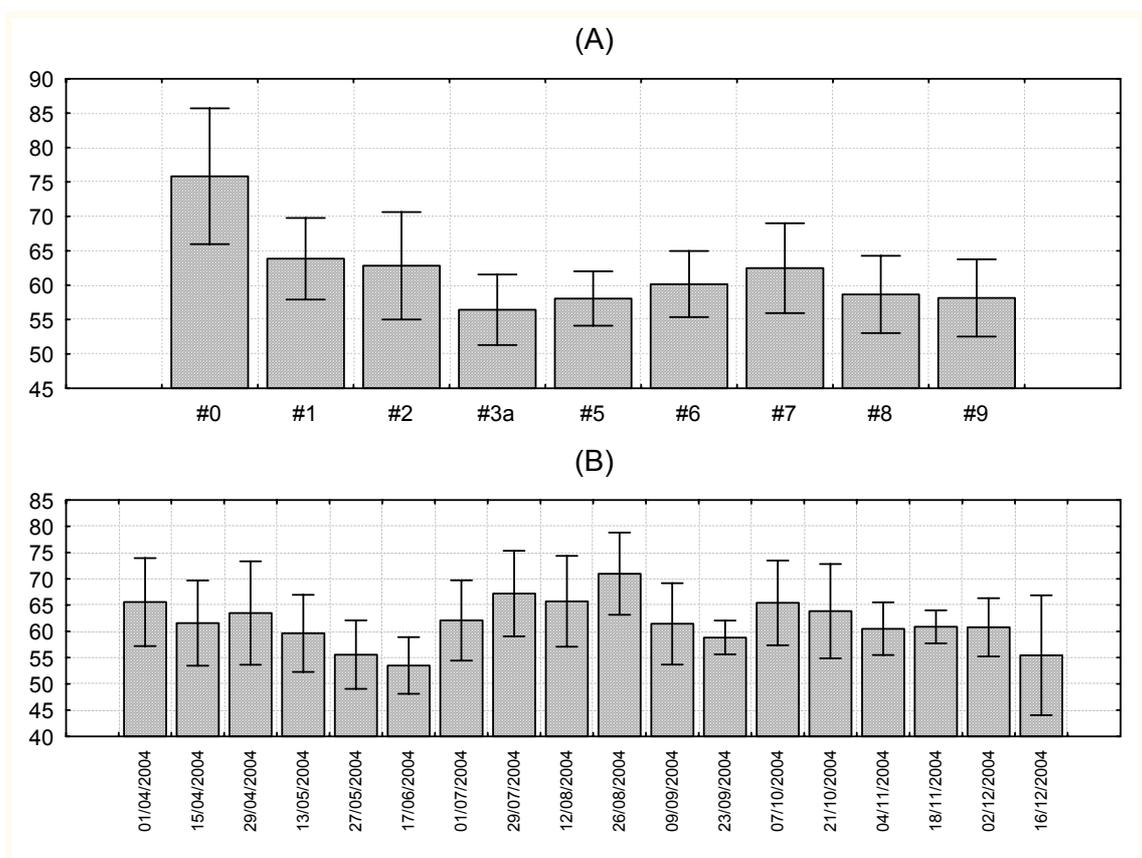


Figura 35. Distribuição espacial (A) e temporal (B) dos valores médios obtidos para Índice de Qualidade da Água (IQA). As barras indicam o erro padrão da média.

#### 4.8. Fator de incremento

Os resultados dos cálculos de fatores de incremento (FIs) para nutrientes inorgânicos dissolvidos (Figura 36) evidenciaram claramente o incremento do aporte a partir da estação #1, entretanto, enquanto os nutrientes nitrogenados incrementaram gradualmente, o  $\text{Si(OH)}_4$  manteve FIs relativamente estáveis até a estação #9. Já o  $\text{P-PO}_4^{3-}$  incrementou e depois teve queda no FI a partir da estação #7. Em relação aos FIs dos metais (Figura 37), os padrões foram um pouco irregulares, destacando-se que chumbo, cobre e zinco aumentaram sensivelmente nas 3 últimas estações do perfil. O cromo manteve baixos valores de incremento ao longo das estações. Não foram gerados FIs para o cádmio, pois esse metal não foi detectado no ponto branco (estação #0) e mostrou ocorrência apenas eventual e em níveis baixos nas outras estações. O AOX (Figura 38A) mostrou também incremento crescente, chegando ao valor 10 na estação #7. Não há dados para o FI de AOX na estação #9, uma vez que não foram gerados dados de AOX para essa estação. A  $\text{DBO}_5$  mostrou incrementos maiores nas estações mais urbanizadas, diminuindo em estações com mais áreas agrícolas e no estuário (Figura 38B). O MPS mostrou altos valores de FI em quase todas as estações (FI de 10 a 14), apenas diminuindo bruscamente na estação mais estuarina (Figura 38C). Já os surfactantes apresentaram FIs muito elevados nas estações #3a, #7 e #9, mas especialmente nessa última, atingindo um valor médio maior que 65 (Figura 38D). Por fim, em relação às variáveis biológicas e clorofila-a (Figura 39), houve um nítido incremento gradual das bactérias totais até a estação #8 e diminuição na estação #9. Os coliformes fecais mostraram FIs muito elevados, como seria de se esperar, mas especialmente nas estações com maior influência urbana, como a #3a e a #9, com FIs de cerca de 140 e 100, respectivamente. O picoplâncton fototrófico apresentou o mesmo padrão observado para as bactérias totais e a clorofila-a mostrou valores de FI similares, em

torno de 2,5, em todas as estações menos na estação #8, que mostrou um FI em torno de 5, sendo esse valor maior acompanhado pelo picolâncton fototrófico.

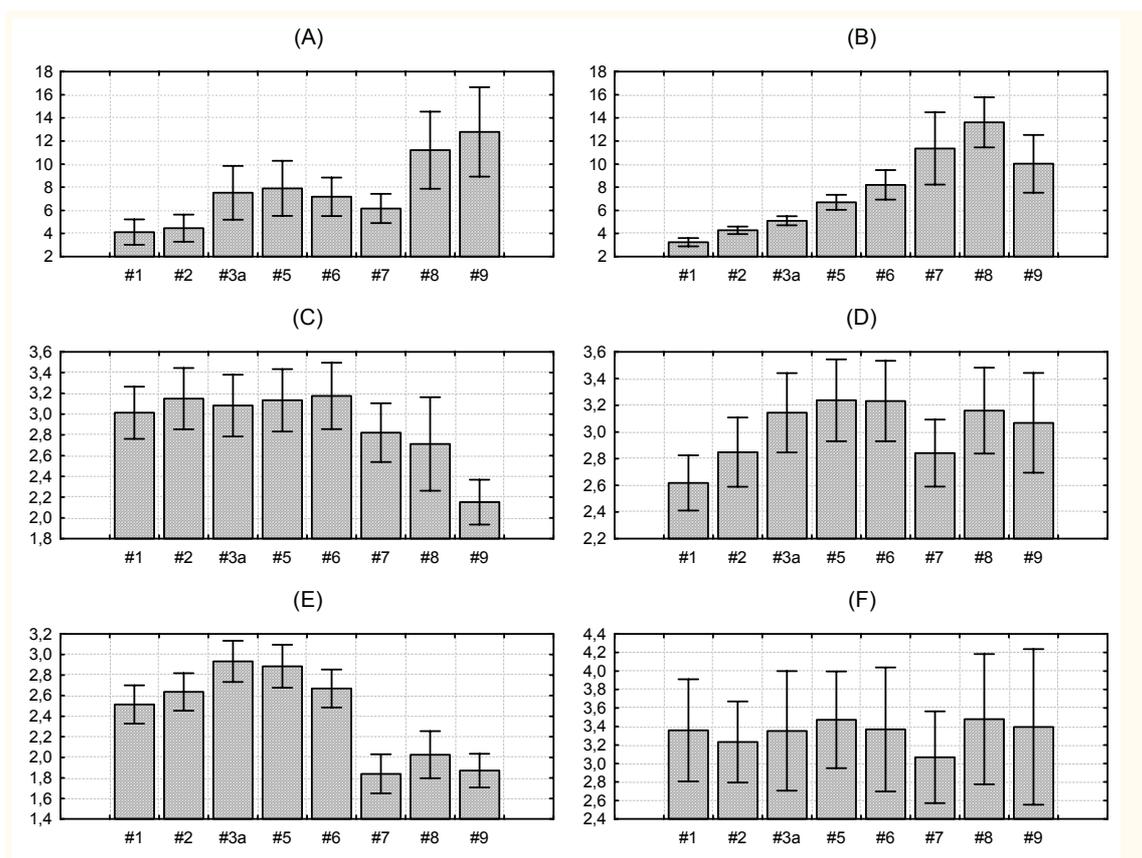


Figura 36. Fatores de incremento médios para os nutrientes inorgânicos dissolvidos em relação ao ponto branco (estação #0). N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>= Amônio, N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>= nitrito, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>= nitrato, NIDT= nutrientes nitrogenados dissolvidos totais, P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>= fosfato, Si(OH)<sub>4</sub>= silicato. As barras indicam o erro padrão da média.

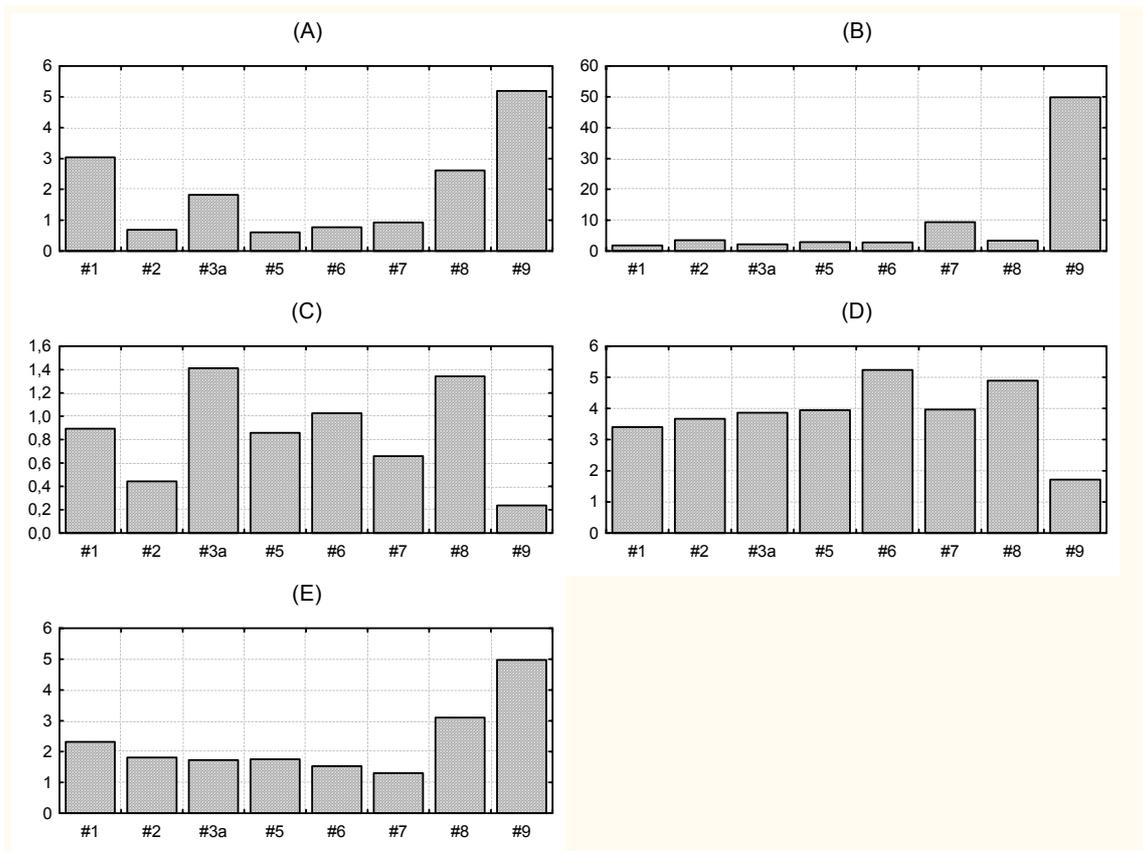


Figura 37. Fatores de incremento médios para metais em relação ao ponto branco (estação #0). Pb= Chumbo, Cu= cobre, Cr= cromo, Fe= ferro, Zn= zinco.

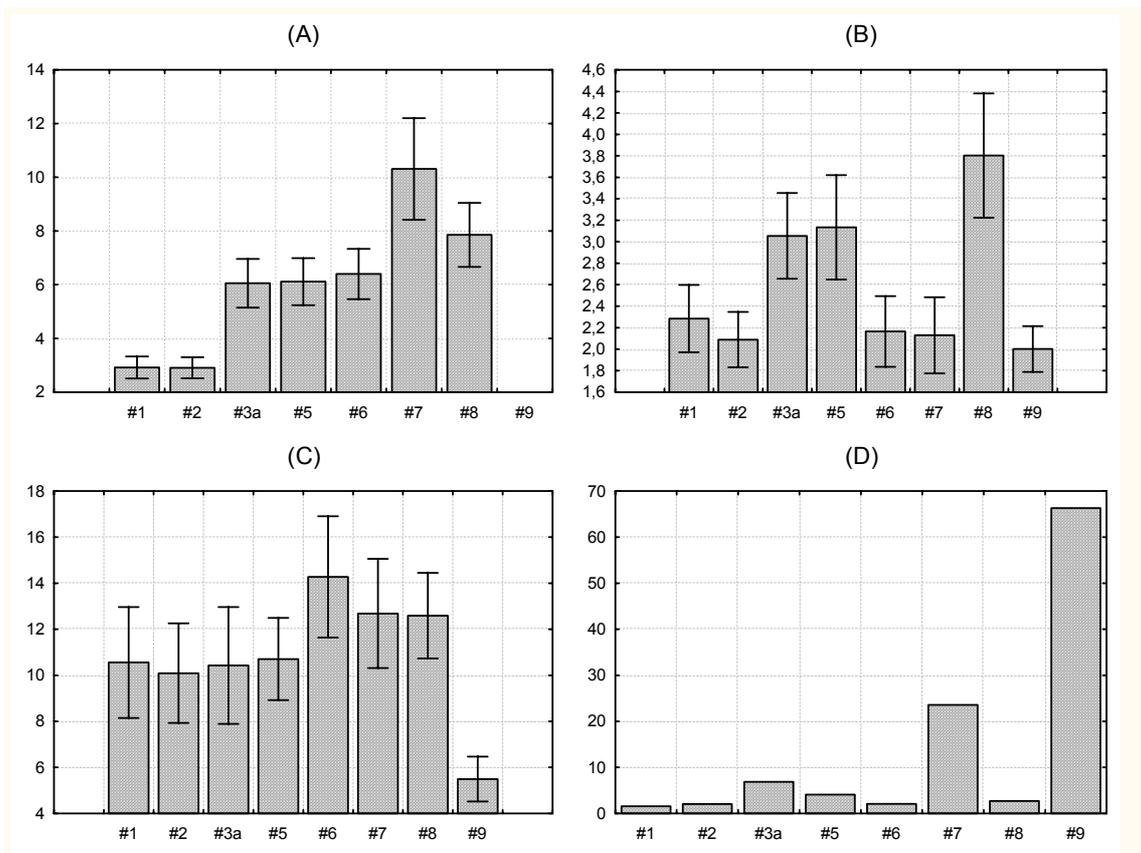


Figura 38. Fatores de incremento médios para (A) compostos organo-halogenados adsorvíveis (AOX); (B) demanda bioquímica de oxigênio (DBO<sub>5</sub>); (C) material particulado em suspensão (MPS) e (D) surfactantes aniônicos. As barras indicam o erro padrão da média.

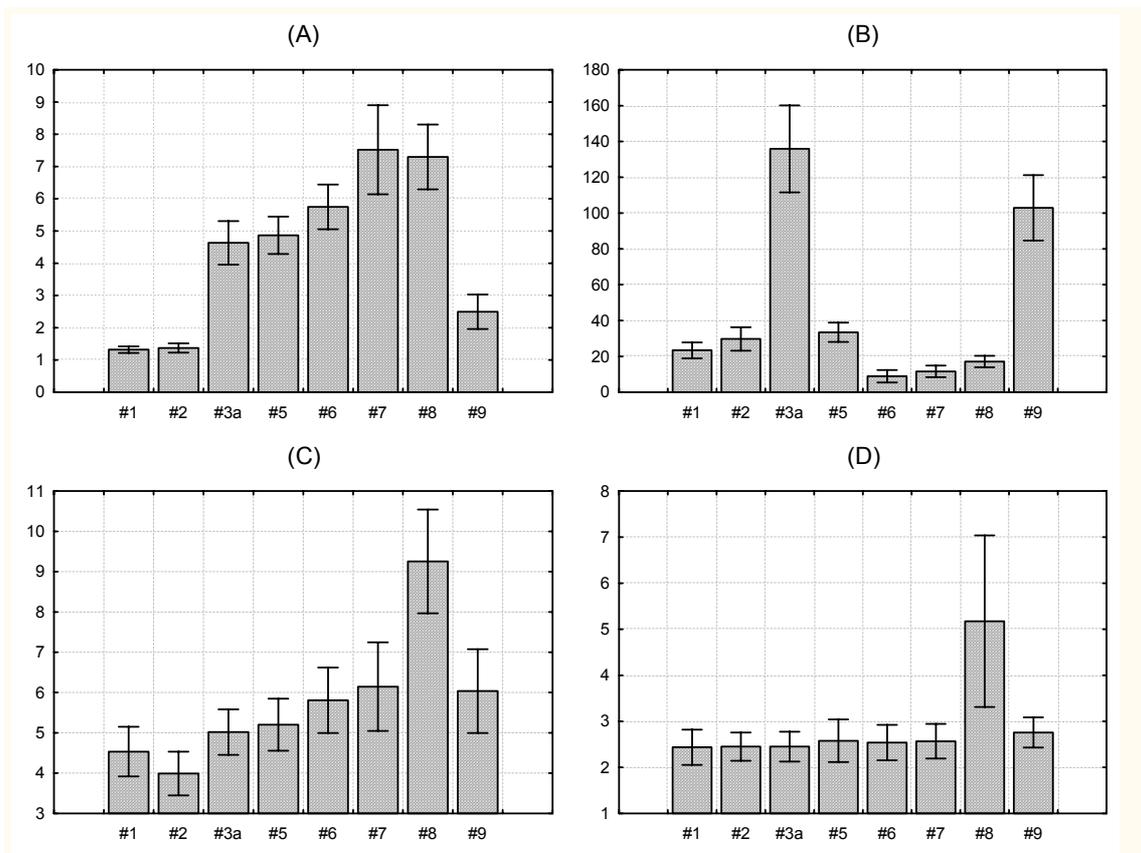


Figura 39. Fatores de incremento médios para (A) bactérias totais; (B) coliformes fecais; (C) picoplâncton fototrófico e (D) clorofila-a. As barras indicam o erro padrão da média.

#### 4.9. Cargas aportadas vs. cargas estimadas

Os resultados dos cálculos de carga aportada (concentração x vazão) e de carga estimada a partir dos dados de escoamento e de QPC de esgotos estão apresentados respectivamente nas tabelas 23 e 24. As razões ECA : CSP estão apresentadas na tabela 25. Os valores obtidos para as cargas aportadas foram em geral maiores que os estimados pelas contribuições superficiais e populacionais, porém as amplitudes dessa diferença foram diferentes entre as estações ou áreas de contribuição das estações. O gráfico mostrado na figura 40 ilustra de forma mais clara essas diferenças, onde se percebe que na estação #1 as

razões ECA : CSP para quase todas as variáveis consideradas foram muito altas, diminuindo na estação #2, voltando a aumentar nas estações #3a, #5 e #6, diminuindo novamente na estação #7 e apresentando nova elevação na estação #9.

As variáveis que mostraram as menores razões ECA : CSP foram coliformes fecais,  $\text{N-NH}_4^+$  e os metais chumbo e cobre. Em relação aos coliformes fecais, destacam-se os valores menores que 1 de razão ECA : CSP obtido em todas as estações, ou seja, os valores obtidos por estimativa a partir de determinações diretas foram menores que as estimativas baseadas em generalizações de contribuições superficiais e populacionais. Essa foi a única variável que mostrou valores menores que 1.

Pode-se considerar que, conforme ilustrado nas tabelas 23, 24 e 25 e na figura 40, as estações com maiores razões ECA : CSP recebem contribuições adicionais importantes de outras fontes que não o escoamento e os esgotos domésticos. A situação inversa mostra, além da considerável validade das estimativas de contribuição superficial e populacional para antever níveis de poluição, que nessas áreas há menor incidência dessas fontes adicionais de contaminação ou poluição. Entretanto, deve ser ressaltado que todas essas estimativas médias mostraram elevados desvios-padrão (dados não mostrados), o que fragiliza um pouco esses resultados e as conclusões deles advindas.

Tabela 23. Resultados dos cálculos estimativos de carga aportada (ECA) de diferentes elementos ou poluentes nas diferentes estações analisadas no baixo curso do rio Itajaí-Açu. *Obs.: valores médios a partir de cálculos baseados na concentração de cada constituinte multiplicada pela vazão em cada dia de amostragem.*

Variável	Unidade	#1	#2	#3a	#5	#6	#7	#9
Coliformes fecais	org.dia <sup>-1</sup>	1,6x10 <sup>14</sup>	2,6x10 <sup>14</sup>	5,1x10 <sup>14</sup>	2,6x10 <sup>14</sup>	8,6x10 <sup>13</sup>	7,7x10 <sup>13</sup>	6,4x10 <sup>14</sup>
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	kg.dia <sup>-1</sup>	4.116	4.157	4.743	5.065	5.185	4.697	7.223
N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	kg.dia <sup>-1</sup>	136	163	178	215	226	284	293
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	kg.dia <sup>-1</sup>	14.314	13.941	12.514	12.652	12.504	11.361	9.909
NIDT	kg.dia <sup>-1</sup>	16.954	17.173	16.171	16.582	16.804	15.158	16.462
P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	kg.dia <sup>-1</sup>	879	858	935	1.028	886	741	667
DBO <sub>5</sub>	kg.dia <sup>-1</sup>	43.076	37.687	46.502	52.864	35.813	35.796	28.493
MPS	kg.dia <sup>-1</sup>	1.217.454	1.378.559	1.282.581	817.858	937.981	898.575	569.297
Zn total	kg.dia <sup>-1</sup>	404	360	349	336	283	228	675
Pb total	kg.dia <sup>-1</sup>	172	145	107	62	65	191	171
Cu total	kg.dia <sup>-1</sup>	63	85	63	60	53	109	613
Surfactantes	kg.dia <sup>-1</sup>	504	551	1.030	1.331	524	3.680	14.878

Tabela 24. Resultados dos cálculos de carga estimada de elementos ou poluentes a partir dos dados de escoamento e de QPC de esgotos (CSP) nas diferentes estações e áreas de contribuição (ACs) analisadas no baixo curso do rio Itajaí-Açu.

Variável	Unidade	#1	#2	#3a	#5	#6	#7	#9
Coliformes fecais	org.dia <sup>-1</sup>	4,6x10 <sup>14</sup>	3,3x10 <sup>15</sup>	2,6x10 <sup>15</sup>	6,5x10 <sup>14</sup>	5,8x10 <sup>14</sup>	1,3x10 <sup>15</sup>	3,3x10 <sup>15</sup>
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	kg.dia <sup>-1</sup>	221	1.601	1.265	313	276	593	1.564
N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	kg.dia <sup>-1</sup>	2	14	11	3	2	5	14
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	kg.dia <sup>-1</sup>	37	269	139	62	82	130	263
NIDT	kg.dia <sup>-1</sup>	343	2.132	1.504	447	442	1.001	1.965
P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	kg.dia <sup>-1</sup>	5	16	6	4	5	17	8
DBO <sub>5</sub>	kg.dia <sup>-1</sup>	1.072	7.155	5.042	1.488	1.500	3.147	6.775
MPS	kg.dia <sup>-1</sup>	7.869	40.213	24.237	9.140	9.942	24.533	33.614
Zn total	kg.dia <sup>-1</sup>	3	18	7	5	7	11	17
Pb total	kg.dia <sup>-1</sup>	5	25	9	7	9	19	20
Cu total	kg.dia <sup>-1</sup>	5	21	8	6	7	17	16
Surfactantes	kg.dia <sup>-1</sup>	13	93	75	18	16	34	91

Tabela 25. Razões entre cargas aportadas e cargas estimadas de diferentes elementos ou poluentes (razões ECA : CSP) para as estações e áreas de contribuição (ACs) analisadas no baixo curso do rio Itajaí-Açu.

Variável	#1	#2	#3a	#5	#6	#7	#9	Média
Coliformes fecais	0,3	0,08	0,2	0,4	0,15	0,06	0,2	0,2
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	19	3	4	16	19	8	5	10
N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	68	12	16	72	113	56	22	51
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	389	52	90	203	152	87	38	144
NIDT	49	8	11	37	38	15	8	24
P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	168	55	167	238	172	43	86	133
DBO <sub>5</sub>	40	5	9	36	24	11	4	19
MPS	155	34	53	89	94	37	17	68
Zn total	135	20	53	72	42	20	41	54
Pb total	33	6	12	9	7	10	8	12
Cu total	13	4	8	11	7	6	39	13
Surfactantes	39	6	14	74	33	108	163	62

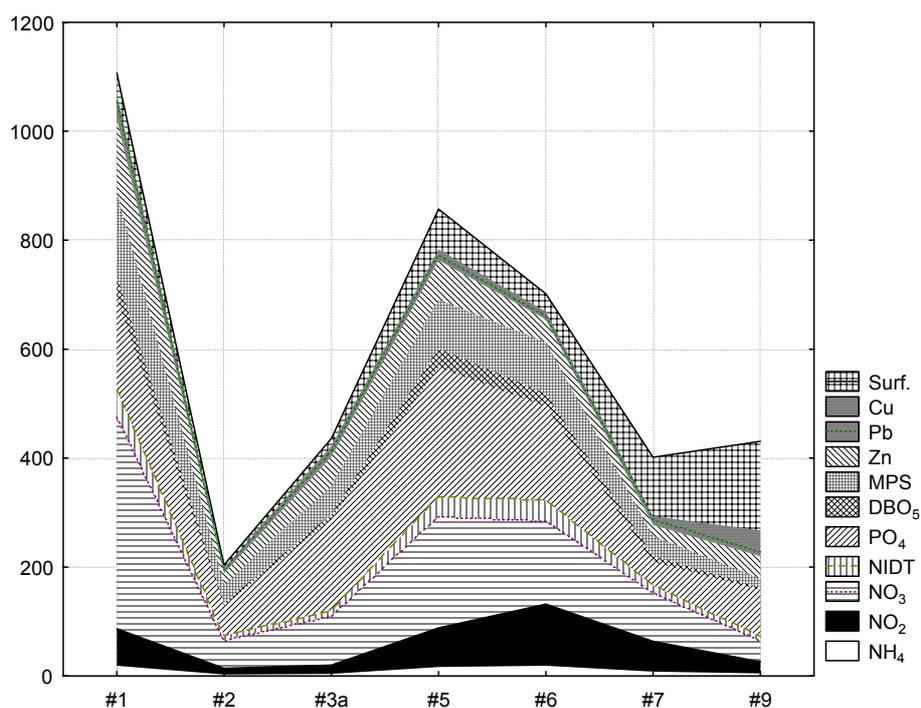


Figura 40. Representação esquemática das razões entre carga aportada e carga por contribuições superficiais (razão ECA : CSP) para as estações onde essas estimativas foram possíveis. Surf.= surfactantes; Cu=cobre; Pb= chumbo; Zn= zinco; MPS= material particulado em suspensão; DBO<sub>5</sub>= demanda bioquímica de oxigênio; PO<sub>4</sub>= fosfato; NIDT= nutrientes inorgânicos nitrogenados totais; NO<sub>3</sub>= nitrato; NO<sub>2</sub>= nitrito; NH<sub>4</sub>= amônio. Obs.: as razões para coliformes fecais não foram graficadas por serem próximas de zero.

#### 4.10. Análises multivariadas

As Análises de Componentes Principais (ACPs) mostraram de forma simplificada as relações de dependência entre as variáveis de qualidade da água. Algumas dessas relações eram esperadas ou observáveis pela análise dos gráficos de distribuição espaço-temporal das diferentes variáveis, porém a visualização dessas relações de forma mais categórica e matematicamente sustentada dá maior confiabilidade às observações.

As duas “vertentes” de análises de componentes principais (com dados gerais e com dados gerais + dados de poluentes diversos) mostraram tendências similares. No caso da ACP-G, realizada com os dados gerais e abrangendo um período amostral maior, 4 grupos de variáveis foram discriminados. No primeiro eixo, de um lado *vazão, turbidez, MPS e chuva* e de outro lado *silicato, pH, salinidade e condutividade*. No segundo eixo, de um lado *clorofila-a, NIDT e temperatura* e de outro lado *oxigênio dissolvido e  $P-PO_4^{3-}$*  (Figura 41). Quando os dados foram separados por estação, verificou-se que algumas estações têm fatores de variação diferentes, ou seja, os forçantes interferentes não atuam da mesma forma em todas as estações (Figura 42). O caso da ACP-P (Figura 43), que considerou mais variáveis e menor período amostral, foi similar ao verificado para ACP-G. Alguns grupos de variáveis se estabeleceram, mas nas ACPs com dados separados por estação, tendências diferenciadas foram verificadas (Figura 44).

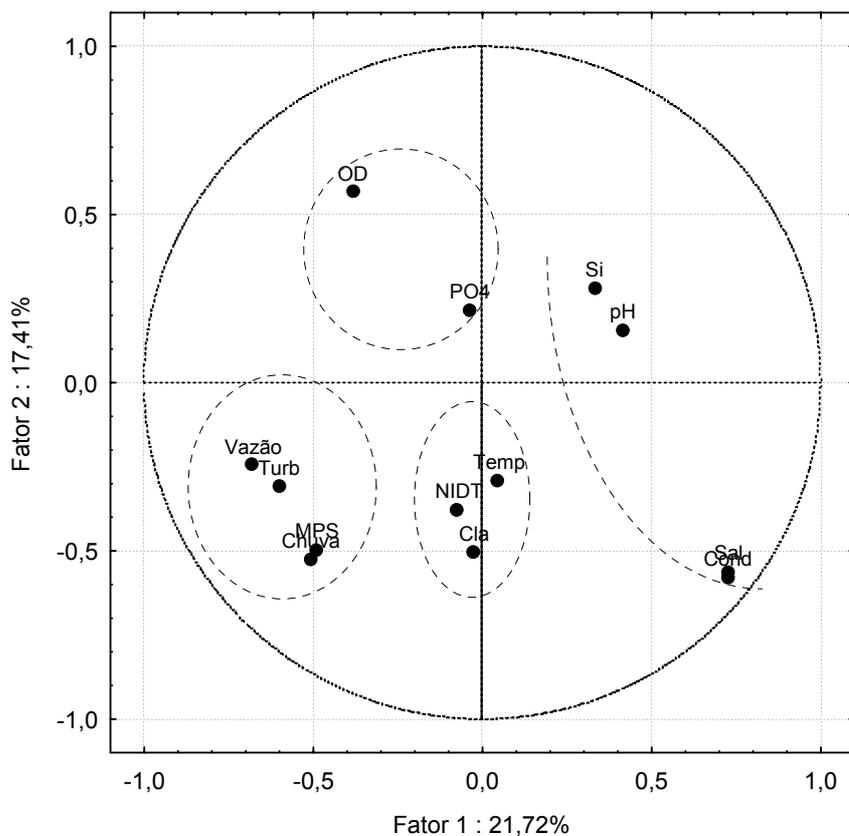


Figura 41. Análise de componentes principais realizada com dados gerais (ACP-G) e envolvendo todas estações amostrais. OD= oxigênio dissolvido; PO<sub>4</sub>= fosfato; Si= silicato; vazão= descarga líquida do rio; Turb= turbidez; MPS= material particulado em suspensão; Chuva= precipitação pluviométrica; Temp= temperatura da água; NIDT= nutrientes nitrogenados inorgânicos dissolvidos; Cla= clorofila-a; Sal= salinidade; Cond= condutividade. Os círculos e arco indicam grupos de variáveis relacionadas.

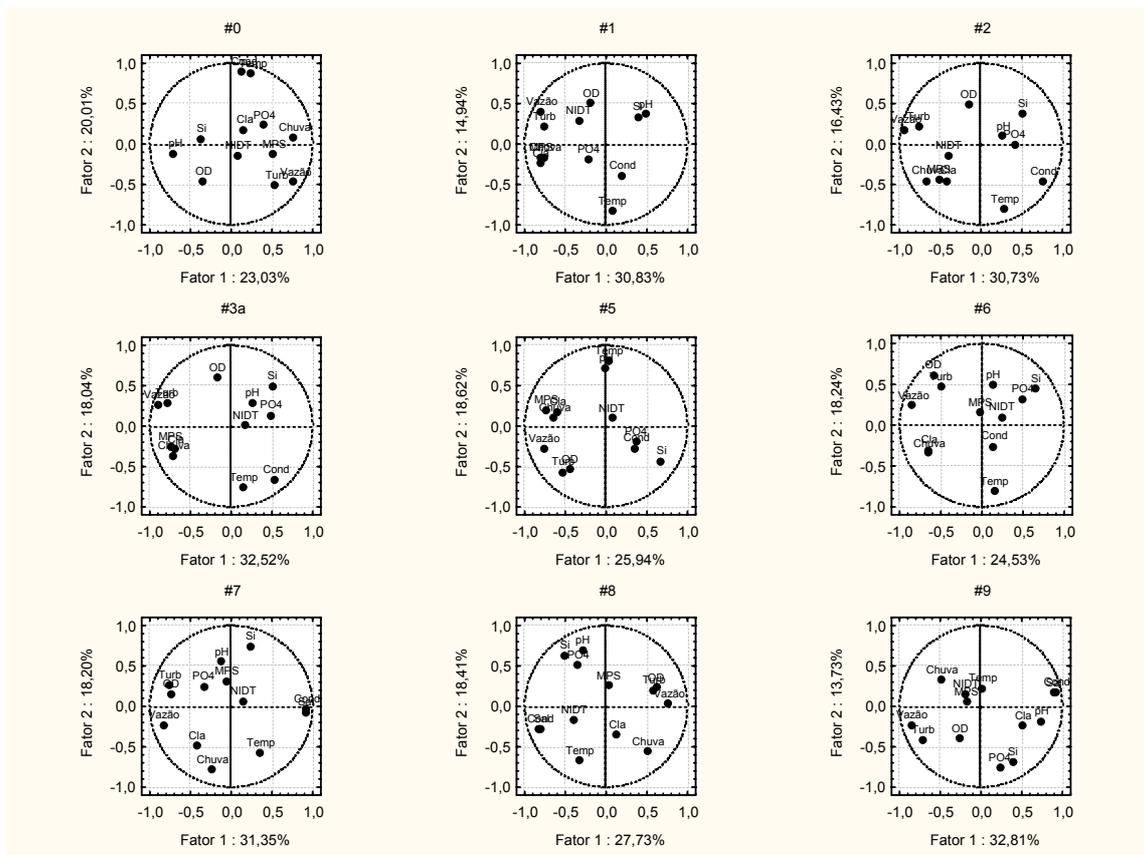


Figura 42. Análises de componentes principais realizada com dados gerais (ACP-G) em separado para cada estação amostral. OD= oxigênio dissolvido; PO<sub>4</sub>= fosfato; Si= silicato; vazão= descarga líquida do rio; Turb= turbidez; MPS= material particulado em suspensão; Chuva= precipitação pluviométrica; Temp= temperatura da água; NIDT= nutrientes nitrogenados inorgânicos dissolvidos; Cla= clorofila-a; Sal= salinidade; Cond= condutividade.

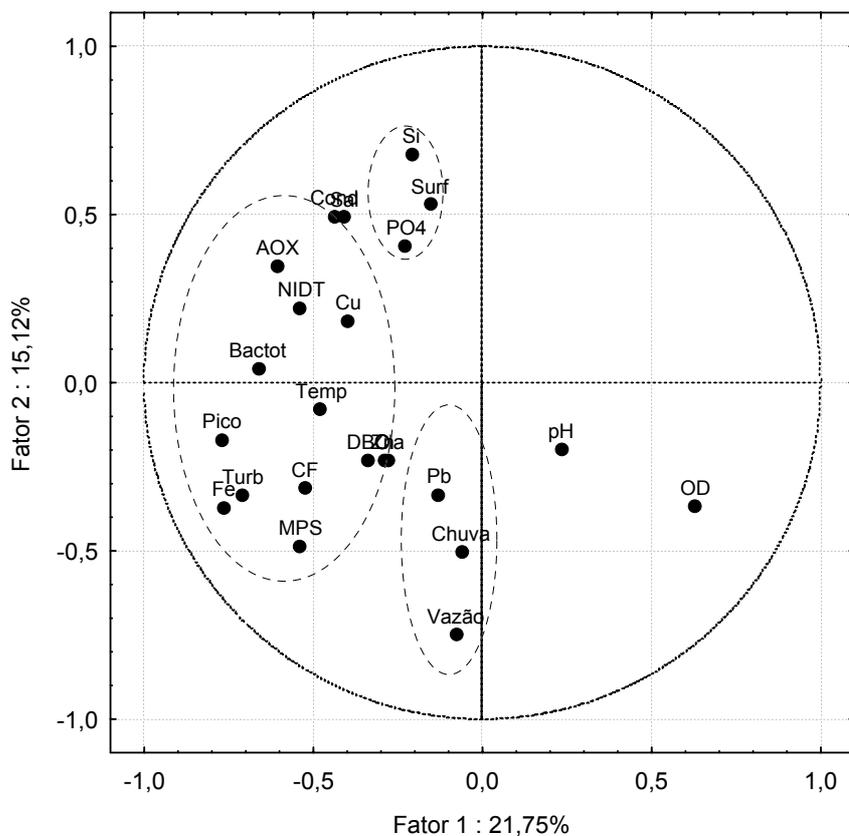


Figura 43. Análise de componentes principais realizada com dados gerais mais dados de poluentes diversos (ACP-P) envolvendo todas as estações amostrais. OD= oxigênio dissolvido; PO4= fosfato; Si= silicato; vazão= descarga líquida do rio; Turb= turbidez; MPS= material particulado em suspensão; Chuva= precipitação pluviométrica; Temp= temperatura da água; NIDT= nutrientes nitrogenados inorgânicos dissolvidos; Cla= clorofila-a; Sal= salinidade; Cond= condutividade; Surf= surfactantes; Pb= chumbo; AOX= compostos organo-halogenados adsorvíveis; Cu= cobre; Bactot= bactérias totais; Pico= picoplâncton fototrófico; Zn= zinco; Fe= ferro; CF=coliformes fecais. Os círculos indicam grupos de variáveis relacionadas.

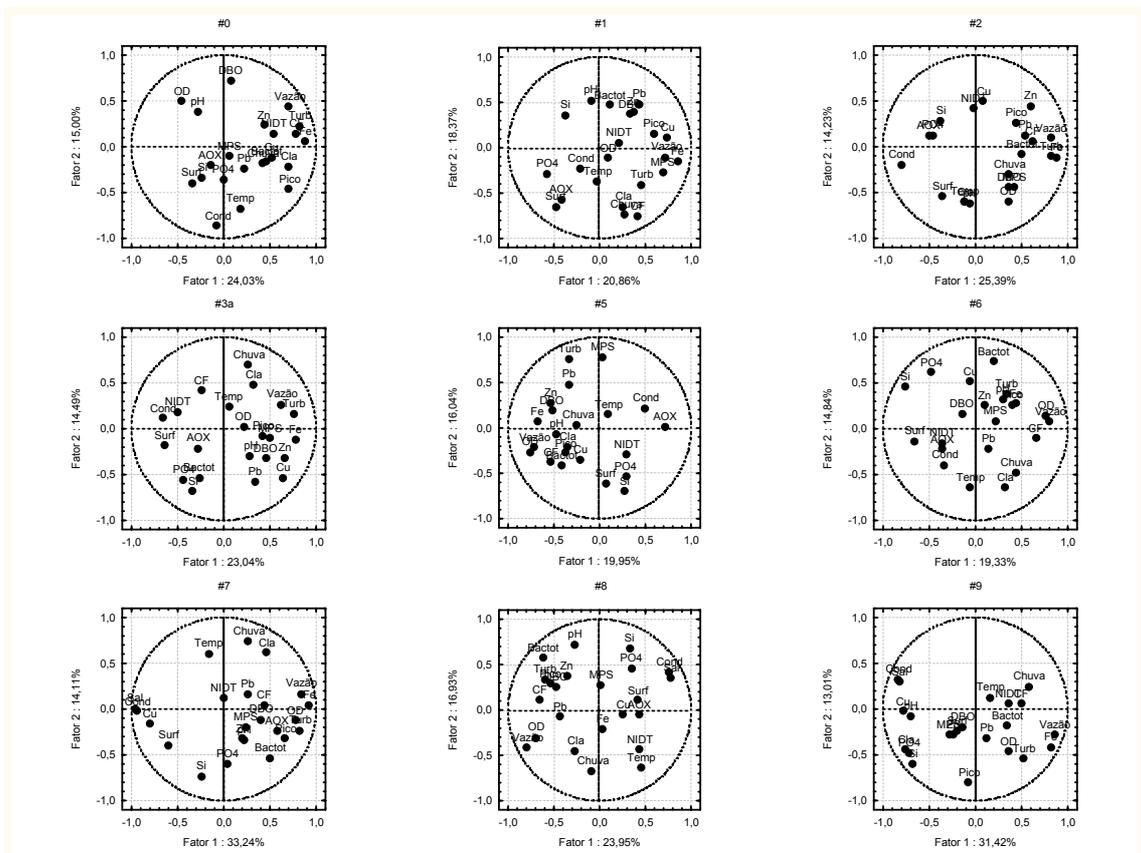


Figura 44. Análises de componentes principais realizadas com dados gerais mais dados de poluentes diversos (ACP-P) em separado para cada estação amostral. OD= *oxigênio dissolvido*; PO<sub>4</sub>= *fosfato*; Si= *silicato*; vazão= *descarga líquida do rio*; Turb= *turbidez*; MPS= *material particulado em suspensão*; Chuva= *precipitação pluviométrica*; Temp= *temperatura da água*; NIDT= *nutrientes nitrogenados inorgânicos dissolvidos*; Cla= *clorofila-a*; Sal= *salinidade*; Cond= *condutividade*; Surf= *surfactantes*; Pb= *chumbo*; AOX= *compostos organo-halogenados adsorvíveis*; Cu= *cobre*; Bactot= *bactérias totais*; Pico= *picoplâncton fototrófico*; Zn= *zinco*; Fe= *ferro*; CF= *coliformes fecais*. Os círculos indicam grupos de variáveis relacionadas.

## 5. DISCUSSÃO

### 5.1. Análise crítica dos padrões de uso da terra

O predomínio da categoria de *mata/capoeirão* em toda a área estudada poderia sugerir um grau relativamente elevado de preservação de ecossistemas naturais. Entretanto, ao observar-se a distribuição das manchas de vegetação bem como suas dimensões, percebem-se algumas tendências de avanço na destruição de áreas naturais.

A Bacia do Itajaí foi colonizada a partir do curso principal do rio Itajaí-Açu. Os dois primeiros pólos significativos de assentamento foram as cidades de Itajaí e Blumenau, sendo essas ondas formadas principalmente por colonos açorianos, ao longo do século XVIII e XIX, e alemães durante a segunda metade do século XIX (PMI, 1995). Itajaí logo adquiriu uma tradição portuária e pesqueira, especialmente pelo estabelecimento de algumas comunidades açorianas. Boa parte dos colonos alemães adentrou ao rio e estabeleceu-se nas áreas mais à montante, formando as comunidades de Blumenau, Gaspar, Indaial e outras. A tradição cultural dos povos alemão e açoriano marcou profundamente os padrões de ocupação na bacia. Os açorianos, com atividades mais voltadas ao mar e à pesca, promoveram a ocupação das margens estuarinas. Os alemães, com forte tradição de povoamento em áreas ribeirinhas, urbanizaram as margens de trechos mais taludosos do rio, que permitiam o uso da água para consumo, irrigação, navegação e esgotamento, mas ofereciam certa proteção contra cheias.

Obviamente, esses padrões de ocupação foram condicionados pelas conformações topográficas e hidrográficas da bacia. Ao observar-se, em todas as ACs, a distribuição das classes de uso *vegetação rasteira*, *urbanização* e *solo exposto*, verifica-se claramente que as mesmas se localizam junto às margens de rios e ribeirões, onde a topografia é

relativamente plana (ver Anexos 1 a 7). Dentro da área de estudo considerada, verifica-se um aumento significativo de áreas menos acidentadas junto à margem do rio Itajaí-Açu a partir do município de Gaspar para jusante. Tal tendência culmina na região de Itajaí e Navegantes, onde a entrada do vale é marcada por uma extensa várzea, circundada por morrarias relativamente íngremes. Já na região de Blumenau, a conformação topográfica é bastante particular. A cidade alastrou-se por segmentos relativamente estreitos de terrenos menos acidentados na margem do rio Itajaí-Açu e de uma gama de ribeirões que cortam a região, mantendo os interflúvios, que mostram-se bastante acidentados, com taxas de ocupação menos significativas. Em função disso, é visível nessa região a presença de manchas de mata atlântica em plena região central das cidades. É a presença desses corredores íngremes de matas que eleva o percentual da classe de uso *mata/capoeirão* na área. Entretanto, há hoje uma clara tendência de avanço na ocupação dessas áreas de preservação permanente, graças às conseqüências negativas da urbanização não planejada, que levam à migração e favelização das periferias ainda não ocupadas, que são justamente as áreas mais íngremes e florestadas.

Como seria esperado, os maiores trechos de áreas contínuas de florestas encontram-se nas bordas da bacia, junto às serras que delineiam os divisores de água. Um destaque, entretanto, deve ser dado às áreas florestadas do interior de Indaial, onde localiza-se o rio Alto Warnow, ponto branco do monitoramento executado durante o presente trabalho. Essa região, conhecida como Serra do Itajaí, trata-se da mais extensa área de Mata Atlântica do estado de Santa Catarina. Sua importância em termos de biodiversidade e regulação hidrológica para o Médio e Baixo Vale do Itajaí é tão grande e reconhecida que culminou com a abertura do processo de implantação de um Parque Nacional (PARNA Serra do Itajaí) (COMITÊ DO ITAJAÍ, 2005). Hoje essas áreas são ameaçadas pela extração de

madeira, mineração e reflorestamento, colocando em risco importantes aportes de água de excelente qualidade para a bacia.

Depois das áreas de mata e capoeirão, a classe de *vegetação rasteira* é a que ocupa maiores extensões. As maiores proporções verificadas para as ACs #2, #6, #7 e #9 indicam que tais áreas têm importante vocação agrícola. Destaca-se nesse sentido o cultivo do arroz irrigado, que vem sofrendo incremento considerável na região, seja pela vocação de áreas planas e baixas, seja pela existência de tecnologia de produção, veiculada em grandes programas de extensão rural pela EPAGRI (Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina). O crescimento das áreas de cultivo de arroz é preocupante, pois trata-se de uma cultura que utiliza grandes volumes de água, revolve enormes quantidades de solo e exige agroquímicos diversos, entre os quais alguns pesticidas de elevada toxicidade (SOSBAI, 2003; RESGALLA *et al.* 2002, RESGALLA *et al.*, 2003). Recomendações técnicas apontam para a necessidade de retenção das águas de irrigação do arroz, ou seja, uma irrigação em ciclo fechado, o que diminuiria o escoamento dos resíduos da cultura para os corpos de água (SOSBAI, 2003). Entretanto, muitos rizicultores se vêem obrigados a liberarem água das quadras por canais artificiais, especialmente em períodos chuvosos, para evitar transbordamento e comprometimento de taipas. O problema é que esses canais são esgotados diretamente para o rio Itajaí-Açu ou seus afluentes, quando o correto seria implementar áreas de amortização, onde a retenção de resíduos e material em suspensão fosse incrementada.

A urbanização, juntamente com o uso agrícola, é a forma de ocupação mais impactante sobre a qualidade da água de uma bacia hidrográfica (MORITZ-ZIMMERMAN *et al.*, 2002). Áreas urbanas, ainda que pequenas, representam aportes concentrados de poluentes e drásticas alterações de paisagem. A AC9, representada pelos

municípios de Itajaí e Navegantes, foi a que apresentou a maior proporção de área urbanizada, seguida pela AC7. Curiosamente, em termos de área de contribuição, a região de Blumenau obteve proporções relativamente baixas de urbanização. Em parte isso se deve a existência de duas ACs abrangendo esse município. Mas por outro lado, a presença das manchas florestais acima comentadas exerceu influência sobre esses números, fazendo com que a AC3a revelasse a maior proporção de *mata/capoeirão* em toda a área de estudo.

Em relação às características gerais de uso da terra ainda merece ser lembrado que não foram gerados dados de uso da terra referentes à AC8. Ou seja, as proporções de uso da terra não refletem a característica de toda a área de contribuição da estação amostral #8, uma vez que não foi realizado estudo espacial na sub-bacia do Itajaí-Mirim nesse trabalho. Entretanto, trabalhos anteriores envolvendo especificamente essa sub-bacia revelaram que a mesma apresenta 43% de *mata/capoeirão*, cerca de 42% de usos similares aos aqui classificados como *vegetação rasteira* (agricultura, pastagem, capoeirinha etc.), 12% de *reflorestamento* e 2,5% de *área urbanizada* (LAFFIN, 2003). Portanto, essa sub-bacia difere das áreas estudadas no presente trabalho principalmente pelo menor índice de ocupação urbana e pela maior proporção de áreas agrícolas e de reflorestamento.

A variável *Déficit de Mata Ciliar* (DMC), que mostrou um valor médio de 46% na área de estudo como um todo (Tabela 10), apresenta fortes diferenças em cada AC. O valor mínimo encontrado na AC1 (26,5%), obviamente reflete a menor ocupação e maior preservação dessa área. Entretanto, a AC3a apresentou valor muito próximo à AC1 (26,9%). O caso específico da AC3a está relacionado a dois fatores: (1) a existência de densa malha hídrica em zonas íngremes e, portanto, mais preservadas e, (2) a ocorrência de trechos do Rio Itajaí-Açu e de outros rios maiores com margens íngremes (taludes elevados), fato que dificulta o desmatamento e ocupação. Em função disso, também se

encontram em plena área central de Blumenau margens florestadas no Rio Itajaí-Açu, ainda que a faixa de mata ciliar nessas áreas seja mais estreita que o recomendado pelo Código Florestal Brasileiro. Os valores de DMC maiores que 40% nas demais ACs, relacionam-se a duas causas diferentes. No caso das ACs #6 e #7, a destruição da vegetação ciliar relaciona-se com o uso agrícola, onde pode-se verificar cultivos de arroz, milho, banana e pastagens até a margem do rio Itajaí-Açu, por exemplo. No caso das ACs #5 e #9, a causa está mais relacionada à ocupação urbana, com destaque para a intensa artificialização de margens do Rio Itajaí-Açu nas cidades de Itajaí e Navegantes, relacionadas à construção de estruturas portuárias. Ainda sobre as matas ciliares, destaca-se a supressão quase total dessa vegetação nos córregos urbanos, que recebem grandes aportes de esgotos domésticos e efluentes industriais. Tal fato descaracteriza ainda mais esses cursos de água, rebaixando-os à condição de fonte poluidora quando de sua confluência ao Rio Itajaí ou outros cursos maiores.

Em relação ao estresse populacional, verificou-se que a área de estudo como um todo apresenta baixos valores quando comparados a outras bacias (Tabela 11). O valor geral de  $2,48 \text{ hab.s.l}^{-1}$  é comparável a áreas rurais da bacia do rio Sena, na França, onde essa variável é utilizada para caracterizar frações de bacia de forma similar à executada no presente trabalho (MEYBECK, 1998). Quando utiliza-se a vazão mínima registrada desde 1934, que é igual a  $17.000 \text{ l.s}^{-1}$ , o valor de estresse populacional atinge  $33 \text{ hab.s.l}^{-1}$ , sendo equivalente a trechos periurbanos da bacia do rio Sena. Na área mais populosa, a bacia do rio Sena atinge de 36 a  $42 \text{ hab.s.l}^{-1}$ . Entretanto, se a comparação for realizada em termos de densidade demográfica, há uma diferença significativa nos dados. Áreas da bacia do rio Sena que apresentam valores de estresse populacional na ordem do valor médio geral encontrado para a fração da bacia do Itajaí aqui estudada ( $2,5 \text{ hab.s.l}^{-1}$ ) apresentam

densidades de 1 a 40 hab.km<sup>-2</sup>, ao passo que na bacia do Itajaí essa densidade atinge cerca de 214 hab.km<sup>-2</sup>. Essa ordem de valor só é encontrada nas áreas da bacia do Sena, onde o estresse populacional é da ordem de 40 hab.s.l<sup>-1</sup>. A principal diferença entre as duas bacias em termos de estresse populacional certamente é existência da megalópole de Paris, na porção distal da bacia do Sena, que apresenta cerca de 10 milhões de habitantes e eleva a densidade demográfica nesse setor para até 20.000 hab.km<sup>-2</sup> e o estresse populacional para até 3.000 hab.s.l<sup>-1</sup>. O estresse populacional para a bacia do Sena inteira fica em torno de 30 hab.s.l<sup>-1</sup>, enquanto que para a bacia do Itajaí inteira, não passa de 4,4 hab.s.l<sup>-1</sup>.

O perfil das ACs em relação aos grandes usuários de água mostrou 3 características gerais distintas: (1) ACs com poucos usuários (AC1 e AC7), com características mais naturais ou rurais; (2) ACs com marcado uso de água em atividades de aqüicultura e parques aquáticos (AC2 e AC6) e, (3) ACs com intenso uso urbano (AC2, AC3a e AC9) (Tabela 16). Quando consideradas as densidades de usuários (usuários por km<sup>2</sup>), no entanto, percebe-se que os valores são baixos, porém, os usuários mais poluidores concentram-se nas zonas urbanas, o que sugere uma eficiência questionável dessa variável como indicador de risco à qualidade da água.

Embora tenha sido usado um cadastro oficial de usuários da FATMA (Fundação do Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina), os dados de usuários de água aqui apresentados provavelmente estão subestimados, pois visivelmente constatou-se em campo a presença de usuários não cadastrados. Ressalta-se que a atividade de cadastramento de usuários é uma etapa fundamental dos Planos de Gerenciamento de Bacias Hidrográficas, pois é a partir desses dados que as Agências de Bacia definem a outorga de uso da água e a conseqüente cobrança pelo uso da água. Essa possibilidade de defasagem de dados de

cadastro explicita uma fragilidade dos órgãos de gestão regionais no que tange a execução da política de gerenciamento de recursos hídricos.

A análise das fontes poluidoras que fluem para o Rio Itajaí-Açu, apesar de incompleta por não considerar as áreas à montante da AC3a, mostrou uma situação complexa em termos de quantidade e tipologia (Tabela 17). A ausência de sistemas de tratamento de esgotos nos municípios da bacia resulta na presença de muitas fontes de lançamento direto e transforma córregos urbanos em grandes emissários de efluentes. Essa geografia complexa da poluição na área estudada dificulta atividades de monitoramento de cargas poluidoras. Além disso, o rastreamento das origens dessa poluição (fontes contribuintes), que requer um detalhamento das microbacias de drenagem nas áreas urbanas, torna-se demorado e incerto, uma vez que não há controle ou mapeamento da rede de tubulações pluviais e de esgoto na maioria das cidades da região.

Ainda que o número médio de 3,7 fontes poluidoras por km de rio na área considerada não pareça tão alarmante, deve-se ter em conta que muitas dessas fontes apresentam vazões elevadas e uma mistura complexa de poluentes oriundos dos diferentes tipos de usuários presentes especialmente nas áreas urbanas.

Em síntese, pode-se dizer, relativamente aos padrões de uso da terra na área de estudo, que ainda há uma considerável área preservada na região, associada principalmente aos setores mais acidentados. É dessas áreas que provêm águas de boa qualidade que causam certa diluição nas cargas poluidoras geradas nas áreas agrícolas e urbanas. Entretanto, a maior parte das áreas urbanizadas e agrícolas situam-se justamente próximas às margens do curso principal do Rio Itajaí-Açu, de maneira que a grande maioria dos tributários atinge esse curso com características de fonte poluidora. Além da reduzida qualidade das águas desses tributários, seus volumes médios de água (descargas) tendem a

ser reduzidos. Isso se deve, no caso da zona rural, à captação e desvio de água; e no caso da zona urbana ao efeito adicional da canalização ou impermeabilização dos cursos, que diminui a recarga. Um estudo recente realizado com um tributário do rio Itajaí-Açu (Ribeirão Schneider) mostrou claramente esse processo de rápida perda de qualidade e vazão de córregos urbanos logo nas primeiras centenas de metros após as nascentes, quando inicia-se a urbanização e canalização do curso (RÖRIG, *et al.*, submetido).

Para gerar uma comparação categórica e ilustrativa que considerasse a influência de variáveis relacionadas ao uso da terra na área de estudo sobre a qualidade das águas, concluiu-se ser oportuna a proposição de um índice numérico para as diferentes ACs. Assim, foi proposto o *Índice Relativo de Risco sobre a Qualidade das Águas* (IRQA).

O IRQA utiliza os dados de uso da terra considerados mais impactantes, relativizando-os e atribuindo-se pesos aos mesmos. Foram então utilizados o *Percentual de Área Urbanizada* (%AU), o *Percentual de Área de Vegetação Rasteira*, considerado como área agrícola (%AA), o *Déficit de Mata Ciliar* (DMC) e o *Estresse Populacional Relativo* (EPR). Como o estresse populacional é um valor absoluto, optou-se por normalizá-lo em relação ao valor obtido para a área de estudo inteira, sendo os valores para as ACs, uma proporção em relação a esse valor geral.

O cálculo é feito de maneira similar ao IQA, ou seja é o produtório ponderado das variáveis citadas, utilizando-se a fórmula:

$$IRQA = \prod_{i=1}^n E_i^{w_i}$$

onde:

*IRQA* é o Índice Relativo de Risco sobre a Qualidade das Águas, um número entre 0 e 100;

$E_i$  é o valor relativo (%) da  $i$ -ésima variável, um número entre 0 e 100, oriundo dos resultados das análises espaciais nas diferentes ACs; e

$w_i$  é o peso correspondente à  $i$ -ésima variável, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância como fator de risco sobre a qualidade das águas da área de contribuição considerada, sendo que:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

onde:

$n$  é o número de variáveis que entram no cálculo do IRQA.

Os pesos atribuídos a cada uma dessas variáveis seguiram um escalonamento lógico, mas não foram baseados em experimentos prévios ou sustentação de literatura, daí o caráter apenas ilustrativo dessa proposição. Esses pesos foram os seguintes: %AU= 0,3; %AA= 0,1; DMC= 0,2 e EPR= 0,4.

Aplicados esses cálculos, foram obtidos os resultados de IRQA para cada AC, os quais estão apresentados na tabela 26.

Tabela 26. Parâmetros e resultados do cálculo do Índice Relativo de Risco sobre a Qualidade da Água (IRQA) para as diferentes áreas de contribuição (ACs) em que se dispunham dados de uso da terra. *Convenções: %AU= percentual de área urbana; %AA= percentual de área agrícola; DMC= déficit de mata ciliar; EPR= estresse populacional relativo; W= peso da variável.*

AC	%AU	%AA	DMC (%)	Estresse Populacional (hab.s.l <sup>-1</sup> )	EPR (%)	W <sub>AU</sub>	W <sub>AA</sub>	W <sub>DMC</sub>	W <sub>EP</sub>	IRQA
AC1	3,4	17,4	26,5	0,09	3,6	0,3	0,1	0,2	0,4	6,2
AC2	8,1	31,2	50,7	0,68	27,4	0,3	0,1	0,2	0,4	21,8
AC3a	8,1	11,4	26,9	0,55	22,2	0,3	0,1	0,2	0,4	15,9
AC5	7,3	17,7	40,4	0,13	5,2	0,3	0,1	0,2	0,4	9,8
AC6	9,0	34,1	52,3	0,11	4,4	0,3	0,1	0,2	0,4	11
AC7	4,2	31,0	51,2	0,25	10,1	0,3	0,1	0,2	0,4	12
AC9	14,5	31,7	57,0	0,66	26,6	0,3	0,1	0,2	0,4	26

Pelos dados do IRQA, pode-se concluir que a área sob maior risco sobre a qualidade da água é a AC9, basicamente devido à sua alta urbanização e, especialmente, densidade demográfica, que resultou no elevado estresse populacional. Em seguida, aparecem as ACs #2 e #3a, na região de Blumenau, também muito urbanizada e densamente povoada. Ressalta-se, que a AC9 localiza-se junto à área estuarina e sofre influência da maré e dos processos de diluição e dispersão decorrentes da mistura com a água marinha. Se esse aspecto, em parte, diminui a efetividade do risco sobre a qualidade da água do rio nessa área, por outro, aponta para um risco crescente de impacto sobre a qualidade das águas costeiras adjacentes. Os principais usos atribuídos a essas águas costeiras: a pesca, o turismo e a maricultura; que dependem de água de ótima qualidade, estão, por assim dizer, ameaçados. O risco das ACs #9 e #3a é ressaltado quando consideram-se os dados obtidos para toxicidade e concentração de poluentes das fontes poluidoras, uma vez que a maior parte das indústrias e fluxos de esgotos domésticos localizam-se nessas áreas. Além disso, as estações #3a e #9 revelaram ter, respectivamente, o menor e o terceiro menor IQA entre as estações estudadas.

A queda do IRQA nas ACs intermediárias (#5, #6 e #7) sugere a possibilidade de uma certa recuperação da qualidade das águas nesse setor (capacidade de autodepuração). Porém, se novamente forem analisados os valores médios de IQA verifica-se que a estação #5 apresentou o segundo menor valor para esse índice e a estação #2, cuja AC apresentou o maior IRQA, mostrou qualidade média regular de água. Ou seja, não houve uma correspondência segura entre esses índices em todas as estações. Talvez as ACs e estações com IRQA e IQA elevados estejam indicando que, apesar dos riscos oriundos do uso da terra, ocorrem processos significativos de autodepuração no trecho de rio considerado. A outra explicação pode estar relacionada à maior dimensão da AC2 e conseqüente maior espalhamento de suas áreas urbanizadas e de vegetação rasteira. Quanto mais distantes estão as áreas fontes de contaminação em relação ao ponto amostral do rio, maior é a tendência de retenção ou neutralização desses contaminantes, limitando seu escoamento para o rio. No caso da estação #5, é possível que parte da poluição que gerou baixo IQA seja oriunda de montante de sua AC, ou seja, a qualidade da água sofreria influência residual da poluição da AC3a. A efetividade dessas tendências é também discutida no item seguinte, que analisa de forma integrada a qualidade das águas nas diferentes estações amostrais.

## **5.2. Avaliação integrada da qualidade das águas**

### **5.2.1. O rio Itajaí-Açu e a Resolução CONAMA n° 357/2005**

O rio Itajaí-Açu, assim como os demais rios de sua bacia são considerados de Classe 2 conforme a Resolução n° 357/2005 do CONAMA, uma vez que os procedimentos oficiais de enquadramento ainda não foram totalmente executados ou aprovados pelos órgãos ambientais regionais. Similarmente, as áreas estuarinas desse rio, que apresentam

águas salobras, são consideradas como de Classe 1 dessa tipologia de água. Em relação às áreas analisadas no presente estudo, as estações #7 e #9 foram consideradas salobras, pois apresentaram, respectivamente, salinidades médias de  $1,6 \pm 2,7\%$  e  $9,4 \pm 5,9\%$  (n= 56). Ou seja, ultrapassaram o limite de 0,5% definido pela Resolução n° 357/2005 do CONAMA.

As características dessas duas classes de água, para fins comparativos, estão apresentadas na tabela 27, sendo que só foram relacionadas as variáveis que efetivamente foram analisadas no presente estudo, uma vez que a Resolução CONAMA supracitada aponta limites para cerca de 90 variáveis. Além dessas variáveis a mesma resolução prevê ainda, tanto para águas doces da Classe 2 como para águas salobras da Classe 1, a ausência de efeito tóxico crônico a organismos em testes ecotoxicológicos padronizados.

Tabela 27. Valores de referência definidos pela Resolução CONAMA nº357/2005 para variáveis determinadas no presente estudo nas duas classes de água consideradas para a região do Baixo Itajaí-Açu.

Variável	Unidade	Valor de referência	
		Águas Doces Classe 2	Águas Salobras Classe 1
Turbidez	UNT	≤ 100	-
Oxigênio Dissolvido	mg.L <sup>-1</sup>	≥ 5,0	≥ 5,0
pH	-	6 – 9	6,5 – 8,5
DBO <sub>5</sub>	mg.L <sup>-1</sup>	≤ 5,0	-
Clorofila-a	µg.L <sup>-1</sup>	≤ 30,0	-
Cádmio total	mg.L <sup>-1</sup>	≤ 0,001	≤ 0,005
Chumbo total	mg.L <sup>-1</sup>	≤ 0,01	≤ 0,01
Cromo total	mg.L <sup>-1</sup>	≤ 0,05	≤ 0,05
Zinco total	mg.L <sup>-1</sup>	≤ 0,18	≤ 0,09
Nitrato	mg.L <sup>-1</sup>	≤ 10,0	≤ 0,4
Nitrito	mg.L <sup>-1</sup>	≤ 1,0	≤ 0,07
Surfactantes	mg.L <sup>-1</sup>	≤ 0,5	≤ 0,2
Coliformes Fecais	Org.100mL <sup>-1</sup>	≤ 1000 em pelo menos 80% das amostras	≤ 1000 em pelo menos 80% das amostras

Para obter uma avaliação simples sobre a adequação das águas das estações aqui estudadas ao enquadramento preliminar previsto pela Resolução CONAMA nº 357, realizou-se uma comparação entre os valores obtidos e os previstos nessa Resolução. Esses dados ilustrativos estão apresentados na tabela 28 na forma de percentual de vezes em que cada característica enquadrou-se nos diferentes limites designados por cada classe de água doce e salobra.

Tabela 28. Percentual de vezes em que as águas das diferentes estações amostrais apresentaram valores enquadrados nos limites prescritos por cada classe para as variáveis analisadas. *Obs.: pela Resolução CONAMA n° 357/2005, as estações #0, #1, #2, #3a, #5, #6 e #8 são de águas doces e preliminarmente enquadradas na Classe 2 – Águas Doces; e as estações #7 e #9 são de águas salobras, preliminarmente enquadradas na Classe 1 – Águas Salobras.*

Variável	Classe	Percentual (%) de enquadramento em cada estação amostral								
		#0	#1	#2	#3a	#5	#6	#7	#8	#9
Turbidez	1	87	51	49	52	26	7	26* <sup>1</sup>	17	74* <sup>1</sup>
	2-3	11	24	24	24	49	51	48* <sup>1</sup>	53	15* <sup>1</sup>
	4	2	25	27	24	24	42	26* <sup>1</sup>	30	11* <sup>1</sup>
Oxigênio Dissolvido	1	100	89	95	87	60	49	38	16	49
	2	0	9	5	13	27	24	24	24	27
	3	0	2	0	0	13	27	38	20	24
	4	0	0	0	0	0	0	-	40	-
pH	1-2	100	100	100	100	100	100	71	100	93
	3	0	0	0	0	0	0	29	0	7
DBO <sub>5</sub>	1	97	88	94	88	67	91	94* <sup>1</sup>	64	97* <sup>1</sup>
	2	3	10	6	8	9	9	6* <sup>1</sup>	24	3* <sup>1</sup>
	3	0	2	0	4	24	0	0* <sup>1</sup>	12	0* <sup>1</sup>
Cádmio total	1-2	100	100	95	84	90	100	100	95	100
	3			5	16	10			5	
Chumbo total	1-2	95	80	95	89	100	100	95	85	85
	3	5	20	5	11	0	0	5	15	15
Zinco total	1-2	100	100	100	100	100	100	100	95	90
									5	10
Nitrato	1	100	100	100	100	100	100	12	100	26
	2							49		58
	3							39		16
Nitrito	1	100	100	100	100	100	100	96	100	98
	2							4		2
Surfactantes	1-2-3	100	95	100	95	100	100	86	100	43
	4		5		5			14		57
Coliformes fecais* <sup>2</sup>	1	68	9	14	0	0	23	86	18	18
	2	18	55	41	9	50	68	9	54	32
	3	9	36	41	41	45	9	5	18	50
	4	5	0	4	50	5	0	0	10	0

\*1- Como não há valores-limite prescritos para turbidez e DBO<sub>5</sub> em águas salobras, utilizaram-se na tabela os limites prescritos para Classe 2 – Águas Doces.

\*2- Os limites para coliformes fecais na Resolução CONAMA n° 357/2005 são relativos ao percentual de vezes que determinado limite numérico é ultrapassado ao longo de um período e número de amostras. Aqui realizou-se a comparação apenas com o valor limite absoluto prescrito pela Resolução (até 200 org.100 mL<sup>-1</sup> para Classe 1 – Águas Doces; até 1000 org.100 mL<sup>-1</sup> para Classe 2 – Águas Doces; até 4000 org.100 mL<sup>-1</sup> para Classe 3 – Águas Doces; até 1000 org.100 mL<sup>-1</sup> para Classe 1 – Águas Salobras; até 2500 org.100 mL<sup>-1</sup> para Classe 2 – Águas Salobras e até 4000 org.100 mL<sup>-1</sup> para Classe 3 – Águas Salobras, considerando os usos menos restritos definidos)

Analisando-se os dados da tabela 28 algumas tendências importantes podem ser destacadas. Percebe-se claramente que, entre as variáveis consideradas, as que mais comprometem o enquadramento das águas nas estações estudadas são a turbidez e os coliformes fecais. Porém, enquanto a turbidez é mais problemática em estações com

característica mais agrícola (#6 e #8), os coliformes mostram valores excessivos nas estações com maior percentual de urbanização (#2, #3a, #5 e #9). Tal relação exemplifica a dependência que a qualidade das águas tem em relação ao uso da terra, ao mesmo tempo em que evidencia a complexidade e diversidade das causas de sua degradação. Variáveis como oxigênio dissolvido e DBO<sub>5</sub> não mostraram tantas desconformidades, sendo mais problemáticas nas estações mais à jusante. Entre os metais, cádmio total e chumbo total apresentaram maiores desconformidades especialmente nas estações mais urbanizadas e industrializadas. O fato de as estações #7 e #9 serem consideradas salobras e de classe 1 fez com que mais freqüentemente elas mostrassem valores acima dos estabelecidos, especialmente para N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e oxigênio dissolvido, indicando forte pressão de degradação para essas áreas. Apesar da baixa freqüência de enquadramento dessas duas estações salobras para oxigênio dissolvido, deve-se destacar que na região estuarina sempre há uma significativa renovação de água pela influência marinha e, conseqüentemente, não chega a ocorrer limitação severa de oxigênio dissolvido, exceto eventualmente junto ao fundo. É muito provável que a redução do oxigênio dissolvido e a criticidade para outras variáveis indicadoras nessas áreas, esteja influenciada não somente pelas descargas locais e acumuladas de montante, mas também pela intensa e quase constante atividade de dragagem ali executada. Atividades de dragagem para manutenção de calado de canais, como a realizada no estuário do Rio Itajaí-Açu, são fortemente agressivas à qualidade da água, gerando ressuspensão de sedimentos e redistribuição de matéria orgânica e outros poluentes na coluna de água, perturbando processos de autodepuração (HEY, 1994; ALLAN, 1995). Deve ser lembrado que a solubilidade do oxigênio é menor em águas salinas, o que pode resultar em concentrações menores, mas não necessariamente em saturações menores (WEISS, 1970).

Pelos dados apresentados, de maneira geral, o rio Itajaí-Açu, bem como o Itajaí-Mirim, não estão muito distantes dos objetivos preliminares de enquadramento (Classe 2 ou mais restritiva), pois em média e para a maior parte das variáveis houve adequação aos limites em 90% ou mais das ocasiões amostradas. Percentuais de adequação menores só foram registrados para turbidez (70%), oxigênio dissolvido (85%) e coliformes fecais (70%). Em relação ao estuário (águas salobras das estações #7 e #9), a situação é um pouco mais crítica. Em média houve adequação para Classe 1 de águas salobras em 50% das vezes para turbidez, 44% para oxigênio dissolvido, 80% para pH, 20% para  $\text{N-NO}_3^-$ , e 60% para surfactantes e coliformes fecais. Entretanto, o enquadramento da área estuarina na Classe 1 de águas salobras é questionável, já que o uso preponderante dessa área é a navegação, que não exige muito em termos de qualidade das águas. Por outro lado, como já discutido anteriormente, a pesca e maricultura intensas na área costeira adjacente exigem ótima qualidade de água. Provavelmente essa será uma questão de polêmicas discussões técnicas e políticas na região.

Em relação à toxicidade das águas, a avaliação realizada pelo presente trabalho é limitada, pois não foram realizados testes crônicos, como atualmente prescreve a Resolução CONAMA n° 357. Entretanto, os testes realizados com microalgas em 72 horas são considerados por alguns autores como crônicos (PETER & HEGER, 1998). Nesse caso, a ocorrência de algumas inibições significativas em várias estações amostrais nos testes realizados indicaria um distanciamento maior dos objetivos de enquadramento. O mais adequado, no entanto, seria a implantação de um sistema de monitoramento da toxicidade utilizando testes efetivamente crônicos e, preferencialmente, utilizando vários organismos-teste, em conformidade com a legislação estadual.

É importante lembrar que apenas algumas variáveis foram consideradas na presente análise sobre o enquadramento das águas das estações amostrais estudadas. Variáveis importantes como o fósforo total, nitrogênio total, outros metais pesados e poluentes orgânicos, que têm limites estabelecidos pelo CONAMA, não foram considerados, restringindo a validade da presente avaliação.

Em relação aos compostos organoclorados, por exemplo, a Resolução CONAMA n° 357 estabelece limites para 31 moléculas. No presente trabalho, foram analisados os compostos organo-halogenados adsorvíveis (AOX), que representariam um somatório dos compostos organoclorados e outros organo-halogenados. Fazendo-se um exercício ilustrativo, pode-se obter um valor presumido ou teórico para um limite de AOX para águas doces de Classe 2 ao calcular a proporção de massa de cloro dessas 31 moléculas e multiplicá-las pelo valor limite de massa da molécula como um todo, definido pela Resolução, obtendo-se valores em  $\mu\text{g.L}^{-1}$  de cloro, unidade análoga à usada para o AOX. Esse cálculo de cunho estequiométrico resulta então no “equivalente em AOX” de cada molécula clorada citada na Resolução. O resultado desse exercício consta na tabela 29.

Tabela 29. Substâncias organo-halogenadas que têm limites de concentração previstos na Resolução CONAMA nº 357/2005 e seus equivalentes em AOX (compostos organo-halogenados adsorvíveis).

Nome da Substância	Limite em $\mu\text{g.L}^{-1}$	Equivalente em AOX ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )
Alacloro	20	2,6284
Aldrin+Dieldrin	0,005	0,0029
Atrazina	2	0,3287
Clordano	0,04	0,0277
2-Crorofenol	0,1	0,0276
2, 4-D	4	1,2831
1,2-Dicloroetano	10	7,1651
1,1-Dicloroetano	3	2,1942
2,4-Diclorofenol	0,3	0,1305
Dicloromentano	20	16,6970
DDT	0,002	0,0010
Dodecacloro pentaciclodecano	0,001	0,0008
Endossulfan	0,056	0,0293
Endrin	0,004	0,0022
Heptacloro epóxido+heptacloro	0,01	0,0066
Hexaclorobenzeno	0,0065	0,0049
Lindano	0,02	0,0146
Metolacloro	10	1,2492
Metoxicloro	0,03	0,0092
PCB	0,001	0,0007
Pentaclorofenol	9	5,9901
Simazina	2	0,3516
2, 4, 5-T	2	0,8326
Tetracloroeto de carbono	2	1,8438
Tetracloroetano	10	8,5514
Toxafeno	0,01	0,0069
2, 4, 5-TP	10	3,9464
Triclorobenzeno	20	11,7233
Tricloroetano	30	24,2849
2, 4, 6-Triclorofenol	10	5,4423
3, 3-Diclorobenzidina	0,028	0,0078
<b>SOMA</b>		<b>94,8</b>

O somatório dos equivalentes em AOX (ou em cloro) das moléculas organocloradas constantes na Resolução CONAMA pode então, ilustrativamente, ser adotado como um valor limite para AOX para a Classe 2. Esse valor de somatório ficou em  $94,8 \mu\text{g.L}^{-1}$ . Se comparado com os valores de AOX obtidos durante o presente estudo, esse suposto limite é

ultrapassado em 4% das vezes analisadas na estação #0, 33% das vezes na estação #1, 23% das vezes estação #2, 70% nas estações #3a e #5, 75% na estação #6, 90% na estação #7 e 80% na estação #8. Obviamente o AOX considera outros compostos halogenados além dos prescritos na Resolução CONAMA, o que poderia justificar, de certa forma, a superação dos valores limite no exercício aqui proposto. Porém, esse resultado aponta para uma situação de risco em termos desse tipo de moléculas nas águas da bacia do rio Itajaí-Açu. Parece ser uma proposta plausível estabelecer valores limites para um parâmetro de soma como o AOX em substituição parcial aos limites específicos para cada tipo de molécula clorada prevista na Resolução. O aparato necessário e o custo das análises dos 31 compostos organoclorados previstos são muito grandes para serem realizados em monitoramentos rotineiros de bacias hidrográficas. Uma solução intermediária poderia ser a de analisar-se primeiramente o AOX e se este ultrapassar certo limite, analisariam-se então os 31 compostos específicos para rastrear qualitativamente aquele(s) mais importante(s).

A avaliação baseada na adequação ao enquadramento apontou as estações #3a, #5, #7, #8 e #9 como as mais críticas em relação à qualidade da água, mas de maneira especial as estações #7, #8 e #9. Quando comparados aos resultados obtidos para IQA, verifica-se a mesma tendência, porém o IQA apontou como mais críticas as estações #3a, #5, #8 e #9. Esse paralelismo entre os resultados dos dois tipos de avaliação tem sido registrado em vários estudos em bacias hidrográficas brasileiras como por exemplo a bacia do rio dos Sinos e do Guaíba no Rio Grande do Sul (BENDATTI *et al.*, 2003) e do Paraíba do Sul em São Paulo (CETESB, 2003; 2004). Tanto nesses estudos citados como no presente, praticamente as mesmas poucas variáveis são consideradas nas duas formas de avaliação. Se por um lado isso mostra eficiência e reprodutibilidade dos métodos, por outro explicita a incapacidade dos órgãos ambientais e mesmo das universidades de manterem sistemas de

monitoramento que abrangem a grande quantidade de variáveis estabelecidas na Resolução CONAMA nº 357.

Deve ser considerado que as análises realizadas nesse estudo concentraram-se no rio Itajaí-Açu, com exceção do ponto branco e da estação #8 (rio Itajaí-Mirim). As grandes dimensões e vazões do rio Itajaí-Açu, de maneira geral, são capazes de diluir/dispersar razoavelmente as cargas poluidoras nele aportadas. Entretanto, uma gama de pequenos afluentes, especialmente os córregos urbanos, que estão em contato mais íntimo com as populações humanas, está severamente comprometida tanto em termos de quantidade como em qualidade de água. Uma ampliação do monitoramento para esses afluentes provavelmente iria trazer resultados críticos em termos de enquadramento e a avaliação geral seria muito alarmante. O já citado estudo piloto realizado no Ribeirão Schneider, em Itajaí (Rörig *et al.*, submetido), ilustrou a situação desses ribeirões e córregos, que chegam a mais de 90 nas áreas urbanas compreendidas na área do presente estudo. Esses cursos de água normalmente nascem límpidos em áreas periurbanas e após poucos metros de urbanização tornam-se altamente poluídos, retificados, canalizados e com limitação de vazão. Em geral tornam-se anaeróbicos ao longo de seu curso nas áreas urbanizadas.

No contexto dos usos mais nobres dos recursos hídricos regionais, a situação mais crítica certamente é de Itajaí e Navegantes, pois, enquanto as demais cidades consideradas no presente estudo retiram água para abastecimento público do rio Itajaí-Açu, essas duas cidades estuarinas não podem fazê-lo em função da salinização. Por consequência, captam água de afluentes médios, que apresentam situação mais crítica. No município de Itajaí, por exemplo, 80% do volume consumido provém do rio Itajaí-Mirim e 20% do rio Canhanduba (dados informados pelo SEMASA – Itajaí). O rio Itajaí-Mirim, como verificado nos dados do presente estudo, apresenta uma das piores qualidades de água entre as estações

amostradas e, adicionalmente, torna-se salinizado em situação de estiagem devido a penetração da cunha salina (C.A.F. Schettini, CTTMar – UNIVALI, com. pes.). O rio Canhnaduba, um afluente do Itajaí-Mirim, está fortemente contaminado por resíduos urbanos, agrícolas e por chorume de um depósito de lixo. Junto à captação de água nesse rio têm sido registradas com frequência concentrações de oxigênio dissolvido menores que  $2 \text{ mg.L}^{-1}$  e de AOX maiores que  $4,0 \text{ mg.L}^{-1}$  (L.R. Rörig, CTTMar – UNIVALI, dados não publicados). Há, portanto, uma situação conflitante nessas cidades estuarinas, pois de um lado há a salinidade e de outro a poluição oriunda do não tratamento de esgotos e do mau uso da terra. Atualmente, esse tema tem sido alvo de amplas discussões nesses municípios e por várias vezes houve situação de emergência com suspensão do fornecimento de água.

Outros aspectos sobre o estado desses córregos urbanos serão discutidos no item 5.2.5 - “*O risco das fontes poluidoras*”.

### **5.2.2. Análises de Componentes Principais**

Com as análises de componentes principais houve uma simplificação das relações entre os dados, colocando entidades similares em proximidade e produzindo uma compreensão econômica das tendências. As eventuais baixas explicabilidades da variância total pelos dois primeiros eixos em algumas ACPs poderiam estar indicando baixa eficiência do método, porém, segundo Gauch (1994), em um estudo ecológico típico, com grandes e ruidosos conjuntos de dados, o primeiro par de eixos pode contar com apenas 5% da variância e ser bastante informativo ecologicamente. Por outro lado, em alguns casos, embora 90% da variância possa ser contada, o resultado pode ser ecologicamente insignificante ou severamente distorcido. Ao final, o uso dos resultados de uma ACP deve

ser feito em termos de utilidade ecológica; mero percentual de variância acumulada pode não ser um indicador confiável da qualidade dos resultados (VALENTIM, 2000).

As ACPs não mostraram padrões únicos ou homogêneos de relações entre as variáveis e sim relações complexas, especialmente quando consideradas as ACPs com todas as amostras. Nas análises com amostras específicas de cada estação, padrões diferenciados de relação foram observados, evidenciando a ocorrência de múltiplos forçantes conforme a área amostral considerada.

A ACP realizada apenas com dados físico-químicos e químicos gerais (ACP-G) num período amostral maior mostrou uma variabilidade relativamente clara ao longo de um gradiente de descarga de água doce (Figura 41). Ao longo do primeiro eixo dois grupos de variáveis se apresentaram em situação oposta: (a) vazão, turbidez, MPS e pluviosidade de um lado e (b) salinidade, condutividade, pH e  $\text{Si(OH)}_4$  de outro lado. As variáveis do grupo (a), obviamente, são resultado do efeito da pluviosidade e conseqüente erosão na bacia, enquanto que as variáveis do grupo (b) estão mais relacionadas à influência marinha, no extremo distal do *continuum* fluvial. De forma mais frágil, o segundo eixo parece evidenciar um fator com influência tanto de certa sazonalidade como também da pluviosidade, pois clorofila-a e nutrientes nitrogenados (NIDT) associaram-se positivamente com temperatura e negativamente com OD e  $\text{P-PO}_4^{3-}$ . As maiores temperaturas e irradiâncias de verão podem estimular a produção primária, sendo que é no verão que ocorrem pulsos bruscos e intensos de chuva na bacia, arrastando nutrientes nitrogenados e gerando consumo de OD. A posição oposta do grupo OD e  $\text{P-PO}_4^{3-}$  em relação ao grupo clorofila-a, NIDT e temperatura, também pode estar evidenciando a influência marinha na zona estuarina, já que, de maneira geral OD e  $\text{P-PO}_4^{3-}$  decaem no estuário.

A análise das relações entre essas variáveis por estação amostral mostrou tendências um pouco diferenciadas (Figura 42). De maneira geral, nas estações #0, #1 e #2, as “variáveis de descarga” (vazão, chuva, turbidez e MPS) associaram-se positivamente aos nutrientes NIDT e  $P-PO_4^{3-}$ . Tal relação mostra um efeito de escoamento controlando as concentrações de nutrientes nessas áreas, que têm características mais rurais (agropecuária e florestas). As variáveis de descarga, entretanto, mostraram relação inversa com  $Si(OH)_4$  e pH, ou seja, a descarga age diluindo silicatos e diminuindo pH. As relações ao nível do segundo eixo nessas primeiras estações mostraram principalmente a influência direta da temperatura sobre a condutividade e inversa sobre o oxigênio dissolvido, indicando uma provável influência sazonal sobre essas duas últimas variáveis.

Nas estações #3a, #5 e #6, a principal diferença observada é a relação inversa entre as variáveis de descarga e os nutrientes. Ou seja, há uma mudança de forçantes, provavelmente associada ao aumento da influência urbana, com os esgotos contribuindo significativamente no balanço de nutrientes. Essa contribuição intensa, contínua e adicional de nutrientes representada pela urbanização faz com que em situações mais secas (baixa descarga) ocorra uma concentração de nutrientes na água do rio e, em situações chuvosas, apesar do aumento do escoamento, ocorre diluição das descargas urbanas. Em relação à clorofila-a, que associou-se positivamente com as variáveis de descarga, é importante considerar que sua origem provável, não só nessas estações como em quase toda a seção de rio estudada, é a partir do escoamento de sistemas lênticos adjacentes e da remoção/ressuspensão de microalgas bênticas de substratos diversos, daí a sua não associação direta com os nutrientes. É a partir dessa estação que as concentrações de clorofila-a começam a aumentar, sugerindo condições mais adequadas à proliferação e/ou “arraste” de microalgas.

Ainda sobre as estações #3a, #5 e #6, que tiveram padrões similares de associação entre descarga e nutrientes, é importante salientar que a maior parte da poluição urbana vem da área de contribuição da estação #3a, ou seja, essas contribuições influenciam o balanço de materiais até pelo menos a região da estação #6. Outro aspecto a ressaltar é que nessas estações observa-se um aumento da importância do  $\text{N-NH}_4^+$  no somatório de nutrientes nitrogenados. Esse nutriente, de origem cloacal recente, tende a acumular-se em condições mais limitantes de oxigênio dissolvido.

Um aspecto particular da estação #6 foi o fato de o MPS ter se afastado do grupo de variáveis indicadoras de descarga fluvial. Certamente esse resultado se deve a uma particularidade dessa estação. A quantidade de material em suspensão na mesma foi sempre bastante elevada, não mostrando variabilidade tão pronunciada e relacionada à descarga fluvial como em outras estações. Essa grande e constante concentração de MPS deve estar relacionada com a grande área de cultivo de arroz irrigado que cerca o rio até as margens junto a essa estação. Não se descarta também a influência da ressuspensão causada pela balsa de travessia situada no local e pela presença freqüente de dragas de sucção de areia.

A partir da estação #7, onde começa a haver com freqüência a influência da salinidade marinha, os padrões de relação entre as variáveis mudam sensivelmente. O fator relacionado ao eixo 1 passa a mostrar duas situações opostas: (a) dias ou situações com influência pronunciada da maré e salinidade e, (b) dias ou situações onde essa influência não é tão marcada. As relações entre chuva, vazão, MPS e turbidez se modificam, pois passam a ocorrer outros processos que geram aumento de MPS, como por exemplo, a ressuspensão pela intrusão da cunha salina e pelas atividades de dragagem de manutenção do canal do Porto de Itajaí, bem como outras atividades de dragagem. A chuva medida nessa região apresenta diferenças consideráveis daquela que é medida no Médio Vale, onde

é realizada a medição de vazão do rio. Ou seja, chuva e vazão passam a não ter uma dependência tão direta junto ao estuário. Em relação aos nutrientes, enquanto o NIDT mostra uma fraca associação com a salinidade e condutividade, o  $\text{P-PO}_4^{3-}$  mostra maior associação com a vazão. Essa diminuição das concentrações de  $\text{P-PO}_4^{3-}$  em águas fluviais sob influência de salinidade (estuário) tem sido registrada em diversos estudos regionais (PEREIRA Fo. *et al.*, 2001; PEREIRA Fo. *et al.*, 2003; SCHETTINI *et al.*, 1998). A explicação certamente deve estar associada à tendência de adsorção do  $\text{P-PO}_4^{3-}$ , um ânion altamente carregado, ao material em suspensão, com conseqüente sedimentação, que é acelerada por processos de floculação induzida pela salinidade (JITTS, 1959; DAY Jr, *et al.*, 1989; LIBES, 1992). Assim, em casos onde o  $\text{P-PO}_4^{3-}$  associa-se diretamente com a chuva (especialmente na estação #7), provavelmente a descarga fluvial fez recuar a intrusão salina, estando as concentrações de  $\text{P-PO}_4^{3-}$  relacionadas ao escoamento e às contribuições cumulativas de montante. Quando o  $\text{P-PO}_4^{3-}$  associa-se inversamente às variáveis de descarga (especialmente nas estações #8 e #9), é evidenciado o efeito adsorção-floculação-sedimentação, que também, obviamente, interfere nas concentrações de MPS.

O caso específico da estação #8, onde a relação inversa do  $\text{P-PO}_4^{3-}$  com pH,  $\text{Si(OH)}_4$  e MPS foi explicada ao nível do segundo eixo, pode estar refletindo a salinização apenas ocasional dessa área.

Em relação à estação #9, que mostra mais claramente a oposição entre as variáveis de descarga e a salinidade marinha, também fica nítida a influência da mistura de água marinha na elevação do pH, assim como a entrada de águas mais ricas em clorofila-a, representada por assembléias fitoplanctônicas de origem costeira. Essa entrada de populações fitoplanctônicas na zona estuarina é um processo comum em situações de maré alta ou baixa descarga fluvial, tendo sido já bem documentada na região em estudos

anteriores (SCHETTINI *et al.*, 1998; RÖRIG, *et al.*, 2003). Tal associação é mostrada ao nível do primeiro eixo; enquanto  $\text{Si(OH)}_4$ ,  $\text{P-PO}_4^{3-}$  e OD relacionaram-se negativamente com a temperatura ao nível do segundo eixo, mostrando certa influência da sazonalidade da temperatura nessas variáveis.

Na ACP realizada com os dados químicos e físico-químicos gerais, mais as variáveis biológicas e indicadoras de poluição (ACP-P), ficou nítida a associação positiva, ao nível do primeiro eixo, entre as variáveis indicadoras de poluição/contaminação (Figura 43). Essas variáveis, representadas por AOX, NIDT, cobre total, bactérias totais, picoplâncton fototrófico,  $\text{DBO}_5$ , coliformes fecais, MPS, turbidez, ferro total e clorofila-a, relacionaram-se negativamente com OD e pH. Provavelmente essa tendência seja influenciada pela baixa poluição das águas bem oxigenadas das estações #0 e #1. Embora essas associações pareçam, em primeira instância, indicar o escoamento como fator determinante do gradiente do eixo 1, as variáveis vazão e pluviosidade estiveram relacionadas ao segundo eixo, sugerindo uma relação mais ruidosa entre essas e as variáveis indicadoras de poluição. Provavelmente, o incremento progressivo das concentrações de elementos aqui considerados como indicadores de poluição em direção à jusante tenha exercido uma influência mais forte do que as forçantes de escoamento (chuva e vazão). Ou seja, o fator principal dessa ACP-P, onde os dados de todas as estações foram trabalhados integradamente, foi o *continuum* fluvial – a tendência de incremento de concentrações de materiais “rio abaixo”, independentemente de particularidades espaciais ou temporais de pluviosidade e descarga. As variáveis MPS, turbidez, clorofila-a e picoplâncton fototrófico não necessariamente indicam poluição/contaminação por fontes poluidoras urbanas, mas sim a influência de entrada de águas de escoamento de solos expostos ou oriundas de sistemas mais lênticos como açudes e quadras de arroz, que são ricos em clorofila-a e MPS.

Esses sistemas são mais abundantes para jusante, sendo suas descargas obviamente maiores também para jusante, independentemente, até certo grau, da ocorrência de eventos de maior pluviosidade.

No caso das ACP-Ps realizadas estação por estação, foram verificados novamente padrões diferenciados de comportamento das variáveis (Figura 44). No caso da estação #0, o primeiro eixo mostrou as variáveis: vazão, precipitação pluviométrica, zinco total, NIDT, coliformes fecais, turbidez, ferro total, cobre total, bactérias totais, clorofila-a e picoplâncton fototrófico associadas positivamente entre si no primeiro eixo. Não foram agrupadas variáveis em situação oposta a essas nesse primeiro eixo. Essa situação indica que um aumento de pluviosidade determina incrementos nas demais variáveis citadas, ou seja, há um forte componente de escoamento explicando a maior parte da variância nessa estação, como já verificado na ACP-G. No segundo eixo, o fator sazonalidade parece estar explicando a distribuição das variáveis, pois OD e pH estão em oposição à temperatura e condutividade, ou seja, de um lado águas mais frias e oxigenadas e de outro águas mais quentes e concentradas em termos de sais em geral. Ressalta-se por fim que, por essa estação apresentar águas de boa qualidade e uma área de contribuição relativamente bem preservada, as relações entre variáveis indicadoras de poluição ou degradação são pouco claras, marcadas por baixos valores e baixas variabilidades.

No caso da ACP-P com os dados da estação #1, as relações foram similares e, novamente, o primeiro eixo ou fator parece refletir o efeito do escoamento. Porém, algumas variáveis deslocaram-se para o segundo eixo, quando compara-se com a distribuição verificada na ACP-P da estação #0 (zinco total, bactérias totais, precipitação pluviométrica, clorofila-a, coliformes fecais). O “descompasso” ou não associação positiva entre vazão e precipitação pluviométrica pode estar refletindo uma situação particular dessa estação, pois

próximo à mesma localiza-se a foz do rio Benedito, um importante afluente do Rio Itajaí-Açu, mas que cobre uma sub-bacia com características diferentes em termos de pluviosidade e uso da terra. Esse fato também pode explicar as demais associações de variáveis do segundo eixo, aparentemente governadas pela variável precipitação pluviométrica que associa-se positivamente com clorofila-a, coliformes fecais, surfactantes e AOX e negativamente com DBO<sub>5</sub>, bactérias totais, zinco total e chumbo total. No caso da estação #2 as tendências já apontadas para as estações anteriores de certa forma se mantêm, com a vazão parecendo governar a variabilidade.

Na ACP-P da estação #3a, houve grande espalhamento dos pontos representativos das variáveis descritoras da qualidade da água. As relações não se mostram muito claras, pois, por exemplo, a vazão, no primeiro eixo, associa-se positivamente com algumas variáveis de escoamento (ex.: turbidez, MPS, DBO<sub>5</sub>) e negativamente com outras (ex.: AOX, NIDT).

Na estação #5, vazão e pluviosidade voltam a associar-se positivamente, juntamente com outras variáveis de escoamento e em oposição com condutividade e AOX. Porém, variáveis relacionadas à erosão de solos e ressuspensão (MPS e turbidez) não associaram-se com chuva e vazão, evidenciando processos diferenciados nesse local. Essa é uma estação onde visivelmente verifica-se uma situação de menor turbulência no rio – uma espécie de remanso – quando comparado com as estações à montante. Curiosamente, o déficit de mata ciliar na área de contribuição da estação #5 é um dos menores da área de estudo, o que poderia explicar em parte a não associação positiva entre as “variáveis de erosão” e a vazão e precipitação pluviométrica.

No caso da estação #6, ao nível do primeiro eixo, foi evidenciada relação positiva entre vazão e coliformes fecais, em oposição com NIDT, AOX e surfactantes. Poderia ser

sugerido nesse caso que os coliformes seriam indicadores de contaminação recente, ao passo que surfactantes e AOX, por exemplo, que são poluentes mais persistentes, indicariam uma contaminação de caráter mais acumulativo. Porém, essas observações são de caráter meramente especulativo.

A partir da estação #7, como também já verificado nas ACP-Gs, que não consideraram as “variáveis de poluição/contaminação”, a influência da salinidade de origem marinha torna-se decisiva na definição de relações entre variáveis. Tanto na estação #7 como na #8 e na #9, uma oposição óbvia entre salinidade/conductividade (influência marinha) e vazão/precipitação pluviométrica (influência fluvial/pluvial) governa as feições das ACP-Ps. O estabelecimento desses forçantes opostos nas ACP-Ps facilita o reconhecimento da origem de outras variáveis indicadoras, uma vez que essas tenderão a se orientar ao longo desse gradiente entre rio e mar/estuário. Nessas três estações com influência marinha nota-se que o OD está sempre associado positivamente com a vazão. Destaca-se que isso não significa que as águas marinhas sejam menos saturadas em oxigênio dissolvido, mas sim demonstra um processo físico-químico bem característico que é o menor potencial de solubilidade de oxigênio em águas salobras e salinas. Os valores absolutos de oxigênio dissolvido ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) tendem a ser menores mas não necessariamente a saturação (%), que é relativizada a um máximo possível onde a temperatura exerce influência inversa. Em processos de transformação química envolvendo oxigênio dissolvido, a saturação, muitas vezes, é um parâmetro mais importante que a concentração. Essa menor solubilidade de oxigênio em águas mais salinas pode representar problemas à vida aeróbica e interferência nos processos biogeoquímicos naturais quando há grandes aportes orgânicos para áreas estuarinas, que ocorrem especialmente junto ao fundo. A maior “dificuldade” de solubilização de oxigênio nessas águas, associada ao maior

consumo, pode com mais frequência e rapidez, gerar zonas hipóxicas, especialmente quando a estratificação diminui as trocas com as zonas mais superficiais. Tal tendência, embora possível, não foi verificada na zona estuarina do rio Itajaí-Açu, pois não foram realizadas análises estratificadas de variáveis físico-químicas. Entretanto, há indícios de que na área da estação #8, no rio Itajaí-Mirim, essa possibilidade de hipoxia possa ser real, haja vista seus baixos valores de oxigênio dissolvido em superfície e a proporção relativamente alta de matéria orgânica nos sedimentos.

De uma maneira geral pode-se perceber que a falta de relação positiva direta entre precipitação pluviométrica e vazão, detectada em algumas ACPs, se estabelece quando o local ou estação considerado apresenta uma estação pluviométrica próxima, mas uma situação hidrológica mais complexa, onde tributários com sub-bacias importantes e que estão sob regimes pluviométricos diferentes desembocam em áreas à montante do ponto amostral.

Apesar de os dados nas ACPs terem se apresentado um pouco ruidosos, com relações por vezes confusas e nem sempre consistentes, algumas tendências principais foram detectadas.

Dois principais fatores governam as relações gerais: a vazão do rio e a influência marinha. A vazão do rio, normalmente em associação estreita com a pluviosidade, exerce uma influência mais complexa e ruidosa, ora relacionando-se com um determinado grupo de variáveis indicadoras de poluição e ora com outros. Essa influência não homogênea deve estar em grande parte relacionada às características diferenciadas das áreas de contribuição de cada estação amostral, que, como já observado e discutido, diferem sensivelmente entre si, gerando diferenças equivalentes no escoamento. Algumas áreas são mais urbanizadas e caracterizam-se por certo tipo de usuários de água; e outras áreas são mais agrícolas e

disponibilizam outros tipos de fontes contaminantes. Assim, com conjuntos de dados de diversos tipos (metais, poluentes orgânicos, contaminantes biológicos etc.), associados à fontes também diversas, as análises multivariadas ou mesmo de correlação simples tornam-se limitadas na tarefa de extrair categoricamente fatores determinantes únicos da variação entre os dados ao longo das áreas estudadas. Ainda assim, por exemplo, ficou clara a associação entre surfactantes e cobre com salinidade/condutividade (estações estuarinas). Porém destaca-se que, nesse caso, tal relação não significa que esses dois elementos têm origem marinha, mas sim que suas maiores fontes de contaminação localizam-se na zona estuarina. Prova disso se obtém ao observarem-se as fontes poluidoras principais desses elementos, que foram as indústrias de processamento de pescado (Figuras 31A e 32B), todas localizadas justamente na área estuarina. Outra associação relativamente clara é a de vazão e/ou pluviosidade com MPS, turbidez, ferro, zinco, DBO<sub>5</sub> e coliformes fecais. Os quatro primeiros elementos estando mais relacionados à erosão da matriz geológica e os dois últimos ao escoamento sobre áreas urbanas ou agrícolas. A vazão e variáveis associadas estiveram, especialmente nas estações sem influência da salinidade, associadas ao primeiro eixo, explicando a maior parte da variância. Por outro lado, o segundo eixo, em várias ACPs, foi marcado por pesos elevados da variável temperatura. Tal condição mostra que a sazonalidade não é um fator dos mais importantes na determinação de variações e tendências na qualidade da água. Isto porque, como observado nos gráficos de distribuição temporal (Figuras 3 e 5), ocorrem pulsos de vazão e pluviosidade em diversas épocas do ano na região, ao passo que a temperatura foi a única variável a mostrar uma nítida variação sazonal. Uma vez que a temperatura tem variação sazonal e sua influência é secundária, conclui-se que fatores não claramente sazonais na região, como a vazão/pluviosidade, exercem maior influência no comportamento das variáveis de qualidade de água.

### 5.2.3. Fator de incremento

Uma outra forma de avaliar a degradação ou perda de qualidade das águas ao longo de um rio ou bacia hidrográfica é através do cálculo dos *fatores de incremento* para diferentes variáveis diagnósticas. Esse parâmetro, também chamado por Meybeck (1998) de *razão de mudança* (“change ratio”) e por Ruiz-Fernandez *et al.* (2001) de *fator de contaminação*, relaciona as concentrações das variáveis diagnósticas em uma rede amostral com valores de referência, normalmente obtidos em *pontos brancos* (condições pristinas). Deve-se levar em consideração, entretanto, que aumentos graduais nas concentrações de algumas variáveis ao longo do *continuum* fluvial podem não ser antropogênicos, mas sim relacionados aos efeitos de intemperismo e escoamento sobre ecossistemas naturais. Porém, muitas vezes, num contexto de bacia hidrográfica, fica difícil diferenciar contribuições naturais de antropogênicas, já que as interferências humanas podem ser indiretas, resultantes de cadeias de eventos complexos (MEYBECK, 1982).

Meybeck (1989) afirma que FIs de até 2 representam pouca mudança, provavelmente sem maiores riscos à qualidade das águas. FIs de 2 a 5 são característicos de mudanças importantes e entre 5 e 10 representam grandes mudanças. FIs maiores que 10 indicam severa modificação para os determinantes de qualidade investigados.

No presente trabalho, o valor máximo de mudança para o NIDT foi de 3,2, representando mudanças importantes. Porém, se considerado apenas o  $\text{N-NH}_4^+$ , nutriente nitrogenado de origem mais recente e relacionado a dejetos orgânicos domésticos ou industriais, o fator de incremento máximo foi de 13, na estação #9, representando severa alteração. Os valores para  $\text{N-NO}_3^-$  apresentaram tendência inversa ao  $\text{N-NH}_4^+$  e seus valores de incremento foram similares aos do NIDT, mostrando que os nitrogenados totais

são mais influenciados pela carga de  $\text{N-NO}_3^-$ . Esse padrão inverso entre  $\text{N-NH}_4^+$  e  $\text{N-NO}_3^-$  deve estar relacionado à saturação de oxigênio dissolvido, que tende a diminuir em direção ao estuário. O  $\text{P-PO}_4^{3-}$  mostrou FIs moderados, mas que reduziram para níveis pouco significativos ( $< 2$ ) nas estações com influência de salinidade. Isso claramente está relacionado com os processos de floculação e sedimentação de  $\text{P-PO}_4^{3-}$  em águas estuarinas, já discutidos anteriormente. Por fim, o  $\text{Si(OH)}_4$  não mostrou fator de incremento crescente ao longo das estações, evidenciando talvez uma contribuição relacionada mais a um intemperismo sobre um embasamento geológico uniforme do que a fontes diretamente antropogênicas.

Entre os metais, o cádmio não mostrou ocorrência significativa nas águas do rio Itajaí-Açu, Itajaí-Mirim e Warnow Alto e o cromo mostrou FIs menores que 2 para todas as estações, evidenciando ausência de risco de contaminação para esse metal na área de estudo. Chumbo e zinco, entretanto, mostraram valores importantes de FI nas estações #1, #8 e #9. Provavelmente a origem desses incrementos é industrial, apesar de a AC1 não apresentar urbanização e industrialização tão intensas quanto as ACs #8 e #9. A situação do cobre foi bastante particular, mostrando FIs de 10 e 50, respectivamente para as estações #7 e #9. Essas estações são as mais estuarinas e próximas à Itajaí/Navegantes, e esses resultados ressaltam a presença de fontes de contaminação de cobre nessa região. Provavelmente essa contaminação tem origem nos efluentes da indústria pesqueira e química, já que os efluentes dessas mostraram-se importantes fontes de cobre (Figura 32), mas a presença de diversos estaleiros na área, que trabalham intensamente com metais sem maiores medidas de contenção de resíduos, aponta para fontes múltiplas desse e talvez de outros metais que não foram analisados no presente trabalho (p. ex.: estanho, mercúrio e níquel), além do chumbo e do zinco. Os incrementos de ferro foram moderados entre as

estações #1 e #8, com uma queda para menos de 2 na estação #9. O ferro, embora também tenha incremento antropogênico, deve ter suas concentrações mais relacionadas a origem natural (intemperismo) e de erosão e escoamento. Sua diminuição na região estuarina mostra ausência de aportes urbanos significativos na área e também diluição e provável adsorção ao MPS e posterior sedimentação.

Os incrementos crescentes de AOX ao longo das estações, chegando a 10 na estação #7, mostram um elevado risco de contaminação desses elementos na bacia do Itajaí. Sabe-se que esses compostos têm origens diversas, entre elas os pesticidas, os esgotos domésticos e industriais, mas também uma gama de origens naturais, associadas com certos tipos de metabolismo microbiano, vegetal e animal (ASPLUND & GRIMVALL, 1991; GRIMVALL & ASPLUND, 1991; FRANSSEN, 1994; CANNELL, 1993). Em função dessa múltipla origem dos compostos organo-halogenados, é importante averiguar ao nível qualitativo os principais compostos contribuintes para o AOX. Tal investigação não necessita ser sistemática, mas sim apenas em situações onde a contaminação é mais elevada. No rio Reno, Alemanha, por exemplo, o limite de AOX na água é de  $1 \text{ mg.L}^{-1}$  (FEDERAL MINISTRY FOR THE ENVIRONMENT, NATURE CONSERVATION AND NUCLEAR SAFETY, 2004), sendo que acima desse limite, devem ser investigados qualitativamente os componentes desse parâmetro de soma e severas medidas de contenção são tomadas. No rio Itajaí-Açu, o valor médio geral ficou em torno de  $0,3 \text{ mg.L}^{-1}$ , com picos de  $0,5 \text{ mg.L}^{-1}$ . Esses valores são mais baixos que os limites para o rio Reno, no entanto, deve-se levar em consideração que a bacia do Reno é muito mais industrializada e populosa que a do Itajaí-Açu, o que aponta para um controle pouco efetivo desses compostos na bacia do Itajaí-Açu. Deve-se considerar, por fim, que praticamente inexistem dados de AOX para rios tropicais, que diferem em ecologia e uso da terra e da água dos rios

temperados como o Reno. Seria fundamental a geração de mais dados de AOX nesse tipo de rios e a investigação qualitativa dos componentes e de sua origem para subsidiar futuras definições de limites aceitáveis.

Os fatores de incremento para  $DBO_5$  só foram moderados nas estações #3a, #5 e #8. Essas estações estão sob maior impacto da urbanização, principal responsável pelos incrementos de matéria orgânica no rio. A diminuição dos incrementos nas estações #6 e #7 indicam a capacidade de autodepuração do rio após grandes aportes de matéria orgânica e no caso da estação #9, novamente o efeito diluidor da entrada da água marinha seria o responsável pelo menor incremento.

O MPS foi uma das variáveis que mostrou FIs mais elevados e com certa uniformidade até a estação #8. Esse incremento mostra claramente a influência do mau uso do solo na região, induzindo intensos processos erosivos. Prova disso é que o maior FI foi na estação #6, que tem uma das maiores proporções de cultivo de arroz irrigado na bacia, estando esses cultivos muito próximos às margens do rio nas imediações dessa estação. Não pode ser descartada também a influência, ainda que mais eventual, das atividades de dragagem e mineração de areia no leito do rio, que são mais intensas justamente nas áreas de influência das estações #6, #7 e #8. Novamente, na estação #9, o FI foi menor devido a influência marinha.

Os FIs para surfactantes mostraram uma relação nítida com a área estuarina (estações #7 e #9) e com as áreas urbanas de Blumenau e Gaspar (estações #3a e #5). Atribui-se esses grandes incrementos na zona estuarina não só às contribuições domésticas, mas especialmente às indústrias pesqueiras, que mostraram elevadas concentrações desses compostos em seus efluentes (Figura 31). Os surfactantes, portanto, apresentaram um padrão de incremento similar ao verificado para o cobre.

Os fatores de incremento para coliformes fecais, como seria esperado, foram muito elevados e associados com as áreas urbanas, refletindo o risco de contaminação biológica resultante da ausência de tratamento de esgotos na região. Ressalta-se que mesmo na estação mais estuarina (#9) os valores foram freqüentemente altos, caracterizando uma persistência dessas bactérias mesmo sob efeito de salinidade. As bactérias totais, compostas especialmente por organismos de ocorrência natural, responsáveis pela decomposição da matéria orgânica, mostraram incrementos crescentes (até 7,5), vindo a diminuir para pouco mais de 2 na estação #9, nesse caso, refletindo um menor incremento associado com a diluição marinha. Esse comportamento diferiu bastante dos coliformes fecais, que recebem importante incremento nessa área. Para as bactérias aquáticas naturais, o contato brusco com a salinidade na zona estuarina pode representar um fator de estresse considerável, reduzindo as populações ou induzindo processos de encistamento (OGAWA, 1974; JONES, 1971). O picoplâncton fototrófico, que acompanhou o padrão das bactérias totais, evidencia também um incremento crescente, porém limitado, na capacidade autotrófica do sistema em direção à jusante. Deve-se ressaltar que os menores valores numéricos desses microrganismos fototróficos na estação #9 podem estar, ao menos em parte, distorcidos em termos de biomassa, pois observou-se que o tamanho médio desses organismos na estação #9 era bem maior que nas estações de montante. A clorofila-a, que apresentou valores sempre baixos ao longo da área de estudo, só mostrou incremento moderado na estação #8, acompanhando justamente o incremento em picoplâncton fototrófico. Embora não tenha sido analisado o nano e microfitoplâncton, possivelmente, o picoplâncton fototrófico seja o principal grupo de produtores primários nessa e em outras estações, haja vista a constante limitação de luz das águas fluviais e estuarinas. O picofitoplâncton é sabidamente mais eficiente na captação de luz difusa que classes de maior tamanho (MALONE, 1980). A

limitação por luz da produção primária do estuário do rio Itajaí-Açu já foi sugerida em outros estudos (SCHETTINI *et al.*, 1998; RÖRIG *et al.*, 2003).

#### **5.2.4. O rio Itajaí-Açu comparado com outros rios**

As tendências observadas aqui para o rio Itajaí-Açu são provavelmente típicas de muitos rios tropicais de países em desenvolvimento. A quase ausência de tratamento de efluentes domésticos e a ineficiência dos tratamentos de efluentes industriais, associada à uma ocupação rural sem critérios ecológicos faz com que os rios tropicais, mesmo sem uma industrialização muito pronunciada, apresentem níveis de poluição e alteração por vezes similares a áreas altamente industrializadas do primeiro mundo. Enquanto no primeiro mundo os efeitos de procedimentos de recuperação ambiental e do controle rígido de emissões poluidoras têm feito os indicadores de qualidade melhorarem sensivelmente nos últimos 20 anos, nos países em desenvolvimento o processo de degradação e perda da qualidade das águas está em franco incremento (CANALI *et al.*, 2000).

Para fins de comparação, na tabela 30 foram agrupados alguns dados (médias ou mínimos e máximos) descritivos da qualidade de água de diversos rios ao redor do mundo. Infelizmente a disponibilidade de bancos de dados de qualidade da água organizados no Brasil é restrita. Praticamente, só os estados do Sudeste e Sul disponibilizam esses dados ou na internet (ex.: CETESB-SP) ou em séries de publicações escritas (ex.: DMAE-RS), ainda assim, nem todos os dados estão disponíveis e padronizados.

A concentração média encontrada para  $\text{N-NH}_4^+$  no rio Itajaí-Açu durante o presente trabalho enquadra-se nos intervalos observados para vários rios europeus e norte-americanos de grande porte como o Sena (década de 1990) e o Reno (década de 1970). Os valores máximos foram similares aos mínimos encontrados para tributários urbanos do rio

Sena, em Paris, porém foram superiores aos máximos registrados para grandes rios poluídos como o Reno, o Meuse, o Ems e tributários peri-urbanos do Sena. Em relação a rios brasileiros, o intervalo de variação foi similar a rios poluídos como o dos Sinos no Rio Grande do Sul, mas inferior ao observado para o rio Gravataí, o mais poluído daquele estado. Quando comparado com os valores dos rios mais poluídos do Brasil como o Tietê e o Piracicaba no estado de São Paulo, a diferença se acentua, alguns setores desses dois rios apresentam hipoxia, o que implica em acumulação de  $\text{N-NH}_4^+$  (limitação da nitrificação). Excetuando-se os valores eventualmente mais baixos de oxigênio dissolvido no Rio Itajaí-Mirim (estação #8), não foram registradas situações ou indicações de hipoxia no setor de bacia estuado. Ao serem comparados os valores de  $\text{N-NO}_3^-$  e/ou NIDT as tendências são similares, ou seja, intervalos equivalentes aos observados em grandes rios poluídos da Europa, América do Norte e Brasil, porém menores que os de córregos urbanos (ribeirão Schneider, arroio Boa Vista, tributários do Sena) e rios europeus em épocas anteriores aos programas de recuperação (rio Shelt, na Bélgica). O valor médio de  $\text{N-NO}_3^-$  encontrado para o Itajaí-Açu é similar ao encontrado para seções poluídas do Rio Danúbio na década de 1970, mas inferior às médias do Tâmis, Sena e Misssouri nessa mesma década. Em relação a rios brasileiros, os valores de  $\text{N-NO}_3^-$  são em geral superiores aos rios gaúchos exemplificados e a rios poluídos de São Paulo. Entretanto, concentrações mais elevadas de  $\text{N-NO}_3^-$  nem sempre indicam situação crítica, pois a abundância dessa forma de nutriente nitrogenado está associada à disponibilidade de oxigênio dissolvido na água, ou seja, pode indicar capacidade de autopurificação do rio. Porém, se o curso do rio sofre barramentos ou convergir para estuários amplos e de baixa turbulência, excessos de  $\text{N-NO}_3^-$  podem levar à rápida eutrofização (VALIELA *et al.*, 1997), mas esse não é o caso do rio Itajaí-Açu.

Em relação ao  $\text{Si(OH)}_4$  os valores do rio Itajaí-Açu são equivalentes a outros rios brasileiros e europeus, exceto o rio Sena, que apresenta valores muito elevados desse nutriente.

Os valores de nutrientes inorgânicos dissolvidos do rio Itajaí-Açu, em geral, também foram maiores que as médias globais estabelecidas por Meybeck & Helmer (1989). Essa situação em relação aos nutrientes inspira atenção, pois os valores são comparáveis a rios de áreas mais populosas e industrializadas que a bacia do Itajaí-Açu. Por outro lado, é uma situação menos preocupante que a dos rios da bacia do Médio Tietê, onde ocorrem barragens, poluição urbana intensa, hipoxia e não há uma porção final ligada ao oceano para misturar, diluir, dispersar e oxigenar a carga poluidora.

Tabela 30. Dados de concentração média ou típica de diferentes elementos ou poluentes para alguns rios ou bacias do mundo, comparados com dados obtidos para a bacia do baixo Itajaí-Açu no presente trabalho. Os valores são apresentados em intervalos extremos ou em médias globais obtidas em diferentes estudos.

RIO	LOCAL	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NIDT	P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Si(OH) <sub>4</sub>	Pb	Zn	Fe	Cu	Cr	AOX	DBO <sub>5</sub>	MPS	Cla	CF	REFERÊNCIA
		mg.L <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	µg.L <sup>-1</sup>	
Rio Sena (1848)	França					24,4											Livingstone (1963)
Rio Sena (anos 1990)	França	0,025- 0,03	0,5 - 4,7		0,013- 0,035	12 - 89											Meybeck (1998)
Tributários do rio Sena (anos 1990)	França	0,06- 2,4	3,8 - 6		0,03 - 0,7	3,4 - 9,5											Thibert (1994)
Tributários urbanos do rio Sena (anos 1990)	França	3,12- 24,7	0,06 - 4,6		1,1 - 4,5	11,7											Thibert (1994); Cossa <i>et al.</i> (1994)
Rio Fraser (anos 1990)	Canada			0,1 - 0,4	0,005 - 0,03		0,002 - 0,09	0,02 - 0,12	5 - 20				0,05 - 0,3				CMELP (1996)
Rios e lagos diversos (anos 1990)	Suécia												0,02 - 0,2				Asplund & Grimvall, 1991
Bacia do Rio Odra (anos 1990)	Alemanha			2 - 12													Behrendt <i>et al.</i> , 2000
Bacia do Rio Pó (1996)	Italia						0,0002 - 0,0004			0,0005 - 0,003	0,001 - 0,003						Davide <i>et al.</i> , 2003
Rios subárticos (anos 1970)	Canadá e EUA	0,025	0,07 - 0,15		0,002 - 0,01												Meybeck, 1982
Rios temperados (anos 1970)	Europa e Am. do Norte		0,06 - 0,2		0,007 - 0,011												Meybeck, 1982
Rios tropicais (anos 1970)	Am. do Sul e África	0,007- 0,04	0,025 - 0,24		0,002 - 0,024												Meybeck, 1982
Rios não poluídos de região temperada (anos 1970)	Diversos	0,01 - 0,14	0,01 - 0,4		0,001 - 0,015												Meybeck, 1982
Rios não poluídos de região tropical (anos 1970)	Diversos	0,06	0,1 - 0,15		0,005 - 0,02												Meybeck, 1982
Rio Reno em seção poluída (anos 1970)	Holanda	1,96	2,45		0,22												Meybeck, 1982

Tabela 30. Continuação.

RIO	LOCAL	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NIDT	P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Si(OH) <sub>4</sub>	Pb	Zn	Fe	Cu	Cr	AOX	DBO5	MPS	Cla	CF	REFERÊNCIA
		mg.L <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	µg.L <sup>-1</sup>	
Rio Meuse em seção poluída (anos 1970)	Belgica	1,82	3,22		0,23												Meybeck, 1982
Rio Shelt em seção poluída (anos 1970)	Belgica	8,4	0,0		1,2												Meybeck, 1982
Rio Ems em seção poluída (anos 1970)	Alemanha	0,9															Meybeck, 1982
Rio Weser em seção poluída (anos 1970)	Alemanha	0,6															Meybeck, 1982
Rio Po em seção poluída (anos 1970)	Italia	0,25	0,9		0,05												Meybeck, 1982
Rio Sena em seção poluída (anos 1970)	França	1,7	3,9		0,5												Meybeck, 1982
Rio Loire em seção poluída (anos 1970)	França	0,08	1,2		0,05												Meybeck, 1982
Rio Danúbio em seção poluída (anos 1970)	Romênia	0,07	0,65		0,015												Meybeck, 1982
Rio Tâmbisa em seção poluída (anos 1970)	Grã-Bretanha	1,0	9,3		2,5												Meybeck, 1982
Rio Missouri em seção poluída (anos 1970)	EUA	0,2	0,7		0,06												Meybeck, 1982
Rio Magdalena em seção poluída (anos 1970)	Colômbia		0,24		0,06												Meybeck, 1982
Rio Paraná em seção poluída (anos 1970)	Argentina	0,2	0,3		0,07												Meybeck, 1982
Rio Ganges em seção poluída (anos 1970)	Índia	0,15	0,2		0,05												Meybeck, 1982
Rio Amarelo em seção poluída (anos 1970)	China	0,01	1,9		0,01												Meybeck, 1982
Rio San Juan e Santa Catarina (1995-1996)	Mexico	0,15	1,6						0,36		0,02		3,4	732		110000	Laureano & Nívar, 2002
Rio Mississippi (1959), foz	EUA						0,004 - 0,01	0		0,07 - 0,7	0,03 - 0,8						Durum & Haffty, 1961

Tabela 30. Continuação.

RIO	LOCAL	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NIDT	P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Si(OH) <sub>4</sub>	Pb	Zn	Fe	Cu	Cr	AOX	DBO5	MPS	Cla	CF	REFERÊNCIA
		mg.L <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	µg.L <sup>-1</sup>	
Rio Mississippi (1984), foz	EUA							0,0002		0,0015	0,00007						Meybeck & Helmer, 1989
Rio Reconquista (1994)	Argentina	0,7 – 11	1,3 – 2,4	8,8	1,6 – 5,1								6,1 – 43	750 – 940	29 – 34		Castañé et al., 1998
Vários rios (1947-1988)	Latvia		0,01 – 9,8		0,001 – 0,6	0,1 – 7,2								80 – 1090			Tsirkunov et al., 1991
Rio Jaboatão (1998-1999)	SP-Brasil		0,005 – 0,35										1 – 590	10 – 21000		0 – 160000	Souza & Tundisi, 2003
Rio Pardo (1995-1996)	SP-Brasil				0,5 – 7,5				0,6 – 5,06				1 – 10,5			100 – 470000	Silva & Sacomani, 2001
Rio Paraíba do Sul (1992-2001)	SP-Brasil	0,06-0,19	0,13-0,36										2				CETESB, 2003
Rio Piracicaba (1992-2001)	SP-Brasil	0,32-1,06	0,32-1,46										2,5-6,7				CETESB, 2003
Rio Paraíba do Sul (2002)	SP-Brasil	0,02-0,94	0,13-0,52										2				CETESB, 2003
Rio Piracicaba (2002)	SP-Brasil	0,25-1,58	1,1-2,02										3-12				CETESB, 2003
Rio Tietê (1992-2002)	SP-Brasil	0,01-0,22	0,27-1,2										35-62				CETESB, 2003
Rio Tietê (2002)	SP-Brasil	0,22-3,66	0,3-3,9										22-53				CETESB, 2003
Rio Paraíba do Sul (2003)	SP-Brasil	0,06-0,19	0,04-0,18										1-2			150-12000	CETESB, 2004
Rio Piracicaba (2003)	SP-Brasil	0,25-2,2	0,8-1,6										3-11			2700-380000	CETESB, 2004
Rio Tietê (2003)	SP-Brasil	0,04-11	0,2-0,4					0,1-1		0,03-0,15			3-42			48-3600000	CETESB, 2004
Rio Paraíba do Sul (2004)	SP-Brasil	0,11-0,30	0,3-0,8				0,02	0,01-0,03	0,5-4,7	0,02			0,5-4,2		0-1,9	700-240000	CETESB, 2005
Rio Piracicaba (2004)	SP-Brasil	0,6-0,9			0,06-0,14			0,03-0,08	1,4-4,3	0,01-0,02			5-9			79000-700000	CETESB, 2005
Rio Tietê (2004)	SP-Brasil	3,4-24	0,8-13					0,04-0,37	2-30	0,02-0,1			16-46		0-8	230-14000	CETESB, 2005

Tabela 30. Continuação.

RIO	LOCAL	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NIDT	P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Si(OH) <sub>4</sub>	Pb	Zn	Fe	Cu	Cr	AOX	DBO5	MPS	Cla	CF	REFERÊNCIA
		mg.L <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	µg.L <sup>-1</sup>	
Rio Jacuí (1994-1996)	RS-Brasil	0,09- 0,3	0,05- 1,11		0,05- 0,13			0,014- 0,09	0,88- 4,78	0,006- 0,009	<0,005		0,2- 2,1			4-180000	Faria & Lersch, 2001
Delta do rio Jacuí (1994-1996)	RS-Brasil	0,11- 0,37	0,15- 1,12		0,03- 0,14			0,009- 0,078	0,9- 6,0	0-0,008	0-0,005		0,1- 3,2			13-5000	Faria & Lersch, 2001
Rio Cai (1994-1996)	RS-Brasil	0,07- 0,47	0,11- 1,58		0,04- 0,26			0,009- 0,148	0,38- 4,72	0,004- 0,012	0-0,01		0,1- 2,7			13-23000	Faria & Lersch, 2001
Rio Gravataí (1994-1996)	RS-Brasil	0,28- 8,06	0,06- 0,78		0,21- 2,06			0,016- 0,137	0,79- 4,37	0,006- 0,013	0,005- 0,006		1,8- 17,6			8000- 206000	Faria & Lersch, 2001
Rio dos Sinos (1994-1996)	RS-Brasil	0,09- 3,95	0,04- 0,97		0,09- 0,47			0,014- 0,183	0,49- 3,35	0,004- 0,092	0,005- 0,012		0,2- 5,7			500-230000	Faria & Lersch, 2001
Arroio Boa Vista (1992 - 1993)	RS-Brasil		2,16 - 5,7		0,23 - 2,36								2,1 - 17,7	80 - 265			Lobo <i>et al.</i> , 1995
Rio Camboriú (1998)	SC-Brasil	0,03 - 0,9	0,04 - 0,09	0,05 - 1,04	0,004 - 0,1	0,4 - 5,9									4,1 - 22,8		Pereira-Fo <i>et al.</i> , 2001
Rio Itajaí-Açu (2000- 2001)	SC-Brasil	0,07 - 0,85		0,1 - 2,2	0,003 - 0,06	0,08 - 4,4											Pereira-Fo. <i>et al.</i> , 2003
Rio Itajaí-Açu (1996)	SC-Brasil	0,25	0,5	0,035		1,5								250	0,8		Schettini <i>et al.</i> , 1998
Ribeirão Schneider (2004)	SC-Brasil	0,03 - 6,9	0 - 0,08	0,03 - 7	0,006 - 1,07	0,4 - 2,25						0,23 - 0,72	1,5 - 80		0,02 - 0,5	5000 - 2400000	Rörig <i>et al.</i> , submetido Meybeck & Helmer, 1989
Média global em rios	-	0,015	0,1		0,01	5	0,00004 - 0,01	0,0002 - 0,038		0,002 - 0,012	0,0001 - 0,01			150			
Rio Itajaí-Açu (NESTE TRABALHO)*	Brasil	0,01 - 3,49 (0,32)	0,07 - 2,12 (0,66)	0,06 - 4,01 (0,92)	0,01 - 0,19 (0,05)	0,04 - 8,3 (2,95)	0,001 - 0,044 (0,0025)	0,001 - 0,66 (0,03)	0,98 - 9,1 (1,73)	0,001 - 0,139 (0,01)	0,001 - 0,025 (0,002)	0,011 - 1,22 (0,18)	0,2- 6,5 (1,84)	0,82 - 608 (44,1)	0,01 - 1,22 (0,21)	10 - 16000 (1700)	-

\* Valores extremos (mínimo e máximo) e média entre parênteses.

Em relação aos metais analisados os intervalos de valores para chumbo e zinco são similares aos encontrados nos rios Mississippi (EUA) e Fraser (Canadá), que são rios com vazão e tamanho de bacia muito maiores que os do Itajaí-Açu. No caso de rios brasileiros, o intervalo encontrado para o zinco no rio Itajaí-Açu foi mais amplo, mas o valor médio enquadra-se nos intervalos observados para os rios poluídos de São Paulo e Rio Grande do Sul. O principal destaque em relação aos metais refere-se ao cobre, pois tanto o intervalo de valores quanto o valor médio encontrado no Itajaí-Açu foram mais elevados que os rios gaúchos exemplificados e similares aos rios fortemente poluídos de São Paulo (Tietê, Piracicaba). Na comparação com a média global para rios, os valores encontrados no presente trabalho foram em geral similares ou menores, mostrando que os metais parecem não ser um problema de destaque na bacia do Itajaí-Açu. Por fim, vale ressaltar que os dados de metais obtidos da literatura para essa comparação foram escassos, pois poucos trabalhos analisam a concentração de metais totais, ou seja, o somatório entre as frações dissolvida e particulada, como foi feito no presente trabalho.

Para AOX só foram resgatados dados para o rio Fraser, no Canadá e rios suecos, pois essa variável ainda é pouco utilizada em programas de monitoramento, especialmente no Brasil, onde só é determinada por algumas indústrias e em sistemas de monitoramento do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Na Alemanha, essa variável é comum em programas de monitoramento de bacias hidrográficas, mas os dados são de disponibilidade restrita. Os valores máximos encontrados no presente trabalho foram superiores aos máximos encontrados no rio Fraser e rios suecos, indicando situação de risco. Entretanto, o valor médio foi levemente inferior e poucas vezes os resultados ultrapassaram o limite de 1 mg.L<sup>-1</sup> adotado por vários países.

Em relação a  $DBO_5$  o rio Itajaí-Açu mostrou-se pouco carregado, tendo um intervalo de variação comparável a rios poluídos e caudalosos do Sistema Guaíba, no Rio Grande do Sul (Rios Caí, Sinos e Jacuí), mas bem inferiores aos registrados em córregos urbanos. Quando comparado com os rios Tietê e Piracicaba as diferenças são pronunciadas, com esses rios paulistas apresentando valores até 25 vezes maiores. Entretanto, os valores foram similares aos verificados para a bacia do Paraíba do Sul, que tem dimensões equivalentes à bacia do Itajaí-Açu.

No caso da clorofila-a, apesar de haverem poucos dados para comparação, os valores foram também baixos. Destaca-se que o rio Reconquista, na Argentina, assim como o Tietê em São Paulo são rios em processo de eutrofização, apresentando também um caráter mais lântico, daí seus elevados valores de clorofila-a. É interessante observar também que o rio Camboriú, que desemboca ao mar há cerca de 10 km ao sul do rio Itajaí-Açu, apresentou valores de clorofila-a bem mais elevados que os verificados para o Itajaí-Açu, mesmo se forem tomados os valores para a área estuarina do Itajaí-Açu. As maiores dimensão e vazão do rio Itajaí-Açu, gerando maior turbidez e turbulência, parecem limitar o crescimento fitoplanctônico (SCHETTINI *et al.*, 1998; RÖRIG *et al.*, 2003), processo que não é tão intenso no rio Camboriú, onde tipicamente ocorre um “bolsão” de clorofila-a próximo a sua embocadura (PEREIRA Fo, *et al.*, 2001).

Por fim, os valores típicos de coliformes fecais no rio Itajaí-Açu, foram baixos quando comparados a outros rios brasileiros em locais com intensa urbanização. O intervalo de valores foi similar aos encontrados em áreas menos urbanizadas do Delta do Jacuí, no Rio Grande do Sul, mas bem inferior aos rios mais poluídos de São Paulo (Tietê e Piracicaba), o que reflete claramente o maior estresse populacional desses rios que recebem esgotos da megalópole de São Paulo, além de outras grandes cidades paulistas.

Para simplificar as comparações de qualidade entre importantes rios do sudeste e sul do Brasil, compilaram-se os dados de IQA (índice de qualidade da água) de alguns deles. A tabela 31 apresenta valores médios ou qualificações predominantes de IQA para rios de São Paulo e Rio Grande do Sul, além do valor médio obtido para o rio Itajaí-Açu, excluindo-se o ponto branco (estação #0).

Tabela 31. Índices de qualidade de água (IQAs) médios para alguns rios do sudeste e sul do Brasil, comparados com o valor médio global obtido para o Baixo Itajaí-Açu. Dados obtidos em CETESB (2003, 2004) e Bendatti *et al.* (2003).

Rio	Unidade hidrográfica	Período	IQA
Paraíba do Sul	Bacia do Paraíba do Sul - SP	2002	54 (Regular)
Piracicaba	Bacia do Piracicaba - SP	2002	40 (Ruim)
Tietê	Bacia do Alto Tietê - SP	2002	51 (Regular)
Paraíba do Sul	Bacia do Paraíba do Sul - SP	2003	55 (Regular)
Piracicaba	Bacia do Piracicaba - SP	2003	35 (Ruim)
Tietê	Bacia do Alto Tietê - SP	2003	56 (Regular)
Gravataí	Sistema Jacuí – Guaíba – RS	1998 – 2000	Ruim/Péssimo*
Sinos	Sistema Jacuí – Guaíba – RS	1998 – 2000	Ruim*
Caí	Sistema Jacuí – Guaíba – RS	1998 – 2000	Regular*
Jacuí	Sistema Jacuí – Guaíba – RS	1998 – 2000	Bom*
Itajaí-Açu	Bacia do Itajaí – SC	2004	60 (Regular)

\* Qualificação predominante do IQA (dados numéricos não disponíveis).

O valor médio geral de IQA obtido para o rio Itajaí-Açu foi superior ao dos rios Paraíba do Sul, Piracicaba e Tietê (SP) e com qualificação melhor que os rios Gravataí e Sinos (RS). A diferença de valor com o Paraíba do Sul em 2003 não foi muito grande, indicando similaridade na qualidade global da água desses rios. O valor médio obtido para o rio Tietê em 2003 também foi similar, mas alguns setores desse rio mostraram valores muito baixos de IQA, com qualidade péssima, o que restringe a validade dessa média global. Entre os exemplos compilados na tabela 31 somente o rio Jacuí apresentou qualidade superior ao Itajaí-Açu. O rio Jacuí é um dos maiores rios do Rio Grande do Sul,

sendo o principal formador do Sistema Guaíba – Lagoa dos Patos. Suas dimensões e vazão são, portanto, bem superiores às do rio Itajaí-Açu, o que explica a qualidade superior apesar da veiculação de altas cargas poluidoras.

Apesar de bastante restrita, a comparação aqui realizada foi útil para evidenciar que a qualidade da água do rio Itajaí-Açu é equivalente a vários rios de grande porte e com grau elevado de poluição, especialmente em termos de alguns nutrientes, metais e de AOX. Porém, ainda não são registradas concentrações de poluentes tão elevadas quanto as dos rios mais poluídos do estado de São Paulo, onde a carga orgânica, especialmente, é tão elevada que altera inclusive o metabolismo dos rios, gerando setores ou situações hipóxicas ou mesmo anóxicas (UNEP-IETC, 2001). Para comparações mais precisas e informativas seria fundamental que fossem organizados bancos de dados de qualidade da água de diferentes rios brasileiros, considerando-se também aspectos hidrológicos e do uso da terra nas bacias hidrográficas, aos moldes do que já é realizado pela CETESB no estado de São Paulo. Determinadas concentrações de poluentes em rios com vazões diferentes e bacias de tamanhos diferentes podem ter significados totalmente diferentes numa abordagem de avaliação da qualidade da água ou dos riscos de seu comprometimento. A associação de parâmetros diversos de qualidade de água, como os índices de qualidade, e de risco, como o estresse populacional, intensidade de urbanização e o déficit de mata ciliar permite uma avaliação mais dinâmica e fornece mais elementos para a gestão integrada das bacias hidrográficas.

#### **5.2.5. O risco das fontes poluidoras**

Se por um lado, as concentrações de poluentes e os níveis de toxicidade aguda das águas superficiais do rio Itajaí-Açu não mostraram uma situação tão crítica quanto os rios

fortemente poluídos de São Paulo e de países mais industrializados, por outro, a análise de exemplos de fontes poluidoras típicas da bacia mostrou uma situação de risco. O agrupamento dessas fontes em 5 categorias principais foi bastante informativo e discriminante. Rios e córregos em zona rural mostraram ser menos impactantes (e impactados), mas evidenciaram as alterações típicas do uso agrícola da terra. Rios e córregos em zona urbana, por outro lado, mostraram como a atividade humana pode alterar significativamente ecossistemas aquáticos quando o processo de urbanização não planejado se desenvolve. Os esgotos domésticos, normalmente caracterizados por apresentarem alta carga orgânica e nutricional, mostraram riscos que vão muito além da eutrofização. Em relação às indústrias, as químicas e similares, como seria esperado, revelaram potenciais poluidores elevados, mesmo em efluentes de unidades que dispõem de sistema de tratamento. Porém, talvez a maior surpresa tenha sido o impacto potencial das indústrias alimentícias e de processamento de pescado, cujos efluentes foram tóxicos e mostraram a presença significativa de substâncias que não necessariamente se esperava encontrar nos mesmos.

Algumas características dessas fontes poluidoras merecem ser destacadas. No caso do pH, que mostrou uma tendência à neutralidade, mas valores maiores para efluentes de indústrias químicas, é importante explicar que nessa categoria estão incluídas as indústrias têxteis, muito importantes no Médio Vale do Itajaí, e cujos efluentes tendem a apresentar pH elevado devido ao uso de bases fortes no processamento.

No caso da condutividade, o maior valor médio obtido para as indústrias de processamento de pescado deve estar relacionado tanto ao uso eventual de sal no processamento, quanto à liberação de outros fluidos oriundos do cozimento do pescado, os quais, na maioria, não são tratados nessas indústrias, ou são tratados de forma ineficiente.

A turbidez, maior nos rios e córregos rurais, evidenciou a influência da agricultura, que faz aumentar a erosão nas áreas rurais e, conseqüentemente, aumentar a turbidez nos cursos de água.

O padrão para oxigênio dissolvido esteve relacionado com a quantidade de matéria orgânica nas diferentes fontes poluidoras. Os valores não muito baixos nos efluentes industriais provavelmente se devem à oxigenação causada ou por processos de tratamento aeróbios ou pelo fluxo em cascata da maioria das tubulações dessas empresas.

A temperatura, que foi maior nos efluentes industriais, reflete a presença de calor residual das operações de processamento industrial.

As concentrações surpreendentemente altas de surfactantes em efluentes de indústrias de pescado devem estar relacionadas a operações de limpeza das linhas de processamento nessas indústrias. Segundo alguns operadores de estações de tratamento de efluentes dessas indústrias, o uso de detergentes e desinfetantes é comum no processamento das mesmas e causa quedas abruptas na eficiência de operações biológicas de tratamento, especialmente quando são realizadas limpezas mais extensivas das linhas de produção (Eng. M. Ballester, Empresa Pepsico S.A., comunicação pessoal). A necessidade de higiene nessas unidades de processamento de indústrias alimentares acaba por acrescentar “efeitos colaterais” aos seus efluentes.

Em relação a DQO, obviamente alta em efluentes domésticos e industriais, ressalta-se que no caso das indústrias de processamento de pescado, os valores elevados são provavelmente devidos à grande quantidade de gorduras (óleos e graxas) oriundos principalmente das vísceras e do cozimento do pescado, já que, como dito anteriormente, poucas indústrias pesqueiras têm tratamento adequado de efluentes. Um detalhe importante a ser levado em consideração é que a presença de sangue nesses efluentes, oriundos

principalmente do processamento de atuns, causa consumo adicional de oxigênio tanto na análise de DQO como de DBO<sub>5</sub>, devido à alta concentração de ferro dos pigmentos sanguíneos, o qual sofre oxidação intensa.

As indústrias têxteis sabidamente utilizam compostos clorados (AOX) em seu processamento, porém, no caso das indústrias de processamento de pescado a origem dos compostos clorados, assim como dos surfactantes, deve estar em operações de limpeza. Já para o caso de esgotos domésticos e córregos urbanos, a origem deve ser o cloro residual da água e o uso doméstico de desinfetantes clorados que, ao reagirem com a matéria orgânica formam AOX. Não pode ser desprezado, por fim, o valor médio para AOX em torno de 0,2 mg.L<sup>-1</sup> observado para rios e córregos rurais, o qual deve estar relacionado ao uso de agrotóxicos clorados e fontes naturais de AOX.

Em relação aos metais pesados, o aspecto mais surpreendente foi a concentração relativamente alta de cobre e cromo nos efluentes de indústrias de processamento de pescado. Não está clara a origem desses níveis mais elevados, o que sugere uma investigação direcionada.

A toxicidade aguda da maior parte dos esgotos domésticos e efluentes industriais evidencia de forma categórica o risco das fontes poluidoras da bacia do Baixo Itajaí sobre a qualidade das águas e, conseqüentemente, sobre a ecologia das diferentes seções de rio analisadas. Apesar de ser esperado efeito tóxico em efluentes têxteis, todas as indústrias desse ramo analisadas apresentavam estações de tratamento de efluentes. Isso expõe um aspecto preocupante: os efluentes, mesmo que normalmente se enquadrem nos limites permitidos de diferentes poluentes, apresentam resíduos tóxicos. Apesar da existência de uma Portaria estadual em Santa Catarina exigindo testes de toxicidade sobre os efluentes

industriais, pouquíssimas indústrias executam os mesmos, mostrando, por um lado, avanço na legislação, mas por outro, ineficiência na execução das leis e normas.

A toxicidade mostrada pelos esgotos domésticos, por sua vez, reforça a idéia de que esses efluentes tendem a ser misturas complexas de compostos altamente tóxicos, inclusive com possibilidade de sinergismo. Hoje, cerca de 30.000 substâncias perigosas estão presentes em esgotos domésticos e pouco se sabe sobre sua toxicidade e destino nos ambientes aquáticos (PALMQUIST & HANÆUS, 2004).

Um outro aspecto a ressaltar dos resultados dos ensaios ecotoxicológicos realizados é que a microalga *Skeletonema costatum*, de maneira geral, foi o organismo-teste mais sensível para detectar toxicidade das fontes poluidoras. Infelizmente, a Portaria nº17/2002 da FATMA – SC só exige testes com *Vibrio fischeri* e com *Daphnia magna*, que mostraram-se menos sensíveis à tipologia de poluição da bacia do Itajaí. Esses resultados devem ser considerados em eventuais revisões dessas normativas estaduais ou regionais, especialmente porque é fundamental que se realizem testes ecotoxicológicos com diversos níveis tróficos, já que cada nível apresenta peculiaridades fisiológicas e pode indicar riscos específicos de poluentes sobre a qualidade da água e sobre a ecologia aquática (CHEUNG *et al.*, 1997; JANSSEN, 1998).

Na nova Resolução do CONAMA (nº 357, 2005), além da referência a limites para substâncias e ausência de toxicidade, estão previstos aspectos de diluição dos efluentes pela hidrodinâmica do corpo receptor. A verificação de toxicidade nos efluentes e não nas amostras de água superficial certamente está indicando um efetivo potencial de diluição ou neutralização dessa toxicidade pelo rio, mas dois aspectos devem ser lembrados em relação a isso: (1) não foram realizados testes de toxicidade crônica com as amostras de água; e (2) as taxas de crescimento populacional e as conseqüentes taxas de crescimento industrial na

região, que são muito elevadas em alguns casos, sugerem um incremento de impactos no que se refere ao lançamento de efluentes tóxicos no rio Itajaí-Açu. Esse fato deve ser levado em consideração pelos órgãos gestores na definição de critérios de uso da água e de restrições no potencial poluidor de efluentes industriais e domésticos na bacia.

O Capítulo IV da Resolução CONAMA n° 357/2005, que trata das condições e padrões de lançamento aponta que os empreendimentos poluidores deverão realizar *estudo da capacidade de suporte de carga do corpo de água receptor*. Esse estudo deve ser local, ou seja, devem ser avaliadas as condições à montante e após a zona de mistura do efluente. Assim, as análises realizadas pelo presente estudo, mostrando concentrações não tão alarmantes de poluentes nas águas superficiais, não são suficientes para comprovar a ausência de risco das cargas poluidoras das diferentes indústrias e demais fontes. Quando se observam os resultados das análises preliminares das fontes poluidoras (Anexo 22), verifica-se que não há desconformidades nas concentrações de poluentes analisados no presente estudo, porém, dos 26 elementos diversos que apresentam padrões para lançamento na resolução CONAMA n° 357, somente 3 foram analisados (cádmio total, chumbo total, cromo total e zinco total). Por outro lado, algumas variáveis analisadas no presente estudo não têm limites apontados na resolução (AOX, surfactantes, DQO, cobre total). De qualquer maneira, aquela resolução aponta que o *efluente não deverá causar ou possuir potencial para causar efeitos tóxicos aos organismos aquáticos no corpo receptor, de acordo com os critérios de toxicidade estabelecidos pelo órgão ambiental competente*. Nesse aspecto, várias fontes poluidoras estão em desconformidade, haja vista seus elevados níveis de toxicidade (Tabelas 20, 21 e 22), que ultrapassam os limites estabelecidos pelo órgão ambiental regional (Portaria n°17/2002 da FATMA).

Um importante aspecto a considerar ainda sobre as fontes poluidoras é que, como verificado, nas áreas densamente urbanizadas, os córregos ou ribeirões praticamente assumem características de esgoto bruto. Tal fato amplia o risco ecológico para um risco de caráter sanitário, pois os ribeirões são os corpos de água com os quais mais diretamente as populações entram em contato. Com a vazão limitada pela canalização e recebendo grandes descargas de esgoto doméstico, esses ribeirões acabam por ser os dispersores de doenças de veiculação hídrica, que afetam dezenas de milhares de pessoas na Bacia do Itajaí e milhões no Brasil inteiro.

### **5.3. Dinâmica dos nutrientes e de outros elementos**

O suprimento normalmente crescente de nutrientes ao longo do *continuum* fluvial afeta a produtividade biológica das áreas à jusante, inclusive da zona costeira adjacente. As particularidades naturais do ecossistema fluvial e da bacia de drenagem, bem como as alterações antropogênicas sobre os mesmos influenciam esse suprimento de nutrientes e de outros materiais, fazendo com que o balanço de substâncias numa bacia hidrográfica seja complexo e variável no tempo e no espaço.

Embora rios e córregos inquestionavelmente transportem grandes quantidades de materiais “rio abaixo”, elementos reativos biologicamente são ciclados repetidamente durante sua passagem (ALLAN, 1996). Essa ciclagem é governada por um complexo e interdependente conjunto de processos físicos, químicos e biológicos. Entre esses processos, destacam-se: a adsorção, a floculação, a precipitação química, a assimilação, excreção e decomposição biológicas, o intemperismo sobre a base geológica e a influência de entradas externas de materiais como o escoamento, a precipitação atmosférica e eólica e o *spray* marinho. Alguns desses processos retiram materiais do fluxo líquido e outros

adicionam ou transformam. As alterações antropogênicas interagem com praticamente todos esses processos, de forma que hoje é impossível, em relação à maioria das grandes bacias hidrográficas do mundo, estudar e compreender a ecologia fluvial sem uma atenção detalhada sobre os usos da terra e demais interferências humanas (NILSSON *et al.*, 2003; BRASHER, 2003; FITZHUGH & RICHTER, 2004).

No presente trabalho, verificou-se, através de diversas abordagens, que os padrões de uso da terra e o efeito de dois componentes ambientais principais – a descarga fluvial e a influência marinha – são os forçantes mais efetivos no controle do balanço de substâncias. Todavia, quando as análises integraram tanto nutrientes e variáveis físico-químicas gerais, como variáveis indicadoras de poluição mais específicas, um fator emergente sobrepujou as variáveis forçantes de escoamento (vazão e chuva): o incremento de fontes poluidoras e de acúmulo de materiais na água que se dá no sentido proximal-distal do trecho de rio estudado. Diversos autores, tanto em trabalhos clássicos como de abrangência mais regional, estabelecem essas tendências como típicas em bacias hidrográficas (ALLAN, 1996; CALLOW & PETTS, 1994; MARGALEF, 1983; MEYBECK, 1982). Chamam a atenção, de qualquer maneira, essas situações em que os nutrientes inorgânicos dissolvidos não mostraram relação direta com pluviosidade e/ou vazão. Berner & Berner (1987) apontam que, diferentemente do que ocorre em rios temperados, rios tropicais são mais pobres em nutrientes em função da pluviosidade excessiva nas suas bacias, que faz com os solos sejam historicamente muito lixiviados, estando a maior parte dos nutrientes fixados na biota terrestre. Nas bacias de clima temperado, a pluviosidade é menos intensa e mais definida sazonalmente, o que permite acúmulo de nutrientes no solo antes do transporte de grande parte desses estoques, não retidos na biomassa. Esses autores também consideram a participação de diferenças geológicas entre áreas tropicais/subtropicais e áreas temperadas

do planeta. Entretanto, Omernik (1977), em um estudo envolvendo 900 bacias hidrográficas de diversas províncias geológicas e climáticas estadunidenses, não encontrou relação entre a classificação geológica e concentrações de nutrientes inorgânicos dissolvidos.

Quando são observados os fatores de incremento (FIs), obtidos para os diferentes elementos analisados nesse trabalho, os processos interferentes no balanço ou dinâmica de materiais são melhor visualizados do que ao observar-se apenas os gráficos de distribuição espacial ou temporal das concentrações dos mesmos. Em relação aos nutrientes observa-se, por exemplo: (a) incremento/acumulação para  $N-NH_4^+$ , relacionado ao aumento de entradas e à provável diminuição da oxidação, devido à redução gradual das concentrações de oxigênio dissolvido; (b) diminuição brusca dos fatores de incremento de  $P-PO_4^{3-}$  nas estações sob influência da salinidade, indicando adsorção, floculação e sedimentação; e (c) uma relativa manutenção dos fatores de incremento de  $Si(OH)_4$  ao longo de todo o trecho estudado, indicando uma certa “indiferença” das concentrações desse elemento em relação aos processos ocorrentes ao longo do *continuum* fluvial. A situação (a) evidencia a importância dos aportes urbanos; a situação (b) mostra a interferência da salinidade marinha na extremidade distal do trecho de rio estudado e a situação (c), de explicação mais difícil, pode estar evidenciando independência desse nutriente em relação aos processos de ciclagem química e biológica ocorrentes ao longo do rio. Ou seja, diferentes elementos reagem de forma diversa aos condicionantes ambientais ocorrentes ao longo do rio. Essa situação, mais uma vez, expõe a complexidade inerente ao estudo da ecologia e biogeoquímica de rios, explicando, em parte, a dificuldade de explicações categóricas e uniformes para os cenários detectados em cada estação e na seção de rio como um todo.

Quando observados os fatores de incremento das variáveis biológicas ou indicadoras de biomassa de organismos vivos (clorofila-a), também se verifica a atuação de

processos diferenciados. Bactérias totais e picoplâncton fototrófico incrementam até a estação #8, mostrando um gradiente relacionado ao eixo proximal-distal, com redução na extremidade distal (#9) relacionada aos processos de diluição ou estresse osmótico provocados pela influência marinha. Os coliformes fecais, que mostraram picos nas áreas com mais intensa urbanização e níveis bem menores de incremento em áreas mais distantes dos centros urbanos, explicitam o efeito agudo e, em geral mais localizado, das descargas urbanas. Por fim, a clorofila-a, que manteve incrementos estáveis até a estação #7 e um grande incremento na estação #8, evidencia a limitação que, em geral, ambientes fluviais apresentam ao desenvolvimento de comunidades planctônicas. Os demais elementos em que foram gerados fatores de incremento também evidenciam padrões não necessariamente únicos de incremento ou redução, mas sim situações locais, relacionadas com o uso da terra e com a tipologia de poluente preponderante.

Como várias abordagens e variáveis evidenciaram (estresse populacional, IRQA, % de urbanização etc.) a densidade populacional exerce forte influência na entrada de materiais ao longo do trecho de rio estudado. Peierls *et al.*, (1991), por exemplo, verificaram que a densidade populacional nas 42 maiores bacias hidrográficas do mundo, explicou 76% da variação da concentração média anual de  $N-NO_3^-$ . Em algumas bacias há um incremento contínuo da densidade populacional de montante para jusante. Mas no caso da bacia do Itajaí-Açu, ocorrem aglomerados urbanos localizados, seguidos de regiões com baixa urbanização e novamente aglomerados maiores. Tal situação permite, por exemplo, entre Blumenau e Ilhota (estações #3a e #6), através da visualização da distribuição espacial das variáveis indicativas de poluição/contaminação, que o rio Itajaí-Açu tem um considerável potencial de autodepuração. O interessante dessa constatação é que, ao contrário do que se supunha, o rio Itajaí-Açu parece não chegar severamente comprometido

na região da foz (Itajaí/Navegantes), quando recebe novas e intensas cargas poluidoras. Ou seja, seria eficaz, do ponto-de-vista da melhoria geral da qualidade da água do rio e da zona costeira adjacente, o investimento em tratamento de esgotos nas cidades distais do rio, sem, necessariamente, executar em paralelo ações similares nas cidades mais à montante. Isso não significa, obviamente, que tais cidades de montante não devam investir em tratamento de esgotos, mas sim que o argumento de que tratar esgotos em áreas mais à jusante sem tratar antes em áreas à montante seria ineficaz, não é totalmente válido. Algumas autoridades locais e técnicos defendem esse argumento, dizendo que antes das cidades distais, as cidades à montante deveriam tratar seus esgotos.

O exercício ilustrativo que gerou as razões entre a estimativa de carga aportada e a estimativa pela contribuição de escoamento e cargas poluidoras populacionais (razão ECA : CSP; Tabela 25 e Figura 40) também foi útil na compreensão da dinâmica de materiais ao longo do trecho de rio estudado. Apesar das generalizações assumidas nesses cálculos, eles mostraram que, exceto para coliformes fecais, as concentrações de materiais diversos encontradas nas águas das várias estações amostrais, quando multiplicadas pela vazão ou descarga fluvial, são mais elevadas do que as estimativas oriundas das contribuições populacionais e de escoamento. Evidentemente, se for considerado que essas estimativas são próximas da realidade, isso indica que existem outras fontes contribuintes além das utilizadas no cálculo das CSPs. Tais fontes, no contexto das atividades antropogênicas, poderiam ser as indústrias e as atividades agropecuárias, que têm particularidades em cada local. Entretanto, não podem ser descartadas as contribuições atmosféricas, também não consideradas no cálculo das CSPs, que são significativas quando se consideram bacias hidrográficas extensas, com grande razão superfície : volume e alta pluviosidade (BRAWLEY *et al.*, 2000). Estimativas sobre deposição atmosférica na região de Boston

(EUA) resultaram, por exemplo, em valores de  $16 \text{ kg N ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$  (VALIELA *et al.*, 1997), que é mais do que a média global para esse mesmo elemento no escoamento urbano, de cerca de  $10 \text{ kg N ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$  (OWENS, 1970). A deposição atmosférica é consistente através de todos os tipos de usos da terra, mas sofre perdas ou retenções diferenciadas na superfície da bacia hidrográfica e nos aquíferos, em função do tipo de cobertura ocorrente. Na verdade é difícil discriminar no balanço geral de substâncias escoadas numa bacia hidrográfica a fração oriunda do solo e a de origem atmosférica, uma vez que ambas acabam sendo veiculadas aos rios principalmente pela chuva. Outro aspecto a considerar é que a maior parte das estimativas de contribuição por escoamento aqui consideradas são oriundas de dados de regiões temperadas. Apesar de os solos em áreas tropicais serem, em geral, menos concentrados em nutrientes do que os solos de áreas temperadas (ALLAN, 1996), a carência de dados experimentais sobre concentração de nutrientes em escoamento de regiões tropicais ou subtropicais não permite concluir com certeza sobre essa tendência. Tal fato chama a atenção para um detalhamento em estudos de fontes não-pontuais de poluição, não só na bacia do Itajaí, mas em bacias brasileiras em geral, uma vez que são raros os dados e estudos direcionados a essas contribuições. É de se esperar que, com o descuido geral que se tem no Brasil para com o derrame e escoamento de materiais tanto em zonas urbanas como rurais, as concentrações de elementos poluentes no escoamento ultrapassem realizadas em países onde a legislação é mais rígida e executada e o controle das emissões e derrames de materiais é mais eficiente.

As maiores razões ECA : CSP médias foram obtidas justamente para  $\text{N-NO}_3^-$  e  $\text{P-PO}_4^{3-}$ , os principais nutrientes utilizados na agricultura. Não pode ser descartada aqui a importante contribuição desses nutrientes oriunda do escoamento rural sobre as plantações de arroz e milho, que utilizam quantidades elevadas de adubos. Poucos agrossistemas

brasileiros utilizam tantos insumos quanto o arroz irrigado do sul do Brasil, que é responsável pela maior produtividade do mundo nessa cultura (SOSBAI, 2003).

As menores razões ECA : CSP médias foram obtidas para os metais cobre e chumbo e para coliformes fecais. Ou seja, as estimativas baseadas em densidade populacional e em escoamento rural e urbano para esses elementos aproximaram-se mais das estimativas baseadas em dados reais para a região. Isso estaria indicando, entre outras possibilidades, que tais elementos têm, relativamente a outros considerados, uma menor relação com fontes atmosféricas e fontes industriais particulares da região. O caso dos coliformes fecais, que foram a única variável com valor ECA : CSP menor que 1, deve ser analisado a parte. Sendo organismos vivos e quantificados apenas quando viáveis, é plausível que as estimativas por carga de escoamento e QPC sejam maiores, pois uma vez no ambiente aquático os coliformes tendem a decair relativamente rápido, o que gera valores menores que o esperado nas análises colimétricas.

No contexto geral de todos os elementos considerados nos cálculos de razão ECA : CSP, as estações #2 e #7 foram as que mostraram menores valores, aproximando estimativas baseadas em dados reais das geradas por densidade populacional e escoamento. O que essas estações e suas áreas de contribuição têm em comum são a grande proporção de área de *vegetação rasteira* e o elevado *déficit de mata ciliar*. Porém, enquanto a estação #2 tem elevada proporção de *área urbanizada* e baixo *estresse populacional*, a estação #7 tem características opostas para essas variáveis. Em função disso, as explicações para os menores valores de razão ECA : CSP para essas duas estações podem ser diferentes em alguns aspectos, mas evidenciam, por um lado, a boa qualidade das estimativas de escoamento rural (*vegetação rasteira*) baseadas em dados da literatura e, por outro, a capacidade das matas ciliares em interferir no escoamento direto de materiais para a calha

principal do rio. De forma simplificada, o que esses dados podem estar dizendo é que, enquanto nas demais estações encontraram-se concentrações muito maiores de elementos poluentes do que se esperava, nessas duas estações (#2 e #7) a diferença não foi tão grande, o que chama a atenção para investigações mais detalhadas nesses locais no que se refere ao potencial de autodepuração ou retenção de materiais. Essa possibilidade é reforçada quando se observam os fatores de incremento para essas duas estações, que, para vários elementos, estiveram entre as mais baixas nas estações avaliadas.

Ainda em relação a essas diferenças entre ECA e CSP, deve ser considerado, por fim, que essas estimativas foram individualizadas, ou seja, valores de ECA de uma determinada estação foram comparados com valores de CSP para a área de contribuição da respectiva estação. Nas estimativas de ECA para as águas de cada estação há uma considerável fração que vem de montante (contribuição cumulativa) e não apenas da área de contribuição correspondente. Esse aspecto talvez seja o mais importante para explicar a discrepância verificada entre ECA e CSP por estação. Aumentos ou diminuições nessas razões podem ser indicadores da intensidade dos processos ocorrentes em cada área de contribuição e em cada seção de rio entre estações.

Enfim, pode-se dizer que a dinâmica de nutrientes e de outros elementos dissolvidos e particulados no rio Itajaí-Açu é regida por uma série de processos e interferências humanas diferenciadas. A figura 45 tenta contextualizar espacialmente quatro estações típicas e respectivas áreas de contribuição no trecho estudado: (1) a estação/AC#0, com características únicas por representar o ponto branco; (2) estação/AC#U, uma situação com influência urbana como a região de Blumenau; (3) estação/AC#R, uma estação com influência mais rural como a região de Ilhota; e (4) estação/AC#E, uma estação estuarina, com características especiais por sofrer influência marinha. Na mesma figura são

representados os principais processos de “entrada” de materiais e de “saída” de materiais, os quais terão maior ou menor importância dependendo da característica da estação e sua área de contribuição. A Tabela 32 apresenta esquematicamente a importância relativa de cada processo de entrada e saída de materiais em cada estação/AC típica representada na figura 45. Essa importância relativa foi definida em função dos resultados obtidos nesse trabalho e também de informações da literatura, já abordadas ao longo do texto. Nessa ilustração, consideram-se as *entradas* como fatores de impacto sobre a qualidade da água e as *saídas* como fatores que contribuem para a autodepuração do rio. Assim, a visualização esquemática do que supostamente acontece nessas situações típicas, permite concluir algumas tendências: (1) a estação #0 sofre poucos impactos, sendo os processos de autodepuração, por consequência, pouco significativos; (2) a estação #U, tipicamente urbana, recebe muitos impactos de sua área de contribuição, tendo uma capacidade limitada de neutralizar localmente os mesmos (baixa resiliência); (3) a estação #R, tipicamente rural, recebe impactos de montante, além de impactos específicos de sua área de contribuição, mas evidencia a ocorrência de processos de autodepuração relativamente importantes, que teriam atuado no trecho que a antecede. Por fim (4) a estação #E, tipicamente estuarina, mas também urbana, recebe grande quantidade de impactos locais e de montante, mas apresenta condições consideráveis de autodepuração, representadas principalmente pela influência marinha.

Ainda cabe ressaltar que alguns processos de *entrada* referidos (intemperismo, precipitação atmosférica e aerossol marinho), são naturais, não representando impactos antropogênicos, mas contribuindo para o balanço de substâncias nas águas do rio.

Em relação aos processos de *saída* de materiais, todos são naturais, embora suas intensidades, em alguns casos, possam sofrer influência antropogênica. A reaeração

atmosférica, processo em que há entrada de oxigênio para o meio líquido, influenciado basicamente por turbulência e superfície de contato (HARREMOËS *et al.*, 1996), tende a ser maior sob condições de corredeiras (Estação #0) e na região estuarina, que tem maior espelho de água. As perdas para atmosfera incluiriam volatilização de poluentes, desnitrificação, além de outros processos. As perdas para o subsolo estão relacionadas com percolação e retenção de materiais em águas sub-superficiais. Não existem dados locais sobre esses dois últimos tipos de perdas, sendo suas quantificações relativas apenas suposições relacionadas mais à superfície de contato do espelho de água com a atmosfera e com o substrato.

A diluição pela descarga líquida é provavelmente o principal fator de neutralização dos impactos de poluição pelo menos até antes dos limites do estuário. A entrada cumulativa de afluentes e a recarga por aquíferos, especialmente em zonas menos urbanizadas, conseguiria eficientemente reduzir as concentrações de poluentes oriundos das áreas mais urbanizadas. Entretanto, pequenos afluentes (ribeirões) de zonas urbanizadas podem contribuir como fontes poluidoras, haja vista seu alto grau de poluição e baixa capacidade de recarga.

Os processos de decomposição são proporcionais à quantidade de matéria orgânica presente na água, desde que haja oxigênio dissolvido, o que aparentemente não é problema no trecho estudado, exceto, eventualmente, na estação #8.

A sedimentação de materiais pode ocorrer em qualquer local, mas especialmente em áreas menos turbulentas e onde ocorre a influência da salinidade marinha, gerando coalescência de partículas em agregados maiores (floculação). A adsorção de substâncias altamente carregadas como o  $\text{P-PO}_4^{3-}$  a essas partículas coloidais, bem como à matéria

orgânica, também mais importante sob influência da salinidade, auxilia na remoção de diversos poluentes da coluna de água.

Os processos de assimilação incluem a fixação biológica, especialmente pela produção primária e bacteriana. A produção primária foi aparentemente mais importante nas estações #8 e #9, que são estuarinas. A produção bacteriana é equivalente à decomposição, porém inclui outros processos de transformação orgânica.

As *outras transformações* citadas na tabela 32 incluiriam processos como a fototransformação de substâncias e outros processos químicos e biológicos potencialmente neutralizadores de compostos tóxicos.

Por fim, o processo mais importante do ponto-de-vista da depuração da qualidade das águas do rio Itajaí-Açu – a diluição e/ou perda para o mar, apesar de efetivamente melhorar a qualidade das águas nos limites fisiográficos do rio, não representa necessariamente, como já foi comentado anteriormente, neutralização total dos poluentes mas sim a transferência de parte dos mesmos para a zona costeira adjacente.

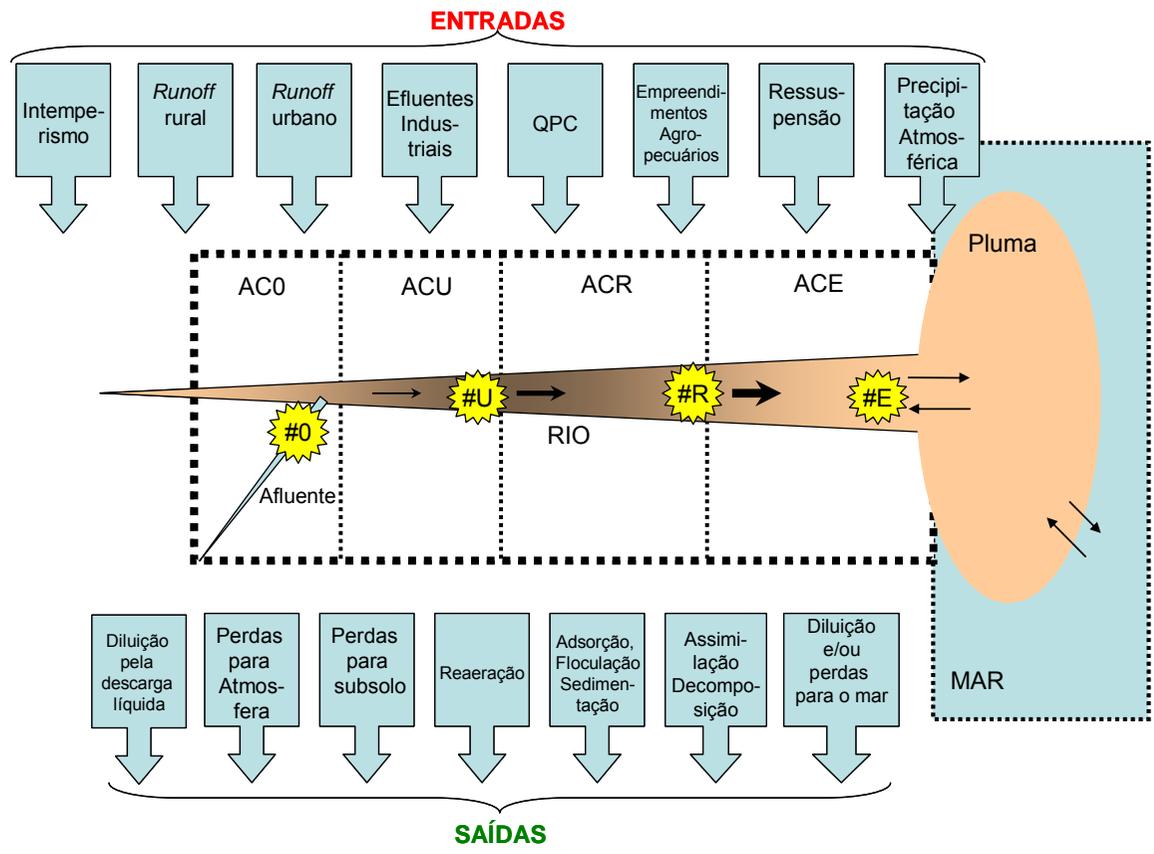


Figura 45. Contextualização esquemática das quatro estações típicas (#0; #U; #R e #E) e respectivas áreas de contribuição (ACs) no trecho de rio estudado, com os diferentes processos de entrada e saída de materiais. Em cada estação/situação a importância relativa dos processos é diferente (vide texto e Tabela 32).

Tabela 32. Importância relativa de cada processo de *entrada* e *saída* de materiais nos quatro tipos gerais de estações caracterizados no trecho estudado do baixo curso do rio Itajaí-Açu. Convenções: AC= áreas de contribuição; #0 = estação/AC representativa do ponto branco; #U = estação/AC tipicamente urbana; #R = estação/AC tipicamente rural; #E = estação com influência estuarina; ● = pouco importante; ●● = razoavelmente importante; ●●● = importante; ●●●● = muito importante. Obs.: (a) os valores são relativos e ilustrativos, baseados em evidências obtidas nos dados do presente trabalho e em informações da literatura. (b) Os somatórios de entradas e saídas foram obtidos somando-se o número de pontos (●) atribuídos para cada estação típica em cada processo.

	Processos	Estações / ACs típicas			
		#0	#U	#R	#E
ENTRADAS	Intemperismo*	●	●	●	●
	Runoff rural	●	●	●●●●	●●
	Runoff urbano	-	●●●●	●	●●●
	Efluentes industriais	-	●●●●	●	●●●●
	QPC	●	●●●●	●●	●●●●
	Empreendimentos agropecuários	●	●	●●●	●●
	Carga de Montante	●	●●	●●●	●●●●
	Ressuspensão	●	●●	●●	●●●
	Precipitação atmosférica*	●●	●●	●●	●●
	Aerosol marinho*	-	-	-	●
<b>SOMATÓRIO</b>		8	21	19	26
SAÍDAS	Reaeração atmosférica	●●	●	●	●●
	Perdas para atmosfera	●	●●	●●	●●●
		(?)	(?)	(?)	(?)
	Perdas para subsolo	●	●	●●	●●
		(?)	(?)	(?)	(?)
	Decomposição	●	●●●	●●	●●●
	Sedimentação	●	●●	●●●	●●●●
	Adsorção	●	●	●●	●●●●
	Floculação	-	-	-	●●●
	Assimilação	●	●	●●	●●●
Diluição pela descarga líquida	●	●●	●●●	●	
Outras transformações	●	●	●	●	
	(?)	(?)	(?)	(?)	
Diluição e/ou perda para o mar	-	-	-	●●●●	
<b>SOMATÓRIO</b>		10	14	18	30

## 6. CONCLUSÕES

1) O baixo curso do rio Itajaí-Açu encontra-se relativamente pouco comprometido quanto à sua qualidade de água geral, mas apresenta setores com características qualitativas diferenciadas, determinadas por fatores de influência específicos e que indicam tendência à criticidade em sua qualidade;

2) A urbanização, e suas conseqüências diretas e indiretas, é responsável pela maior parte dos impactos negativos sobre a qualidade das águas em setores específicos (região de Blumenau e região de Itajaí/Navegantes);

3) Nas áreas rurais que sucedem a zona urbana da região de Blumenau há uma considerável recuperação da qualidade das águas no que se refere a nutrientes, contaminação fecal e outros poluentes, refletindo certa capacidade de autodepuração do rio;

4) As fontes poluidoras domésticas e industriais das zonas mais urbanizadas do setor estudado representam elevado risco à qualidade das águas e ao equilíbrio ecológico do rio, indicando ausência ou ineficiência de processos de tratamento. Aparentemente, os impactos só não são maiores porque o rio, no seu curso principal, apresenta grande capacidade de diluição e dispersão. Porém, as análises realizadas nesse estudo não foram direcionadas a avaliação de cargas poluidoras de fontes específicas e sim a situações genéricas.

5) Apesar de o curso principal do rio Itajaí-Açu ter, em geral, qualidade de água regular, a maior parte dos pequenos afluentes localizados nas zonas urbanas e peri-urbanas está

severamente comprometida na sua qualidade e quantidade de água devido às descargas de efluentes e à impermeabilização ou canalização de seus cursos;

6) As elevadas taxas de crescimento populacional e o elevado crescimento industrial das maiores cidades da região apontam para um processo de rápida perda da qualidade das águas do rio se medidas de contenção da poluição e da supressão da vegetação ciliar e de encostas não forem tomadas;

7) A avaliação multidisciplinar da qualidade da água realizada por esse estudo, embora trabalhosa e de processamento demorado, mostrou-se eficiente para compreender os processos de degradação, bem como para vislumbrar medidas de restauração e mitigação dos impactos.

8) As análises de bactérias totais, picoplâncton fototrófico e de clorofila-a indicaram que o setor de rio estudado é predominantemente heterotrófico, com aumento da possibilidade de autotrofia nas áreas estuarinas. A turbulência e a turbidez elevadas na maior parte do curso do rio parecem ser os determinantes dessas características ecológicas.

9) Ainda que as avaliações integradas e comparativas da qualidade das águas do trecho de rio estudado não tenham evidenciado, de maneira geral, uma situação alarmante, os incrementos em nutrientes, contaminantes biológicos e de outros materiais ao longo do rio em relação à área de referência foram elevados.

10) As cargas aportadas de materiais (nutrientes, contaminantes biológicos etc.) foram em geral bem superiores às estimativas baseadas em contribuição populacional e escoamento (exceto para coliformes fecais), evidenciando ou a existência de importantes contribuições industriais e agrícolas ou que os dados de concentração de materiais no escoamento, oriundos de estudos em países de clima temperado, estão subestimados e são inadequados para a realidade local. Os coliformes fecais, por sofrerem decaimento, mostraram valores analisados bem menores que o esperado por cargas de escoamento e contribuição *per capita*.

11) As concentrações de variáveis indicativas de qualidade da água não mostraram, de maneira geral, padrões temporais (sazonalidade), mas sim padrões influenciados por chuva e descarga líquida (vazão) que agem aumentando ou diminuindo concentrações dependendo do tipo de material considerado e dos padrões locais de uso da terra;

12) O contato com o mar na área estuarina mostrou-se eficiente na neutralização da maior parte dos impactos cumulativos vindos de montante, porém, algumas variáveis mostraram incremento nessa região ( $\text{N-NH}_4^+$ , surfactantes, cobre total) indicando que os processos de depuração nessa área não são generalizados para todas as variáveis e que a mesma apresenta impactos e riscos específicos que podem se estender para a zona costeira adjacente;

13) A situação observada na região de Blumenau (estações #2 e #3a), com relativamente elevada carga orgânica e nutricional ( $\text{DBO}_5$ ,  $\text{P-PO}_4^{3-}$ ,  $\text{N-NH}_4^+$ ), de contaminação fecal e de cromo total reflete a intensa urbanização e provavelmente a tipologia industrial local (têxtil

e metal-mecânica). Essa situação só não é mais alarmante devido à elevada diluição e dispersão pela descarga líquida do rio.

14) A situação observada na área do rio Itajaí-Mirim (estação #8) mostrou particularidades, com cargas orgânicas ( $\text{DBO}_5$ ,  $\text{N-NH}_4^+$ ), de AOX e de ferro total, cobre total e zinco total relativamente elevadas, mas baixas concentrações de surfactantes e cobre total. Os forçantes para essas características diferenciadas provavelmente estão relacionados à tipologias industriais específicas da região de Brusque (têxtil) e à intensa atividade agrícola nas várzeas próximas à estação amostral;

15) A situação da estação #6, que mostrou concentrações relativamente baixas de poluentes perigosos e contaminação fecal, mas elevadas concentrações de  $\text{P-PO}_4^{3-}$ , turbidez e material particulado em suspensão, reflete os impactos das atividades agrícolas/rurais, cujas causas estão relacionadas ao uso de fertilizantes, associado à falta de práticas de conservação do solo e ao desmatamento.

16) Os diversos parâmetros integrados de avaliação da qualidade da água gerados (IQA, IRQA, Estresse Populacional, Fator de Incremento etc.) mostraram-se úteis e eficientes para reduzir a grande quantidade e complexidade dos resultados, permitindo comparações mais categóricas e claras. A simples geração de dados brutos sobre características da água é insuficiente para permitir a compreensão de processos ambientais, especialmente por parte dos tomadores de decisão e da população em geral.

17) O diagnóstico integrado aqui realizado evidenciou equívocos históricos não só no uso da terra, mas também da água na bacia do Baixo Itajaí-Açu. A canalização de córregos e a veiculação de esgotos e efluentes industriais aos mesmos representou a transformação de recursos hídricos em fontes poluidoras. Nesse aspecto, parece ser menos impactante veicular efluentes diretamente ao curso principal do rio Itajaí-Açu, do que nos afluentes de menor dimensão, porém, para as cidades à montante de Itajaí e Navegantes, isso deve ser avaliado com cuidado, pois as mesmas utilizam as águas do Itajaí-Açu, entre outros usos, para abastecimento público.

18) De maneira geral, a dinâmica de nutrientes e de outros elementos dissolvidos e particulados no rio Itajaí-Açu é regida por uma série de processos e interferências humanas diferenciadas, onde pode-se visualizar quatro estações ou situações típicas no trecho estudado: (1) a situação do ponto branco (rio Alto Warnow), onde ocorrem poucos impactos, sendo os processos de autodepuração, por consequência, pouco significativos; (2) a situação tipicamente urbana, onde há muitos impactos e uma capacidade limitada de neutralizar localmente os mesmos (baixa resiliência); (3) a situação tipicamente rural, que recebe impactos de montante, além de impactos específicos de sua área de contribuição, mas evidencia a ocorrência de processos de autodepuração relativamente importantes, que teriam atuado no trecho que a antecede; e (4) a situação da área estuarina, que é também urbanizada, e que recebe grande quantidade de impactos locais e de montante, mas apresenta condições consideráveis de autodepuração, representadas principalmente pela influência marinha.

19) A diluição pela descarga líquida é provavelmente o principal fator de neutralização dos impactos de poluição pelo menos até antes dos limites do estuário. A entrada cumulativa de afluentes e a recarga por aquíferos, especialmente em zonas menos urbanizadas, conseguiria eficientemente reduzir as concentrações de poluentes oriundos das áreas mais urbanizadas. Entretanto, pequenos afluentes (ribeirões) de zonas urbanizadas podem contribuir como fontes poluidoras, haja vista seu alto grau de poluição e baixa capacidade de recarga.

20) Os processos de decomposição da matéria orgânica parecem estar em relativo equilíbrio no trecho de rio estuado, haja vista os relativamente baixos valores de  $DBO_5$  e as concentrações em geral altas de oxigênio dissolvido, exceto, eventualmente, na estação #8 (rio Itajaí-Mirim).

21) Os processos de adsorção e sedimentação por influência da salinidade marinha mostraram-se importantes na remoção de materiais da coluna de água, especialmente  $P-PO_4^{3-}$  e material particulado em suspensão.

22) Aparentemente, as únicas estações onde a produção primária fitoplanctônica podem ser importantes no balanço de materiais (oxigênio dissolvido, matéria orgânica particulada etc.) são as de n° #8 e #9, que são estuarinas.

23) A diluição e/ou perda de materiais para o mar, apesar de efetivamente melhorar a qualidade das águas nos limites fisiográficos do rio, não representa necessariamente,

neutralização total dos poluentes mas sim a transferência de parte dos mesmos para a zona costeira adjacente.

## **7. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES**

1) A medida indubitavelmente mais urgente a ser tomada na bacia é um efetivo investimento em tratamento de esgotos domésticos. É extremamente desconcertante para as comunidades regionais o fato de que a Bacia do Itajaí apresente alguns dos melhores indicadores econômicos e sociais do país, mas uma das menores taxas de tratamento de esgotos. Mesmo os sistemas unitários disponíveis em alguns setores das cidades maiores carecem da adequada manutenção. O processo de implantação de sistemas de canalização e tratamento de esgotos deveria iniciar pelas cidades mais populosas como Blumenau e Itajaí e, preferencialmente, pelos bairros mais pobres, embora, segundo empresas de engenharia sanitária, começar por bairros pobres e periféricos seja economicamente pouco viável.

2) Devem ser envidados grandes esforços para conter desmatamentos nas margens dos rios e ribeirões da bacia, bem como junto às nascentes. O elevado déficit de mata ciliar aponta para a necessidade de recuperação dessas áreas a fim de conter o processo de degradação da qualidade das águas e melhorar a capacidade de autodepuração do rio e da recarga de aquíferos. Esse esforço deve ser realizado de forma coordenada, mas com planejamento e execução local, pois cada área da bacia tem especificidades a serem consideradas no que tange ao nível do impacto e à tipologia de vegetação a preservar/recuperar.

3) A canalização ou impermeabilização de ribeirões urbanos, bem como a veiculação de grandes cargas poluidoras aos mesmos deve ser contida com urgência. A canalização desses importantes cursos de água limita a troca de gases; limita a capacidade de autodepuração; implica na remoção de vegetação ciliar; bloqueia a recarga por águas

subsuperficiais; gera habitat para vetores de zoonoses; retarda o equilíbrio trófico; intensifica os fluxos bruscos de escoamento; em algumas áreas, aumenta a ocorrência de cheias e, em geral, esconde o problema ao invés de resolvê-lo. Em relação às descargas de esgotos domésticos e efluentes industriais, parece menos impactante veiculá-las diretamente ao curso principal do rio Itajaí-Açu do que aos ribeirões afluentes, pois a dispersão/diluição/depuração seria mais eficiente. Além disso, os ribeirões são os cursos de água que estão em contato mais estreito com as populações, gerando uma gama de problemas sanitários.

4) É fundamental que se amplie e aumente o rigor na fiscalização sobre os efluentes industriais, pois mesmo empresas que apresentam sistemas de tratamento mostraram efluentes com elevados níveis de toxicidade e potencial considerável de contaminação com poluentes diversos. O chamado “automonitoramento” realizado pelas indústrias deveria ser comparado com iniciativas paralelas de monitoramento. O aparato estadual para as atividades de fiscalização, entretanto, é extremamente limitado, restringindo-se a poucos fiscais que fazem visitas semestrais às indústrias da bacia. O órgão estadual deveria manter atividades de parceria com institutos de pesquisa e universidades para dividir tarefas e ampliar sua eficácia. Com a entrada em vigor na nova Resolução do CONAMA sobre classificação de corpos de água e padrões de emissão de efluentes (Resolução CONAMA nº 357/2005), todos os empreendimentos potencialmente poluidores devem realizar estudos de impacto ambiental de seus efluentes. Um esforço concentrado com participação interinstitucional e gerenciado pelo Comitê de Bacia poderia acelerar esse processo.

5) O processo atual de urbanização e industrialização, no seu ritmo e modelo atuais, bem como o incremento da área cultivada de arroz irrigado deveriam ser alvo de amplo estudo multidisciplinar e interinstitucional, no sentido de avaliar seu impacto futuro sobre a qualidade dos recursos hídricos regionais. Há vários indícios e ocorrências efetivas de que a bacia do Itajaí não sustentará o ritmo de consumo de água e de deterioração de sua qualidade, mesmo a curto prazo. Indicadores mostram, por exemplo, incrementos de 5% ao ano na área cultivada de arroz irrigado e que o Porto de Itajaí é o porto que mais cresce em volume de exportação no país. Esses indicadores não podem ser vistos apenas sob a óptica de seus impactos positivos e sim, políticas públicas de controle da poluição, dos riscos de acidentes ambientais e de racionalização do uso da água e de insumos no cultivo do arroz devem ser implementados em paralelo.

6) Este estudo, como é de praxe em estudos ambientais, não só gerou respostas, mas também novas perguntas ou dúvidas. Equacionando-se algumas delas, poderiam ser recomendados alguns estudos adicionais ou futuros prioritários, quais sejam:

a) Avaliação da contaminação dos sedimentos com metais pesados e poluentes orgânicos, bem como testes de toxicidade com seus elutriados, a fim de verificar possibilidades de contaminação histórica e os impactos da ressuspensão desses sedimentos (mineração e dragagem de areia) sobre a qualidade da água e sobre a biota.

b) Realização de estudos direcionados à quantificação e análise qualitativa das águas de escoamento superficial urbano e rural (*runoff*), que, embora menos visíveis por serem não-pontuais, são muitas vezes as principais fontes poluidoras nas bacias hidrográficas. Estudos ou monitoramento de escoamento superficial no Brasil são

praticamente inexistentes, a despeito da grande ênfase que países desenvolvidos dão tanto ao seu monitoramento como controle de fluxo.

c) Quantificação mais precisa e abrangente das cargas de materiais (nutrientes, matéria orgânica, metais etc.) veiculadas ao rio e pelo rio e geração de balanços de massa entre o estuário e a zona costeira, considerando os efeitos da maré e da estratificação da coluna de água. Esse refinamento pode ser útil para evidenciar e quantificar riscos de eutrofização estuarina e costeira, riscos de contaminação e comprometimento de recursos vivos marinhos, riscos de perturbação de processos ecológicos e sedimentológicos na zona costeira e ainda o risco de comprometimento sanitário de águas de recreação das praias marinhas adjacentes.

d) Seriam ainda oportunos estudos direcionados aos diversos *compartimentos* do processo de auto-depuração do rio, que envolvem vários *sub-processos*, como visualizado na figura 45. Destaca-se a importância da determinação do potencial de autodepuração por processos tradicionais (p.ex.: determinação das constantes de desoxigenação) e também a avaliação da degradação microbiana e da intensidade e conseqüências dos processos de floculação e sedimentação.

7) Por fim, o panorama simples e descritivo gerado por esse estudo, mostrou, por um lado, que mais estudos e atividades direcionadas de monitoramento são necessários para compreender melhor a situação, mecanismos e impactos de atividades antropogênicas específicas na Bacia do Itajaí-Açu. Por outro lado, ações coordenadas são necessárias para conter a poluição nas suas fontes e reduzir o impacto do “mau uso” da terra. Iniciativas sérias têm sido tomadas pelo Comitê do Itajaí, mas com insuficiente participação da população e dos setores políticos e também, até então, pequena quantidade de dados

técnicos para sustentar decisões e testar a eficiência de medidas recuperadoras ou mitigadoras. Com a disponibilização e divulgação apropriada desses primeiros resultados descritivos dos impactos sobre a qualidade de água na bacia, espera-se não só uma melhor compreensão da situação geral, mas também uma valorização das atividades de pesquisa e monitoramento como instrumentos eficazes de gerenciamento integrado de recursos hídricos. Caberia ainda ao Comitê do Itajaí, como articulador interinstitucional, definir programas abrangentes de monitoramento da qualidade e quantidade da água na bacia a fim de conhecer o impacto atual e as tendências futuras. Seria crucial aproveitar o momento atual, em que os municípios ainda estão elaborando suas Agendas 21, às quais servirão de base para a revisão ou alteração dos Planos Diretores. Um panorama técnico-científico sobre os impactos aos recursos hídricos e suas causas, baseado em diagnósticos integrados e programas de monitoramento seria o instrumento básico e eficaz para (re)orientar os padrões de ocupação do solo, os limites de crescimento para certas atividades impactantes e a garantia de água para os usos múltiplos na bacia. É inegável o potencial das universidades como parceiras nas atividades de monitoramento e diagnóstico, bem como na definição de políticas públicas direcionadas à sustentabilidade das atividades humanas. As universidades, além de possuírem corpo técnico qualificado e, em geral, infraestrutura adequada para tais atividades, possuem uma massa de “mão-de-obra” estudantil que, ao mesmo tempo em que contribui nas atividades, se qualifica profissionalmente, multiplicando a mentalidade de preservação e uso racional dos recursos hídricos. Ainda, não deve ser esquecido o potencial que certas empresas regionais têm no sentido de contribuir tanto tecnicamente como financeiramente nesse conjunto de ações. Um exemplo real e interessante é o do Porto de Itajaí, que acaba de acertar o financiamento de dois anos de monitoramento de recursos hídricos no Baixo Curso do Itajaí-Açu (de 2005 a 2007).

Alguns dos resultados desse monitoramento são diretamente úteis às atividades do Porto, outros, servirão para avaliar a eficiência de seus processos de proteção ambiental, bem como os impactos de outros empreendimentos regionais. Iniciativas nesse sentido, desde que coordenadas por instituições imparciais e tornadas públicas podem contribuir para a diminuição dos impactos negativos do crescimento industrial e populacional.

## 8. LITERATURA CITADA

ADMIRAAL, W.; BARRANGUET, C.; van BEUSEKOM, S.A.M.; BLEEKER, E.A.J.; van den ENDE, F.P.; van der GEEST, H.G.; GROENEDIJK, D.; IVORRA, N; KRAAK, M.H.S.; STUIJFZAND, S.C. (2000). Linking ecological and ecotoxicological techniques to support river rehabilitation. *Chemosphere*, 41: 289-295.

ALLAN, J.D. (1996). *Stream Ecology: structure and function of running waters*. London: Chapman & Hall. 388p.

APHA-AWWA-WPCF. (1998). *Standard methods for the examination of water and wastewater*, 17th Ed. American Public and Health Association, American Water Works Association and Water Pollution Control Federation. Washington, DC.

ASPLUND, G. & GRIMVALL, A. (1991). Organohalogenes in nature, more widespread than previously assumed. *Environ. Sci. Technol.*, 25:1346-1350.

SILVA, A.M.M. & SACOMANI, L.B. (2001). Technical note using chemical and physical parameters to define the quality of Pardo River water (Botucatu-SP-Brazil). *Wat. Res.*, 35 (6) 1609–1616.

BANCO MUNDIAL (1998). *Gerenciamento de recursos hídricos. Secretaria de Recursos Hídricos*, Brasília. 292p.

BEHRENDT, H., HUBER, P., KORNMILCH, M, OPITZ, D., SCHMOLL, O., SCHOLZ, G., UEBE, R. (2000): Nutrient Emissions into river basins of Germany. UBA-Texte 23/00, 266 p.

BENDATTI, M.M.; SCHWARZBACH, M.S.R.; MAIZONAVE, C.R.M.; ALMEIDA, L.B.; BRINGHENTI, M.L. (2003). Avaliação da qualidade da água do Lago Guaíba: subsídios para a gestão da bacia hidrográfica. *Ecos Pesquisa – DMAE – Porto Alegre*, 7: 1-34.

- BERNER, E.K. & BERNER, R.A. (1987). The global water cycle, New Jersey: Prentice Hall, Englewood Cliffs. 238p.
- BERTOLETTI, E. (2001). Ecotoxicologia aquática. In: MAIA, N.B., Martos, H.L., BARRELA, W. (Eds.). Indicadores ambientais: conceitos e aplicações. EDUC, São Paulo, pp. 219-228.
- BITTON, G. (1994). Wastewater Microbiology. Wiley-Liss, New York. 478p.
- BOHN, N. & CORREA, M.A. (1999). A implantação da Política Nacional de Recursos Hídricos: o caso do Comitê do Itajaí. *Revista de Estudos Ambientais*, 1 (2) 46-58.
- BOLLMANN, H.A. & MARQUES, D.M. (2000). Bases para a estruturação de indicadores de qualidade de águas. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 5(1) 37-60.
- BOON, P.J. (1992) Essential elements in the case for river conservation. In: BOON, P.J., CALOW, P., PETTS, G.E. (eds.). River Conservation and Management, pp. 11-34. John Wiley and Sons, Chichester.
- BRASHER, A.M.D. (2003). Impacts of human disturbances on biotic communities in Hawaiian streams. *BioScience*, 53 (11) 1052-1060.
- BRAWLEY, J.W.; COLLINS, J.; KREMER, J.N.; CHAM, C.; VALIELA, I. (2000). A time-dependent model of nitrogen loading to estuaries from coastal watersheds. *J. Environ. Qual.*, 29: 1448-1461.
- CALLOW, P. & PETTS, G.E. (1994). The rivers handbook: hydrological and ecological principles. Oxford: Blackwell Scientific Publications. Dois volumes.
- CANALI, G.V. (2000). Preliminary Remarks. In: *Water Resources Management - Brazilian and European Trends and Approaches* (Ed. G.V. CANALI, F.N. CORREIA, F. LOBATO, E.S. MACHADO), pp. 15-18. ABRH, Porto Alegre.
- CANNELL, R. J. P. (1993). Algae as a source of biologically active products. *Pestic. Sci.* 39, 147.

CASTAÑÉ, P.M.; TOPALIÁN, M.L.; ROVEDATTI, M.G.; SALIBIÁN, A. (1998). Impact of human activities on the water quality of the Reconquista River (Buenos Aires, Argentina). *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 26: 1206-1208.

CETESB (2003). Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo em 2002 (Série Relatórios / Secretaria de Estado do Meio Ambiente). São Paulo: CETESB. 279p.

CETESB (2004). Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo em 2003. São Paulo: CETESB (Série Relatórios / Secretaria de Estado do Meio Ambiente). 273p.

CETESB (2005). Resultados dos parâmetros de qualidade das águas. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/relatorios.asp>. Acesso em de julho de 2005.

CHEUNG, Y.H.; NELLER, A.; CHU, K.H.; TAM, N.F.Y; WONG, C.K.; WONG, Y.S.; WONG, M.H. (1997). Assessment of sediment toxicity using different trophic organisms. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 32: 260-267.

CHU, S.P. (1942). The influence of the mineral composition of the medium on the growth of planktonic algae. *J. Ecol.*, 30, 284-325.

CMELP (1996). State of Water Quality of Fraser River at Marguerite (1984-1995). CMELP – Canadian Ministry of Environment, Lands and Parks, Canada - British Columbia Water Quality Monitoring Agreement , Water Quality Section, Water Management Branch, Monitoring and Systems Branch, Pacific and Yukon Region. 129p.

COMITÊ DO ITAJAÍ (2004). Informações sobre a Bacia do Itajaí. Disponível em: <http://www.comiteitajai.org.br/>. Acesso em julho de 2004.

COMITESINOS (1993). Aplicação de um Índice de Qualidade da Água no rio dos Sinos. Porto Alegre: DMAE. 59p.

CORREIA, F.N. (2000). Water Resources in Europe: Institutions, Issues and Dilemmas. In: *Water Resources Management - Brazilian and European Trends and Approaches* (Ed. G.V.

CANALI, F.N. CORREIA, F. LOBATO, E.S. MACHADO), pp. 37-55. ABRH, Porto Alegre.

COSSA, D.; MEYBECK, M.; IDLAFKIH, Z.; BOMBLED, B. (1994). Etude pilote des apports en contaminants par la Seine. Report IFREMER. Nantes. R. Int. Del. 94, 13. 151p.

CTTMar/UNIVALI (2003). Desenvolvimento de um Sistema de Informações Baseado na Internet para dar suporte ao Levantamento das Coordenadas Geográficas dos Usuários de Água da Bacia do Itajaí. Itajaí, CTTMar – UNIVALI. Technical Report. 16p.

CUMMINS, K.W. (1974). Structure and function of stream ecosystems. *BioScience* (24) 631-641.

DAKOVA, S.; UZUNOV, Y.; MANDADJIEV, D. (2000). Low flow – the river's ecosystem limiting factor. *Ecological Engineering*, 16 (2000) 167-174.

DAVIDE, V.; PARDOS, M.; DISERENS, J.; UGAZIO, G.; THOMAS, R.; DOMINIK, J. (2003). Characterisation of bed sediments and suspension of the river Po (Italy) during normal and high flow conditions. *Water Research* 37: 2847–2864

DAY Jr. J.W., HALL, C.A.S., KEMP, W.M. & YAÑEZ-ARANCIBIA, A. (1989). *Estuarine Ecology*. New York: John Wiley & Sons. 558p.

DE PAUW, N. & VANHOOREN, G. (1983). Method for biological quality assessment of watercourses in Belgium. *Hydrobiologia*, 100: 153-168.

DEAN, J. W.E. (1974). Determination of carbonate and organic matter in calcareous sediments and sedimentary rocks by loss on ignition: comparison with other methods. *Journal of Sedimentary Petrology*, New York, 44, p.242-248.

DIN 38409-H14: Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlamm-Untersuchung: Bestimmung der adsorbierbaren organisch gebundenen Halogene (AOX). 1985.

- DUINKER, J.C. (1980). In: OLAUSSON, E. & CATO, I. (Eds.). Chemistry and Biogeochemistry of Estuaries. New York, Wiley & Sons. pp. 121-145.
- DURUM, W.H. & HAFFTY, J. (1961). Occurrence of minor element content of some major streams of the world. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 27: 1-11.
- EDBERG, S. C., F. LUDWIG, AND D. B. SMITH. (1991). The Colilert system for total coliforms and *Escherichia coli*. American Water Works Research Foundation, Denver.
- ELENDT, B.P. & BIAS, W.R. (1990). Trace nutrient deficiency in *Daphnia magna* culture in standard medium for toxicity testing. Effects of optimization of culture conditions on life history parameters of *D. magna*. *Wat. Res.*, 24(9) 1157-1167.
- EPAGRI (1997). Cadeias Produtivas. Relatório Técnico. Santa Catarina, Brasil.
- FAIRBRIDGE, R. (1980). The estuary: its definition and geodynamic cycle. In: E. OLAUSSON & I. CATO (Eds.). Chemistry and Biochemistry of Estuaries. Wiley, New York, pp. 1-35.
- FARIA, C.M. & LERSCH, E.C. (2001). Monitoramento das águas do Delta e foz dos rios formadores do Guaíba. *Ecos Pesquisa – DMAE – Porto Alegre*, 5: 1-63.
- FEDERAL MINISTRY FOR THE ENVIRONMENT, NATURE CONSERVATION AND NUCLEAR SAFETY (2004). Ordinance on Requirements for the Discharge of Waste Water into Waters (Waste Water Ordinance - AbwV). June 2004, Bonn, Germany.
- FITZHUGH, T.W., RICHTER, B.D. (2004). Quenching urban thirst: growing cities and their impacts on freshwater ecosystems. *BioScience*, 54 (8): 741-754.
- FOGG, G.E. (1995). Some comments on picoplankton and its importance in the pelagic ecosystem. *Aquatic Microbial Ecology*, 9: 33-39.
- FOLK R.L., WARD W.C. (1957). Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology* 27: 3-26.

- FRANK, B. & ADAMI, R.M. (1997). Regionalização da bacia hidrográfica: o caso da bacia do Itajaí. In: Simpósio da Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Vitória, ES, Anais.
- FRANSSEN, M.C.R. (1994). Haloperoxidases: useful catalysts in halogenation and oxidation reactions. *Catalysis Today*, 22: 441-458.
- GARNIER, J., BILLEN, G., PALFNER, L. (1999). Understanding the oxygen budget and related ecological processes in the river Mosel: the RIVERSTRAHLER approach. *Hydrobiologia*, 410: 151-166.
- GAUCH Jr, H.G. (1994). *Multivariate analysis in community ecology*. Cambridge University Press, Cambridge. 298p.
- GIANESSI, L.P.; PESKIN, H.M., CROSSON, P.; PUFFER, C. (1986). Nonpoint source pollution controls: are cropland controls the answer? *Resources for the Future*, Washington, DC.
- GILBERT, O.L. (1991). *The Ecology of Urban Habitats*. Chapman & Hall, London. 369p.
- GOMMERSBACH, V.B. (2000). *Monitoramento da Qualidade de Água em Rios a partir de Imagens Orbitais - Estudo de Caso: Rio Itajaí-Açu*. FURB, Tese de Mestrado.
- GRIMVALL, A & ASPLUND, G. (1991). Natural halogenation of organic macromolecules. *Finnish Humus News.*, 3:41-51.
- GUILLARD, R.R.L. (1975). Culture of phytoplankton for feeding marine invertebrates. *In* Smith, W. L., & Chanley, M. H. [Eds] *Culture of Marine Invertebrate Animals*. NY Plenum Press. pp. 29-60.
- HAMILTON, M.A.; RUSSO, R.C. & THURSTON, R.V. (1977). Trimmed Spearman-Kärber Method for Estimating Median Lethal Concentrations in Toxicity Bioassays. *Environ. Sci. Technol.*, 11 (7), pp. 714-719.

HARDING, J.S., BENFIELD, E.F. BOLSTAD, P.V., HELFMAN, G.S. & JONES III, E.B.D. (1998). Stream Biodiversity: The ghost of land use past. *Proc. Natl. Acad. Sci. (Ecology)*, 95: 13843-14847.

HARREMÖES, P.; NAPSTJERT, L.; RYE, C. LARSEN, H.O.; DAHL, A. (1996). Impact of rain runoff on oxygen in an urban river. *Wat. Sci. Tech.*, 34 (12) 42-48.

HATT, B.E., FLETCHER, T.D., WALSH, C.J., TAYLOR, S.L. (2004). The influence of urban density and drainage infrastructure on the concentrations and loads of pollutants in small streams. *Environmental Management*, 34 (1), 112–124.

HEY, R.D. (1994). Environmentally sensitive river engineering. . In: CALLOW, P. & PETTS, G.E. (eds.). *The Rivers Handbook: Hydrological and Ecological Principles*. Blackwell Scientific Publications, Oxford. pp. 337-362.

HOBBIE, J.E., DALEY, R.J., JASPER, S. (1997). Use of Nuclepore Filters for Counting Bacteria by Fluorescence Microscopy. *Applied and Environmental Microbiology*, 33, 1225-1228.

HOGLAND, W (1986). Rural and urban water budgets. A description and characterization of different parts of the water budgets with special emphasis on combined sewer overflows. *Report N° 1006*, Department of Water Resources Engineering, University of Lund, Sweden.

HOGLAND, W. (1994). Hydrological and environmental effects of agricultural and urban activities in a small Swedish River Basin. *Nordic Hydrology*, 25: 247-266.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2004). *Cidades@ - O Brasil município por Município*. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/default.php>>. Acesso em Julho de 2004.

ICEPA - Instituto de Planejamento e Economia Agrícola de Santa Catarina (2005). *Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina 2003-2004*. Florianópolis, ICEPA – Secretaria de Estado da Agricultura e Política Rural. 377p.

- INOUE, T; EBISE, S.; MATSUI, Y.; MATSUSHITA, T. (2003). Estimation of organic pollutant and nutrient loadings in a rural river. *Diffuse Pollution Conference Dublin 2003 - 5A Forestry*, 5-19.
- ISO 10253. (1995). Water quality - Marine algal growth inhibition test with *Skeletonema costatum* and *Phaeodactylum tricorutum*.
- ISO 11348-2. (1998). Water quality - Determination of the inhibitory effect of water samples on the light emission of *Vibrio fischeri* (Luminescent bacteria test) - Part 1: Method using freshly prepared bacteria.
- ISO 6341. (1996). Water quality - Determination of the inhibition of the mobility of *Daphnia magna* Straus (Cladocera, Crustacea) - Acute toxicity test.
- JANSSEN, C. (1998). Alternative assays for routine toxicity assessments: a review. In: SCHÜÜRMAN, G. & MARKERT, B (Eds.). *Ecotoxicology: ecological fundamentals, chemical exposure, and biological effects*. New York: John Wiley & Sons. pp. 813-840.
- JITTS, H.R. (1959). The adsorption of phosphate by estuarine bottom deposits. *Aust. J. Mar Freshwater Res.*, 10: 7-21.
- JONES, G. E. (1971). The fate of freshwater bacteria in the sea. *Dev. Ind. Microbiol.* 12:141-151.
- KARR, J.R. & SCHLOSSER, I.J. (1978). Water resources and the land water interface. *Science*, 201, 229-34.
- KARR, J.R. (1991). Biological integrity: a long-neglected aspect of water resource management. *Ecological Applications*, 1: 66-84.
- KELLMAN, J. (2000). Evolution of Brazil's Water Resources Management System. In: *Water Resources Management - Brazilian and European Trends and Approaches* (Ed. G.V. CANALI, F.N. CORREIA, F. LOBATO, E.S. MACHADO), pp. 19-36. ABRH, Porto Alegre.

KIRCHMAN, D.; SOTO, Y.; VAN WAMBECK, F. & BIANCHI, M. (1989). Bacterial production in the Rhone River plume: effect of mixing on relationships among microbial assemblages. *Marine Ecology Progress Series*, 53 (3): 267-275.

KLEIN, R.M. (1978). Mapa fitogeográfico do Estado de Santa Catarina. SUDESUL – FATMA – HBR, Itajaí. 24p.

KNIE, J.L.W. & LOPES, E.W.B. (2004). Testes Ecotoxicológicos: métodos, técnicas e aplicações. Florianópolis: FATMA/GTZ. 289p.

KRUMBEIN W.C. (1934). Size frequency distributions of sediments. *Journal of Sedimentary Petrology* 4: 65–77.

KUROSHIMA, K.N. & BELLOTTO, V.R. (1997). Distribuição dos metais traços associados ao material em suspensão no estuário do rio Itajaí-Açu (SC) – Brasil. *Actas X Semana de Geoquímica / IV Congresso de Geoquímica dos Países de Língua Portuguesa, Braga, Portugal*. pp. 563-566.

LAFFIN, N.A. (2003). Uso de solo e legislação ambiental na Bacia do Rio Itajaí-Mirim, Santa Catarina: Identificação das não-conformidades, através de Sistemas de Informações Geográficas. Itajaí: UNIVALI. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Ambiental. 66p.

LAUREANO, J.S.F. & NAVAR, J. (2002). An Assessment of Stream Water Quality of the Rio San Juan, Nuevo Leon, Mexico, 1995-1996. *J. Environ. Qual.* 31:1256-1265.

LEWIS, M.A. (1990). Are laboratory-derived toxicity data for freshwater algae worth the effort? *Environmental Toxicology and Chemistry*, 9: 1279-1284.

LIBES, S.M. (1992). An introduction to Marine Biogeochemistry. John Wiley & Sons, Indiannapolis. 752p.

LIVINGSTONE, D.A. (1963). Chemical composition of rivers and lakes. Data of geochemistry: U.S. Geol. Survey Prof. Paper 440-G, 64p.

- LOBO, E.A.; KIRST, A.; COSTA, A.B.; OLIVEIRA, M.A. (1995). Estudo da qualidade da água do arroio Boa Vista, Município de Carlos Barbosa, Rio Grande do Sul, Brasil. *Biociências*, 3(1) 43-63.
- MACISAAC, E.A. & STOCKNER, J.G. (1993). Enumeration of phototrophic picoplankton by autofluorescence microscopy. In: P.F. KEMP, B.F. SHERR, E.B. SHERR, J.J. COLE (eds.), *Handbook of Methods in Aquatic Microbial Ecology*, Lewis Publishers, Boca Raton. pp. 187-197.
- MALONE, T. (1990). Algal size. In: MORRIS, I. (ed.). *The physiological ecology of phytoplankton*. University of California Press, Berkeley. pp. 433-463.
- MANDER, Ü. & FORSBERG, C. (2000). Nonpoint pollution in agricultural watersheds of endangered coastal seas. *Ecological Engineering*, 14: 317-324.
- MANDER, Ü., KULL, A., KUUSEMETS, V., TAMM, T. (2000). Nutrient runoff dynamics in a rural watershed: influence of land uses changes, climatic fluctuations and ecotechnological measures, *Ecol. Eng.* 14 (4) 405-417.
- MANN, K.H. & LAZIER, J.R.N. (1991) *Dynamics of Marine Ecosystems - biological-physical interactions in the oceans*. Blackwell. 466p.
- MARGALEF, R. (1983). *Limnologia*. Ediciones Omega, Barcelona. 1010p.
- MELLQUIST, P. (1992). River management – objectives and applications. In: BOON, P.J., CALOW, P., PETTS, G.E. (eds.). *River Conservation and Management*, pp. 1-10. John Wiley and Sons, Chichester.
- MEYBECK, M. & HELMER, R. (1989). The quality of global rivers: from pristine stage to global pollution. *Paleogeogr., Paleoclimatol., Paleoecol. (Global Planet. Change Sect.)*, 75: 283-309.
- MEYBECK, M. (1982). Carbon, nitrogen and phosphorus transport by world rivers. *American Journal of Science*, (282) 401-450.

MEYBECK, M. (1988). How to establish and use world budgets of riverine materials. In: A. LERMAN & M. MEYBECK (Eds.), *Physical and Chemical Weathering in Geochemical Cycles*. Kluwer, Dordrecht, pp. 247-272.

MEYBECK, M. (1996). River water quality: global ranges, time and space variabilities, proposal for some redefinitions. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* (26) 81-96.

MEYBECK, M. (1998). Man and river interface: multiple impacts on water and particulates chemistry illustrated in the Seine river basin. *Hydrobiologia*, 373/374: 1-20.

MEYBECK, M.; CHAPMAN, D. & HELMER, R. (1989). *Global Freshwater Quality, a First Assessment*. Blackwell, Oxford. 306p.

MILLIMAN, J.D. & BOYLE, E. (1975). Biological uptake of dissolved silica in the Amazon River Estuary. *Science* 189: 995 – 997.

MOELLER, J.R., MINSHALL, G.W., CUMMINS, K.W. (1979). Transport of dissolved organic carbon in streams of differing physiographic characteristics. *Organic Geochemistry*, 1, 139-150.

MORAES, E. M. L. (1989). *Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações*. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1989. v. 2000. 269 p.

MORITZ-ZIMMERMANN, A.; McCUINNESS, K.A.; KÜPPERS, M. (2002). Impacts of urban storm-water drainage channels on a northern Australian mangrove forest. *Trees*, 16: 195-203.

MOSS, B. (1988). *Ecology of Fresh Waters: man and medium*. 2nd. ed. Blackwell Science, Oxford. 369 p.

MOTA, S. (1995). *Preservação e Conservação de Recursos Hídricos – 2ª ed.* ABES, Rio de Janeiro. 187p.

MUNASINGHE, M. (1992). *Water Supply and Environmental Management*. Westview Press, Boulder, Colorado, U.S.A.

- NILSSON, C., PIZZUTO, J.E., MOGLEN, G.E., PALMER, M.A., STANLEY, E.H., BOCKSTAEL, N.E., THOMPSON, L.C. (2003). Ecological forecasting and the urbanization of stream ecosystems: challenges for economists, hydrologists, geomorphologists, and ecologists. *Ecosystems*, 6: 659-674.
- NORMAN, C.G. (1991). Urban runoff effects on Ohio River water quality. *Water Environ. Tech.* 3(6): 44-46.
- NORRIS, R.H. & THOMS, M.C. (1999). What is river health? *Freshwater Biology*, 41: 197-209.
- OGAWA, K. (1974). Some factors affecting the survival of coliform bacteria in seawater. *J. Oceanogr. Soc. Jpn.* 30:54-60.
- OMERNIK, J.M. (1977). Nonpoint source-stream nutrient level relationships: a nationwide study. EPA-600/3-77-105.
- OWENS, M. (1970). Nutrient balances in rivers. *Proc. Soc. Water Treat. Exam.* 19:239–247.
- PALMQUIST, H. & HANÆUS, J. (2004). A Swedish overview of selecting hazardous substances as pollution indicators in wastewater. *Management of Environmental Quality: an International Journal*, 15 (2), 186-203.
- PARR, W. (1994). Water Quality Monitoring. In: CALLOW, P. & PETTS, G.E. (eds.). *The Rivers Handbook: Hydrological and Ecological Principles*, pp. 124-143. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- PARSONS, T.R.; MAITA, Y. & LALLI, C.M. (1989). *A Manual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis*. Pergamon Press, Oxford. 173p.
- PEIERLS, B.L., CARACO, N.F.; PACE, M.L.; COLE, J.J. (1991). Human influence on river nitrogen. *Nature*, 350, 386-387.

PEREIRA Fo, J. SPILLERE, L.C. & SCHETTINI, C.A.F. (2003). Dinâmica de nutrientes na região portuária do estuário do rio Itajaí-Açu, SC. *Atlântica*, 25(1): 11-20.

PEREIRA Fo., J.; SCHETTINI, C.A.F.; RÖRIG, L.R.; SIEGLE, E. (2001). Intratidal variation and net transport of dissolved inorganic nutrients, POC and Chlorophyll a in the Camboriú River Estuary, Brazil. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 53, 249-257.

PETER, H. & HEGER, W. (1998). Long term effects of chemicals in aquatic organisms. In: SCHÜRMANN, G. & MARKERT, B (Eds.). *Ecotoxicology: ecological fundamentals, chemical exposure, and biological effects*. New York: John Wiley & Sons. pp. 571-586.

PETERS, N.E., MEYBECK, M. (2000). Water quality degradation effects on freshwater availability: impacts of human activities. *IWRA, Water International*, 25 (2) 185-193.

PETTS, G.E. (1994). Rivers: dynamic components of catchments ecosystems. In: CALLOW, P. & PETTS, G.E. (eds.). *The Rivers Handbook: Hydrological and Ecological Principles*, pp. 3-22. Blackwell Scientific Publications, Oxford.

PIELOU, E.C. (1984). *The interpretation of ecological data - a primer on classification and ordination*. John Wiley & Sons, New York. 263p.

PLAFKIN, J.L.; BARBOUR, M.T.; PORTER, K.D.; GROSS, S.K. & HUGHES, R.M. (1989). *Rapid bioassessment protocols for use in streams and rivers: benthic macroinvertebrates and fish*. U.S. Environmental Protection Agency EPA/444/4-89-011, Washington DC.

PMI (1995). *Perfil de Itajaí*. Itajaí: Prefeitura Municipal de Itajaí. 67p.

PNUD – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (2003). *Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil*. Versão 1.0.0. Brasília, 2003. Software disponível on line (<http://www.pnud.org.br/atlas>). Ambiente operacional.

PRITCHARD, D. (1967). Observations of circulation in coastal plain estuaries. In: G.LAUFF (ed.), *Estuaries*, American Association for the Advancement of Science. Publ. N° 83, Washington, D.C., pp. 37-44.

REFOSCO, J.C. & PINHEIRO, A. (1999). Impacto do desflorestamento sobre o regime hídrico de uma bacia hidrográfica. *Revista de Estudos Ambientais*, 1 (2) 18-26.

REGALLA JR, C.; LAITANO, K.; TAMANAHA, M.S.; RÖRIG, L.R.; JOST, G.F.; NOLDIN, J. A.; EBERHART, D.S. (2002). Impacto de herbicidas sobre a comunidade zooplanctônica da água de irrigação da cultura do arroz irrigado. In: Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas, 2002, Gramado. Resumos do XXIII CBCPD. Londrina: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas - Embrapa Clima Temperado. p. 181-181.

REGALLA JR, C.; NOLDIN, J.A.; TAMANAHA, M.S.; DESCHAMPS, F.; EBERHART, D.S.; SILVEIRA, R.M.; MAXIMO, M.V.; LAITANO, K.S.; JOST, G.F.; RÖRIG, L.R. (2003). Testes de toxicidade e análise de risco de agroquímicos. In: III Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado e XXV Reunião da Cultura do Arroz Irrigado, Balneário Camboriú. Anais... p. 798-807.

REVELANTE, N. & GILMARTIN, M. (1976) The effects of Po River discharge on phytoplankton dynamics in the northern Adriatic Sea. *Marine Biology* 34: 259 – 271.

RÖRIG, L.R., REGALLA JR., C. & SCHETTINI, C.A.F. (2003). Estrutura da assembléia planctônica através do estuário e da pluma do Rio Itajaí-Açu. *Revista de Estudos Ambientais*, 5 (1): 76-94.

RÖRIG, L.R., REGALLA JR., C. & SCHETTINI, C.A.F. (2003). Estrutura da assembléia planctônica através do estuário e da pluma do Rio Itajaí-Açu. *Revista de Estudos Ambientais*, 5 (1): 76-94.

RÖRIG, L.R.; TUNDISI, J.G.; SCHETTINI, C.A.F.; PEREIRA FO., J.; MENEZES, J.T.; ALMEIDA, T.C.M.; URBAN, S.R.; RADETSKI, C.M.; SPERB, R.C.; STRAMOSK, C.A.; MACEDO, R.S.; CASTRO-SILVA, M.A.; PEREZ, J.A.A. From a water resource to a point pollution source: the daily journey of a coastal urban stream. *Brazilian Journal of Biology*, *submetido*.

- RUIZ-FERNADEZ, A.C.; PÁEZ-OSUÑA, F.; HILAIRE-MRACEL, C.; SOTO-JIMENEZ, M.; GHALEB, B. (2001). Principal component analysis applied to the assessment of metal pollution from urban wastes in the Culiacán River Estuary. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* (2001) 67: 741-748.
- SANTA CATARINA (1997). Bacias Hidrográficas de Santa Catarina: Diagnóstico Geral. Secretaria de Estado de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente, Florianópolis. 163p.
- SANTA CATARINA. (1986). Atlas de Santa Catarina. Florianópolis, Gabinete de Planejamento e Coordenação Geral do Estado de Santa Catarina. 173p.
- SCHETTINI, C.A.F. & TOLDO Jr., E.E. (2001). Modos de transporte de sedimentos finos no estuário do Rio Itajaí, SC. *Pesquisas em Geociências*, 28(2) 151-160.
- SCHETTINI, C.A.F. (2002). Caracterização física do Estuário do Rio Itajaí-Açu, SC. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 7 (1): 123-142.
- SCHETTINI, C.A.F.; KUROSHIMA, K.N.; PEREIRA FO. J.; RÖRIG, L.R. & RESGALLA Jr. C. (1998). Oceanographic and ecological aspects on the Itajaí-Açu river plume during a high discharge period. *Anais da Academia Brasileira de Ciências (Ed. Esp.: Land Ocean Interaction in the Coastal Zone)*. Rio de Janeiro, n° 70, v. 2, pp. 335-351.
- SCHUELER, T. (1987). Controlling Urban Runoff: A Practical Manual for Planning and Designing Urban Best Management Practices. MWWCOG. Washington, D.C.
- SCHUELER, T. (1999). "Microbes and Urban Watersheds." *Watershed Protection Techniques*. 3(1): 551-596.
- SHEPARD, F. P. (1954). Nomenclature based on sand– silt –clay ratios. *Journal of Sedimentary Petrology*, 24 (3): 151 – 158.
- SILVA, M.R., SILVA, E. (1999). Teores de metais pesados e caracterização de sedimentos de superfície no Rio Itajaí-Açu e seus afluentes na região de Blumenau: um estudo preliminar. *Revista de Estudos Ambientais*, 1 (2): 95-107.

- SMULLEN, J. & CAVE, K. (1998). "Updating the U.S. Nationwide Urban Runoff Quality Database." *3<sup>rd</sup> International Conference on Diffuse Pollution*: August 31 - September 4, 1998. Scottish Environment Protection Agency. Edinburg, Scotland.
- SORANNO, P.A.; HUBLER, S.L.; CARPENTER, S.R.; LATHROP, R.C. (1996). Phosphorus loads to surface waters: a simple model to account for spatial pattern of land use. *Ecological Applications*, 6: 965-978.
- SOSBAI (2003). Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. Itajaí, SC: SOSBAI – Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado. 126p.
- SOUZA, A.D.G. & TUNDISI, J.G. (2003). Water quality in watershed of the Jaboatão River (Pernambuco, Brazil): a case Study. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 46 (4) 711-721.
- STOCKNER, J.G. (1988). Phototrophic picoplankton: an overview from marine and freshwater ecosystems. *Limnol. Oceanogr.*, 33 (4, part 2) 765-775.
- STRASKRABA, M. & TUNDISI, J.G. (1999). *Reservoir Water Quality Management. Guidelines for Lake Management*. Vol. 9. ILEC. 224p.
- STRICKLAND, J.D., PARSONS, T.R. (1972). A practical handbook of seawater analysis. *Fisheries Research Board of Canada Bulletin*, 2nd. edition, 1-311.
- SUTTER II, G.W. (1995). Endpoints of interest at different levels of biological organization. In: CAIRNS, J & NIEDERLEHNER, B.R. (Eds.). *Ecological Toxicity Testing: Scale, Complexity and Relevance*. Boca Raton, Lewis Publications. pp. 35-48.
- THIBERT, S. (1994). Exportations naturelles et anthropiques des ions majeurs et des elements nutritifs dans le bassin de la Seine. These de doctorat de Luniv. De Paris VI, 204p.
- TRUCCOLO, E.C. (1998). Maré meteorológica e forçantes atmosféricas locais em São Francisco do Sul, SC. MSc. Dissertation, UFSC. 100p.

TSIRKUNOV, V.V.; NIKANOROV, A.M.; LAZNIK, M.M.; DONGWEI, Z. (1991). Analysis of long-term and seasonal river water quality changes in the Latvian S.S.R., Soviet Union. *Wat. Res.* 26 (5) 1203-1216.

TUNDISI, J.G. & MATSUMURA-TUNDISI, T. (2003). Integration of research and management in optimizing multiple uses of reservoirs: the experience in South America and Brazilian case studies. *Hydrobiologia*, 500: 231-242.

TUNDISI, J.G. (1999). *Limnologia no Século XXI: perspectivas e desafios*. IEE, São Carlos. 24p.

TURNER, R.E. & RABALAIS, N.N. (1994). Coastal eutrophication near the Mississippi river delta. *Nature*, 368 (6472) 619-621.

UNEP-IETC (2001). Planejamento e gerenciamento de lagos e reservatórios: uma abordagem integrada ao problema da eutrofização. Série de Publicações Técnicas [11P], Osaka. 385p.

VALENTIM, J.L. (2000). *Ecologia Numérica: uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos*. Rio de Janeiro: Interciência. 117p.

VALIELA, I.; COLLINS, G.; KREMER, J.; LAJTHA, K.; GEIST, M.; SEELY, B; BRAWLEY, J.; SHAM, C.H. (1997). Nitrogen loading from coastal watersheds to receiving waters: Evaluation of methods and calculation of loading to Waquoit Bay. *Ecol. Applic.* 7:358-380.

VANNOTE, R.L.; MINSHALL, G.W.; CUMMINS, K.W.; SEDELL, J.R.; CUSHING, C.E. (1980). The river continuum concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* (37) 130-137.

von SPERLING, M. (1996). *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 2a. ed. DESA – UFMG, Belo Horizonte. 243p.

WALSH, F. E.; MERRIL, R. G. (1984). Algal bioassays of industrial and energy process effluents. In: SHUBERT, L. E. (ed.) *Algae as ecological indicators*. London: Academic press, 434p.

WEISS, R.F. (1970). The solubility of nitrogen, oxygen and argon in water and seawater. *Deep-Sea Research*, 17: 721–735.

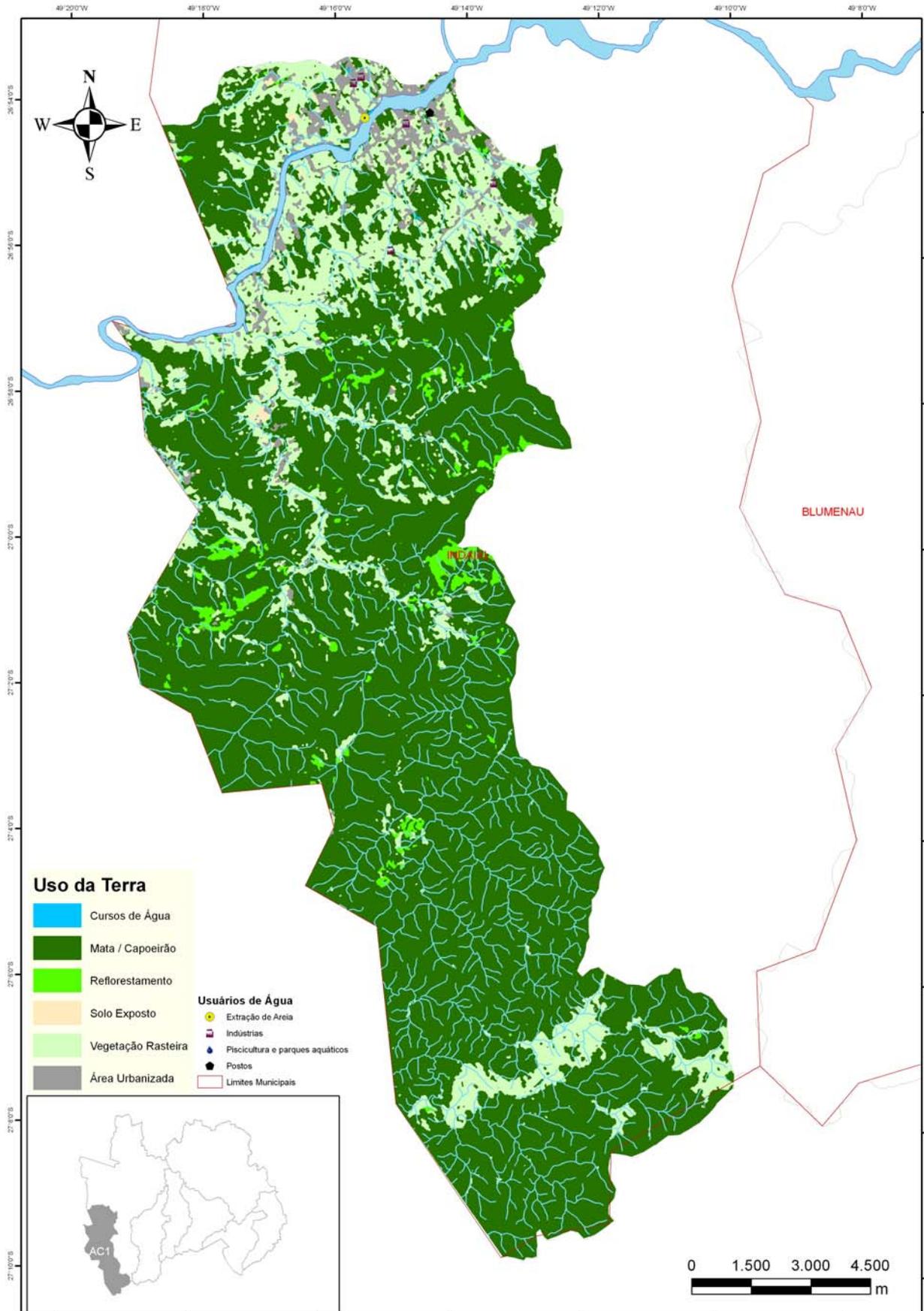
WHITE, P.A., RASMUSSEN, J.B. (1998). The genotoxic hazards of domestic wastes in surface waters. *Mutation Research*, 410: 223-236.

WHO - World Health Organization. (1992). *Our planet, our health: Report of the WHO commission on health and environment*. Geneva: World Health Organization.

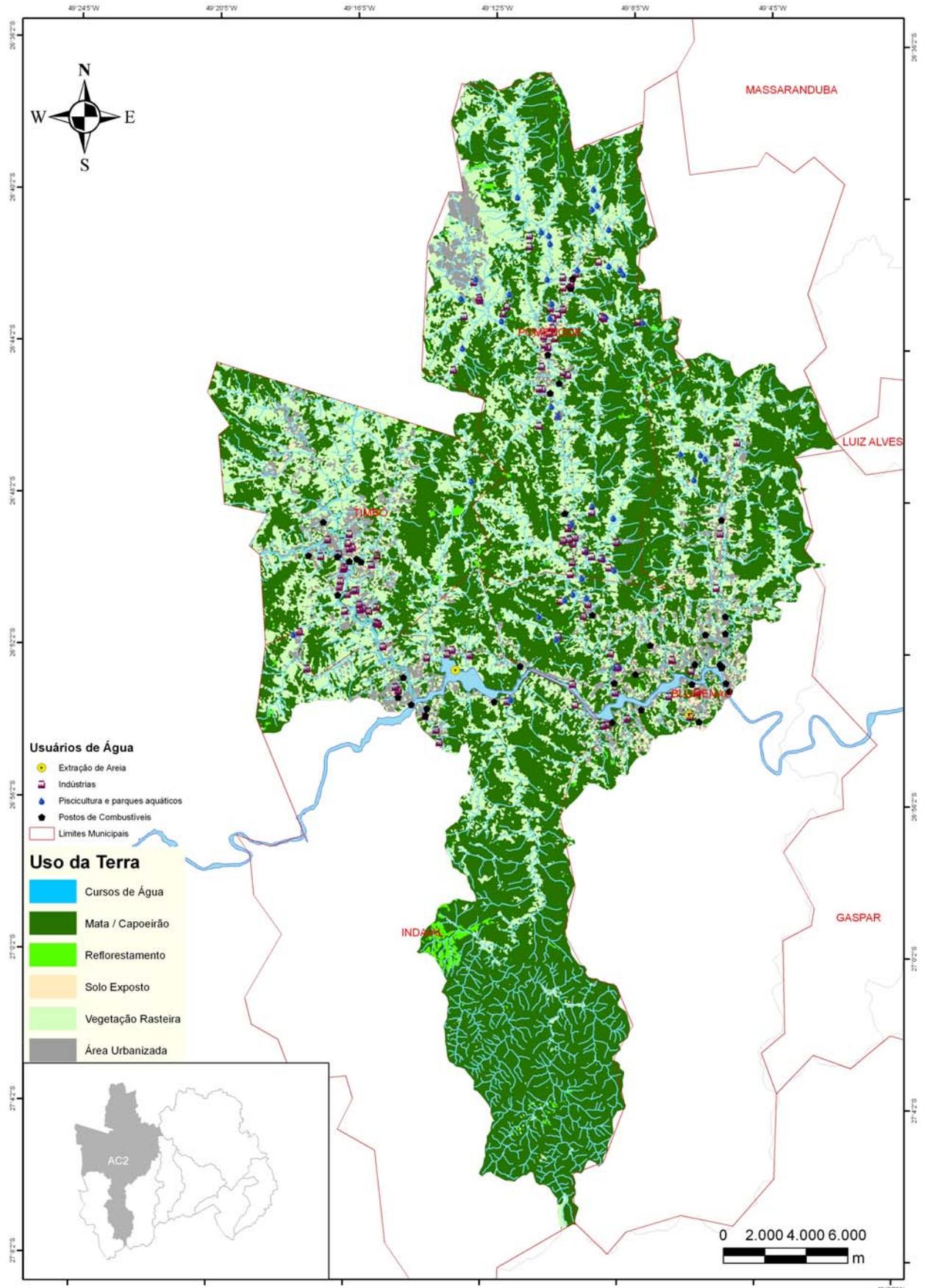
ZAR, J.H. (1999). *Biostatistical Analysis*. 4th, Ed. Prentice Hall, Upper Sadle River.

## **9. ANEXOS**

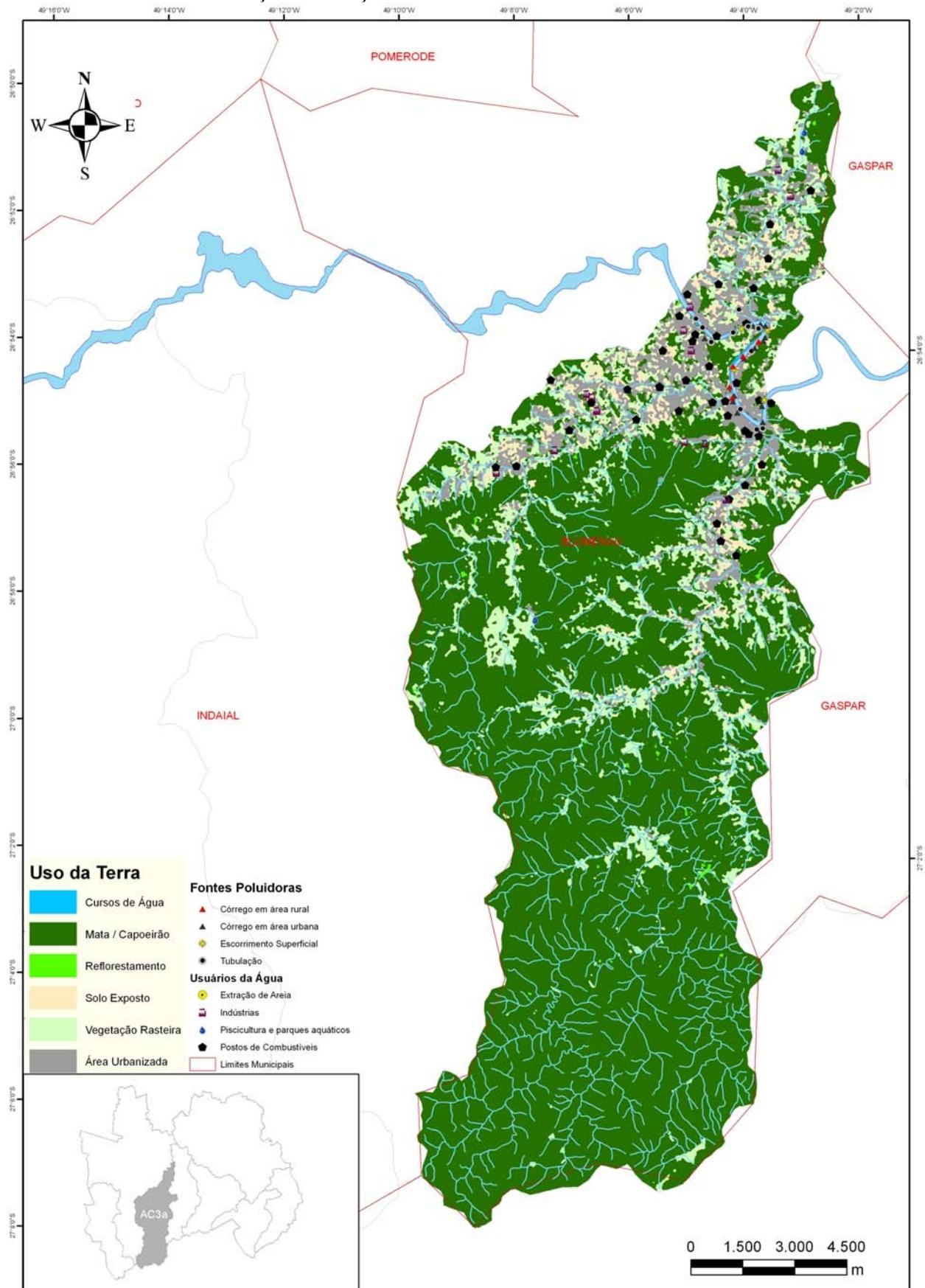
Anexo 1. Área de Contribuição da estação amostral #1.



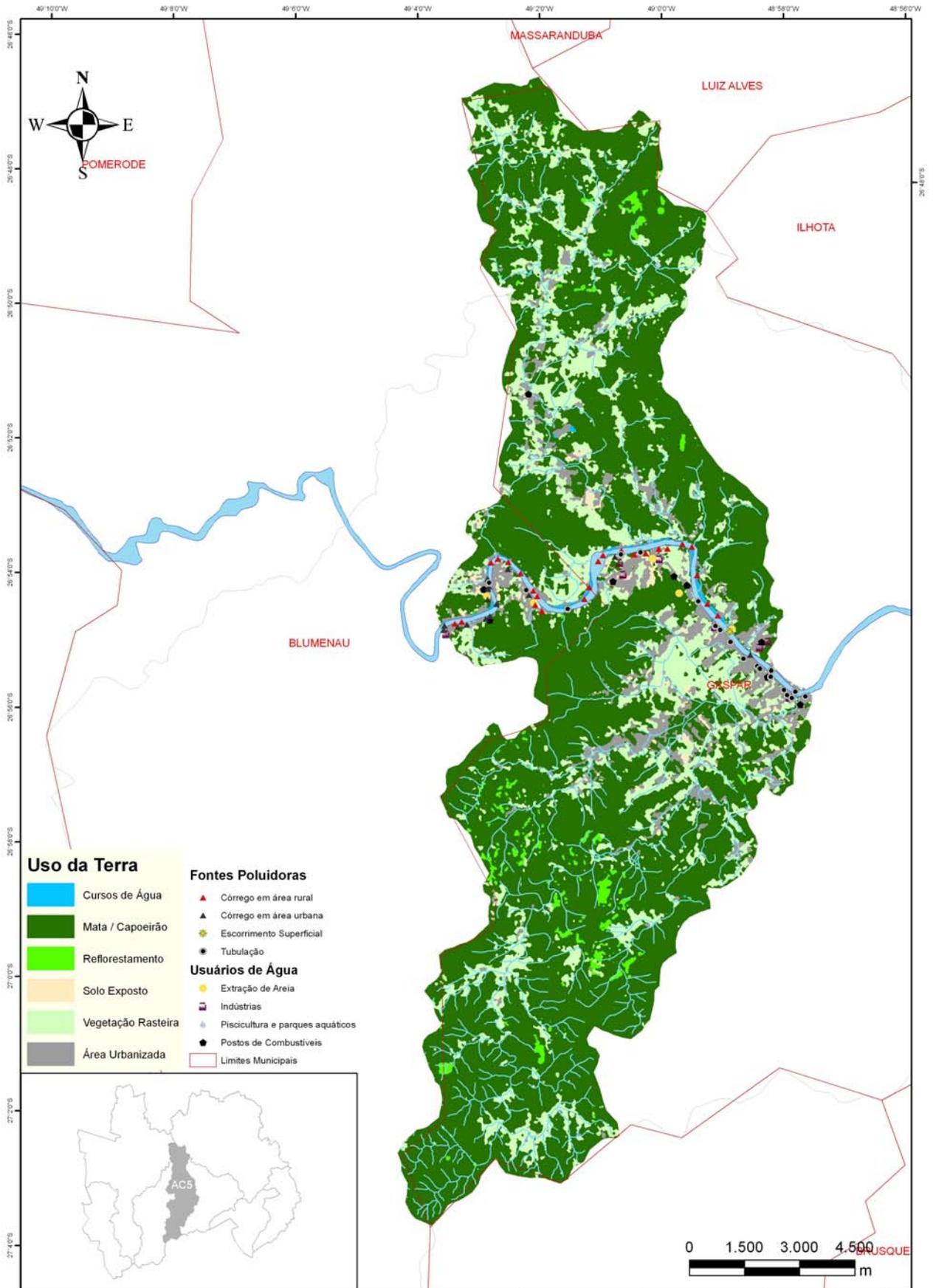
## Anexo 2. Área de Contribuição da estação amostral #2.



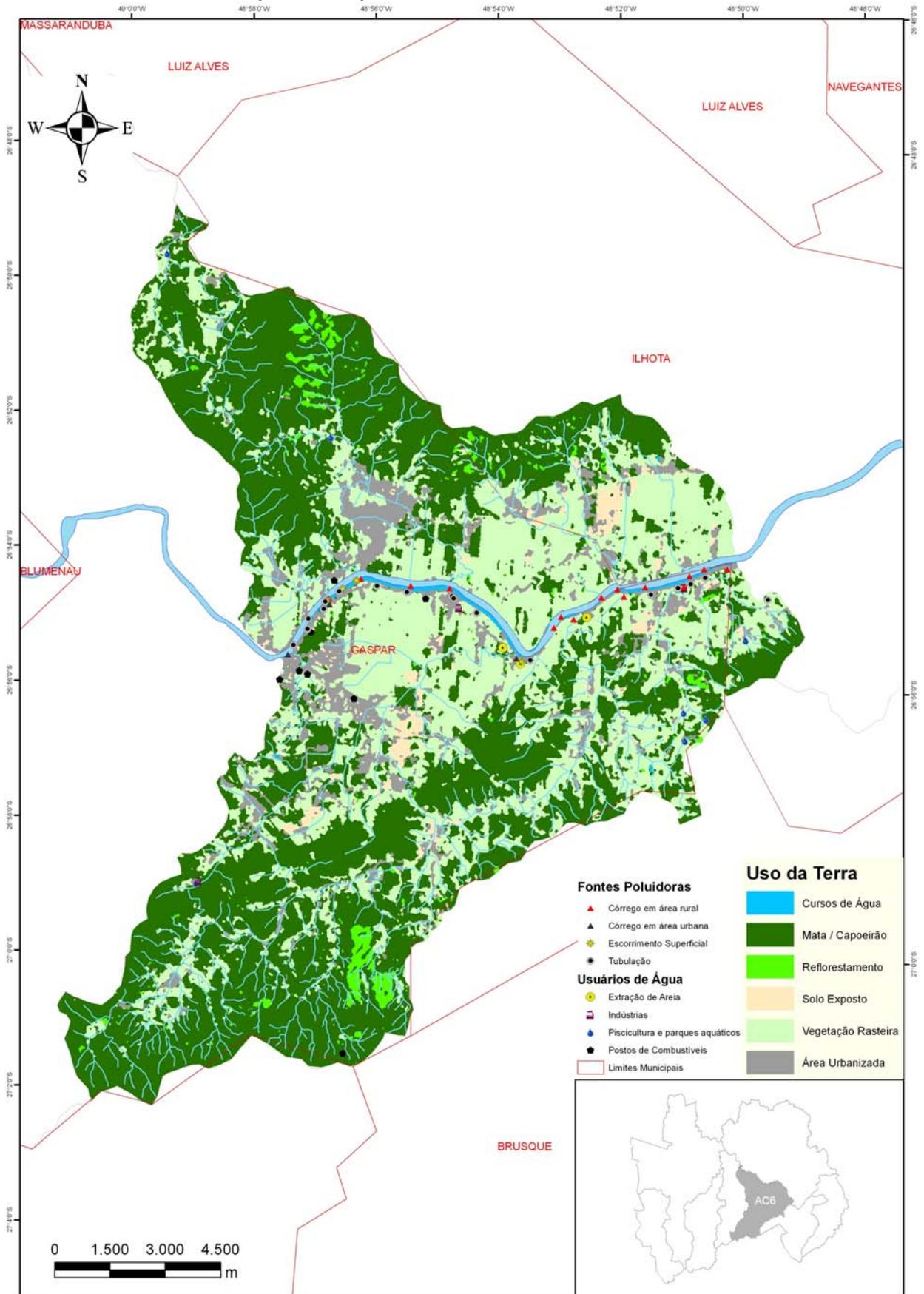
Anexo 3. Área de Contribuição da estação amostral #3a.



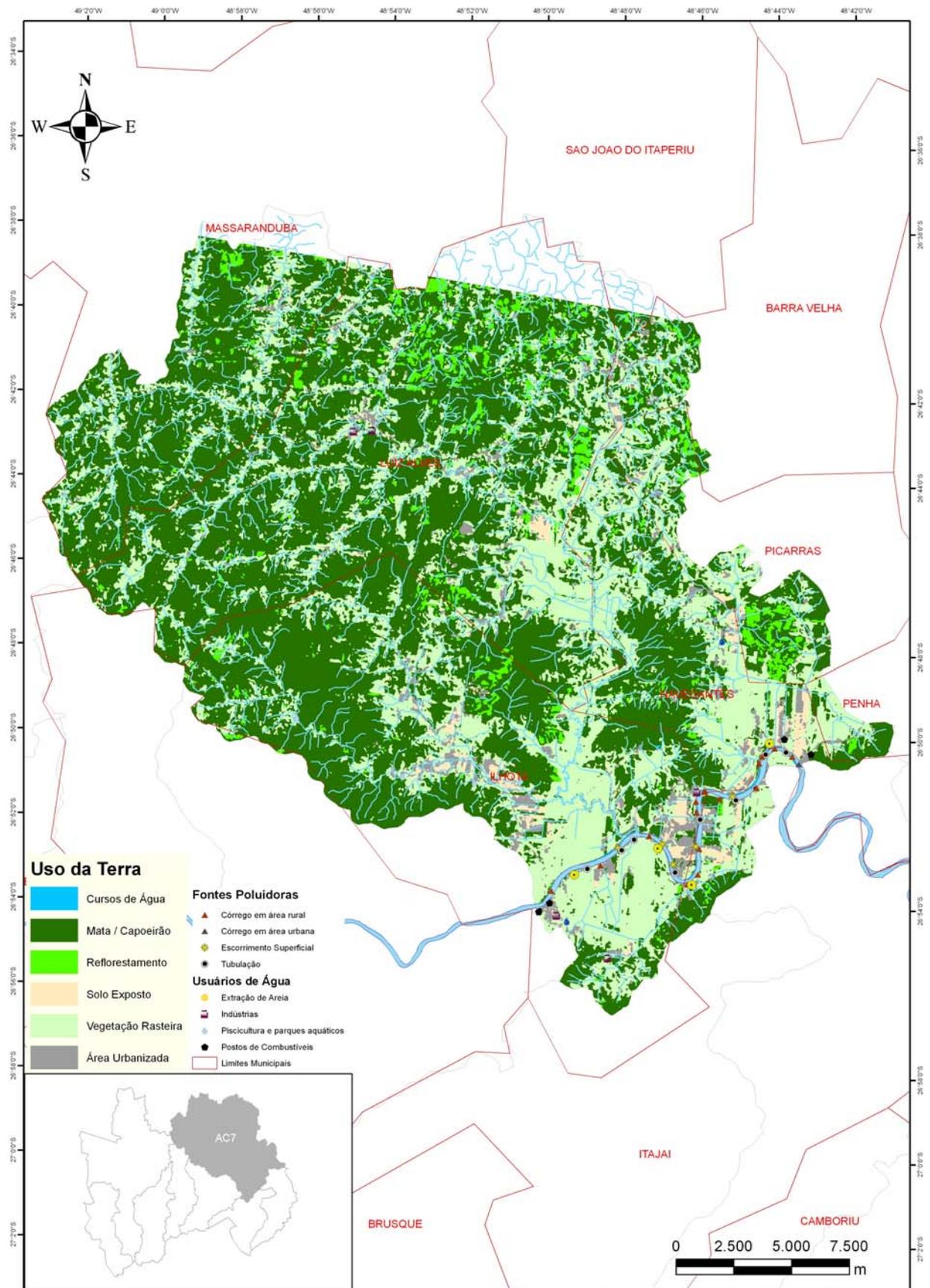
Anexo 4. Área de Contribuição da estação amostral #5.



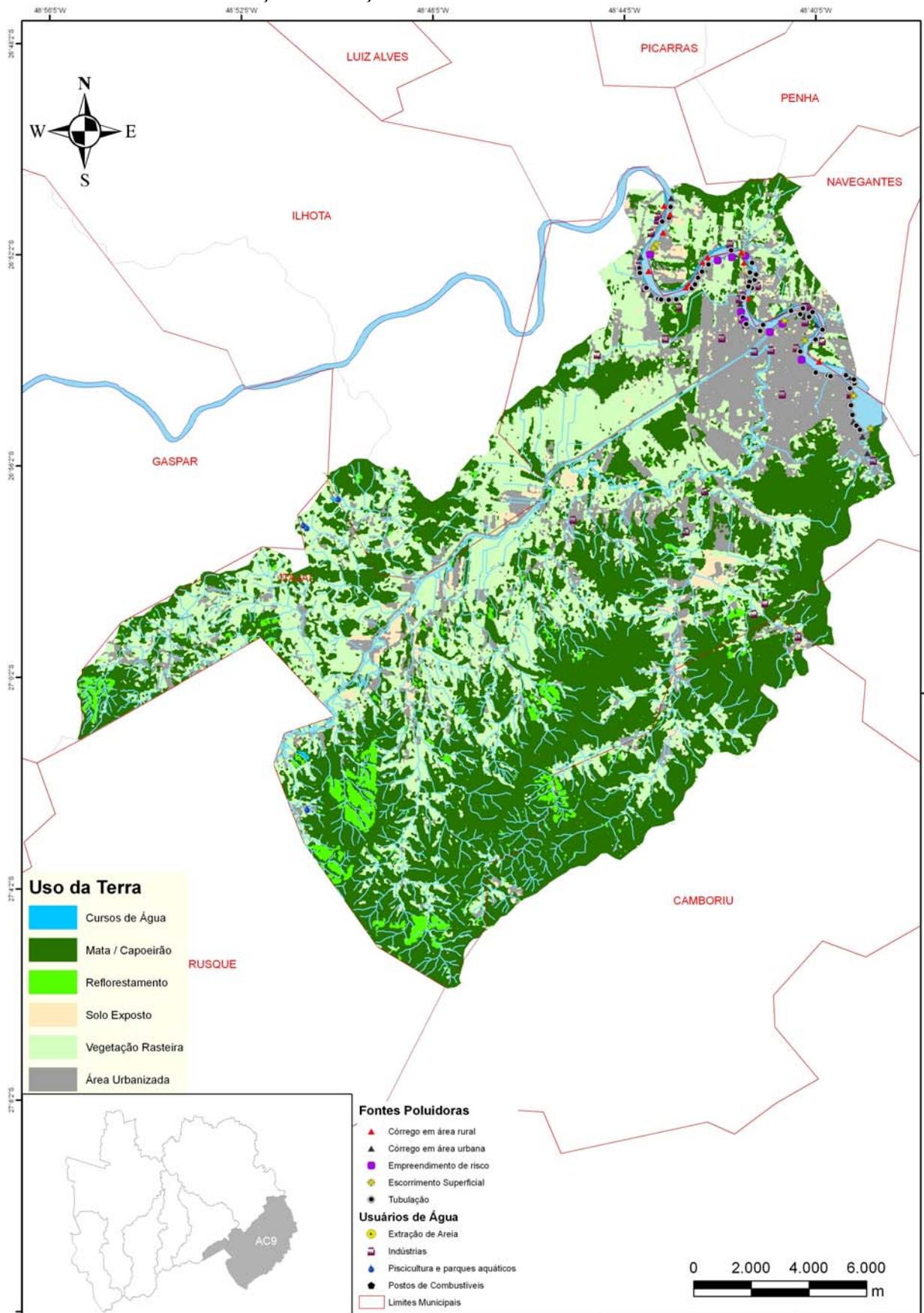
Anexo 5. Área de Contribuição da estação amostral #6.



Anexo 6. Área de Contribuição da estação amostral #7.



Anexo 7. Área de Contribuição da estação amostral #9.



Anexo 8. Dados brutos de precipitação pluviométrica (Pr. Pluv.), temperatura média diária do ar (Temp. média) e Descarga líquida do rio Itajaí-Açu.

DATA	INDAIAL		BLUMENAU		ITAJAÍ		INDAIAL Descarga (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )
	Pr. Pluv. (mm)	Temp. média (°C)	Pr. Pluv. (mm)	Temp. média (°C)	Pr. Pluv. (mm)	Temp. média (°C)	
1/10/2003	0	-	0	22,05	0	19,7	130,78
2/10/2003	0	-	-	22,8	0	20,3	96,68
3/10/2003	0	-	0	24,5	0	21,9	79,14
4/10/2003	0	-	-	25,5	0	22,6	74,98
5/10/2003	0	-	0	23,1	0	22,4	64,99
6/10/2003	1,6	-	0,3	23,6	2,5	21,3	59,29
7/10/2003	0,1	-	1,1	21,75	1,7	20,2	74,98
8/10/2003	0	-	-	23	0	22,1	169,00
9/10/2003	91,8	-	46,8	21,35	53,7	20,1	655,67
10/10/2003	0	-	-	22,3	0	19,6	359,91
11/10/2003	10,9	-	6,4	16,95	2,7	16	321,58
12/10/2003	0	-	-	21,8	0	17,5	257,12
13/10/2003	0	-	0	21,15	0	17,6	214,33
14/10/2003	0	-	-	20,75	0	18	169,00
15/10/2003	0	-	0	21,4	0,3	18,6	128,20
16/10/2003	0	-	-	21,7	0	18	113,20
17/10/2003	0	-	0	21	0	18,9	101,29
18/10/2003	0	-	-	25,95	0	20,4	96,68
19/10/2003	2,9	-	0	22,6	1,7	23,2	83,39
20/10/2003	0,3	-	2,2	20,9	0	21,3	81,25
21/10/2003	3,2	-	0,9	22,65	2,4	20,4	83,39
22/10/2003	3,9	-	-	20,3	18,6	20,7	96,68
23/10/2003	0	-	24,4	22,4	0	19,2	101,29
24/10/2003	0	-	-	24,05	0	21	94,41
25/10/2003	0	-	0,6	24,4	0	22,9	87,73
26/10/2003	40,9	-	32	21,5	39,5	23,1	146,66
27/10/2003	9,8	-	3,6	20,45	0,5	20,6	433,33
28/10/2003	0	-	-	23,3	0	20,4	314,13
29/10/2003	2,6	-	0,9	22,95	0,3	21,5	230,41
30/10/2003	1,1	-	0,5	26	0	22	186,60
31/10/2003	0	-	0,5	22,1	7,3	23,3	152,13
1/11/2003	12	-	6,6	19,2	10	21	141,29
2/11/2003	0	-	0,5	19,45	0	18,4	141,29
3/11/2003	0	-	-	18,95	0	18	174,79
4/11/2003	0	-	0	18,5	0	17,4	146,66
5/11/2003	0	-	-	20,2	0	19	120,61
6/11/2003	5,8	-	0	21,15	49,8	19,6	105,99
7/11/2003	9,9	-	8,8	22,85	189	19,8	110,78
8/11/2003	0	-	-	25,75	0	20	118,12
9/11/2003	0	-	-	26,9	0	21,4	110,78
10/11/2003	0	-	-	25,7	0	22,5	89,94
11/11/2003	0	-	-	27,55	0	23,3	83,39
12/11/2003	20,5	-	-	24,7	0,9	24	79,14
13/11/2003	17,7	-	16,5	20,35	8,4	23,4	169,00
14/11/2003	0	-	-	23	0	19,8	233,68
15/11/2003	0	-	-	24,3	0	21,6	163,29
16/11/2003	25,2	-	2,3	27,45	7,6	22,3	120,61
17/11/2003	0	-	11,3	28,2	0	23,9	314,13
18/11/2003	2,4	-	-	26,25	0	26,2	246,96
19/11/2003	0	-	0,1	26,25	0	25,4	195,66
20/11/2003	0	-	-	21	0	22,8	146,66
21/11/2003	0	19,8	0	23,45	0	20,4	120,61
22/11/2003	0	22,5	-	27,3	0	22	113,20
23/11/2003	0	24,9	0	28,15	0	24,1	101,29
24/11/2003	13,7	24,6	-	26,95	1,1	24,4	89,94
25/11/2003	9,5	24,1	3,2	24,1	29	23,4	103,63
26/11/2003	9,5	24,1	12,6	26,35	0,6	23,5	115,65
27/11/2003	14,3	24,6	0,6	26,55	0,8	25,6	128,20
28/11/2003	0,3	23,7	0,5	24,55	0,2	22,9	177,71
29/11/2003	0	21,4	-	23,4	0	21,4	149,39
30/11/2003	0	22,5	0	28,45	0	22,2	108,37
1/12/2003	0	25,8	-	27,65	0	25,4	83,39
2/12/2003	0	25,4	0	27,8	0	24,4	70,92
3/12/2003	0	26,6	0,8	23,65	0,3	25,6	66,94
4/12/2003	3,3	23,7	1	28,75	24,9	23,6	63,07
5/12/2003	5,3	25,8	3,3	28,15	8,5	25,6	70,92
6/12/2003	0	22,8	-	23,95	0	22,9	96,68
7/12/2003	0	22,5	0,1	25	0	22,1	123,12
8/12/2003	2,5	24,1	0,4	24,05	1,2	24,4	85,55

Anexo 8. *Continuação.*

DATA	INDAIAL		BLUMENAU		ITAJAÍ		INDAIAL Descarga (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )
	Pr. Pluv. (mm)	Temp. média (°C)	Pr. Pluv. (mm)	Temp. média (°C)	Pr. Pluv. (mm)	Temp. média (°C)	
9/12/2003	33,5	21,4	23,7	20,65	18,9	21,6	149,39
10/12/2003	0	21	-	27,2	0	21,8	171,88
11/12/2003	43,2	22,9	7,3	23,7	31,5	22,2	118,12
12/12/2003	12,6	22,9	51,4	21,75	9,1	22,6	769,93
13/12/2003	4,2	20,6	-	23,55	2,6	21,3	539,78
14/12/2003	33,9	23	40,5	26,35	45	23,7	586,94
15/12/2003	9,8	24,5	18,7	26,4	14,9	25,2	665,75
16/12/2003	0,8	23,9	0,3	20,9	0,6	23,7	802,39
17/12/2003	2,9	19,6	2,3	21,45	0,6	20,7	706,67
18/12/2003	2,1	20	-	21,05	0,4	20,9	512,27
19/12/2003	2,5	20	-	21,95	6,2	21,1	332,89
20/12/2003	16,2	22,4	8,1	24,7	36,2	22,4	285,04
21/12/2003	15,1	23,1	17	27,5	10	24,2	549,08
22/12/2003	1,4	24,4	-	26,55	3,4	25,6	-
23/12/2003	0	24,1	2,6	24,25	6	-	-
24/12/2003	0	21,9	-	22,1	0	23	-
25/12/2003	0	21,2	0	22,75	0	21,8	270,93
26/12/2003	0	21,3	1,2	24,05	1,7	21,5	217,50
27/12/2003	0,8	23,4	-	27,15	0	23,2	186,60
28/12/2003	0	25,9	0	26,5	0	25,1	169,00
29/12/2003	2,6	24,3	-	24,15	1,3	23,7	149,39
30/12/2003	3,1	22,7	0,8	23,9	2,6	22,8	195,66
31/12/2003	16,7	23,6	7,8	20,55	5	24	250,33
1/1/2004	12,4	19,6	11,7	22,9	0,3	21	299,44
2/1/2004	0	21,9	-	23,7	0	21,9	-
3/1/2004	0	22,3	0,2	25,15	0,5	22	263,99
4/1/2004	0	21,6	-	25,25	0	22,5	204,91
5/1/2004	1,9	23,2	2,7	25,35	6,2	22,3	169,00
6/1/2004	0,2	25,1	0,1	26,3	0	23,8	152,13
7/1/2004	0	24,6	-	26,1	0,4	24,2	128,20
8/1/2004	0	24,5	0,4	27,15	28,9	24,1	118,12
9/1/2004	0	25,5	5,5	28	16,4	25	110,78
10/1/2004	0	25,9	0,6	27,2	0,2	25,1	120,61
11/1/2004	32,6	25	-	25,3	2	25	118,12
12/1/2004	0	24,2	47,7	24,9	0,2	23,7	115,65
13/1/2004	0	23,9	0,4	25,45	5,7	23	120,61
14/1/2004	5,7	23,9	-	27,7	1,3	23,6	108,37
15/1/2004	2,3	25,3	0,9	26,9	0	24,8	125,65
16/1/2004	1,4	24,4	4,3	26,5	2,9	24,9	152,13
17/1/2004	7,4	24,7	3,8	25,1	0	23,8	130,78
18/1/2004	3,5	23,8	4,1	25,2	2,1	23,8	115,65
19/1/2004	0	23,6	-	23,1	0,5	23,7	101,29
20/1/2004	6,8	22	6,6	24,7	6,3	22,9	98,98
21/1/2004	0	23,5	11,6	24,8	19,1	23,1	94,41
22/1/2004	3,2	24,4	1,6	24,85	0,2	24,5	89,94
23/1/2004	4,8	-	-	24,65	82,6	24,2	87,73
24/1/2004	9,1	23,8	2,2	26	10,3	23,5	96,68
25/1/2004	3,4	24,7	5,1	25,75	17,3	24,1	101,29
26/1/2004	1,2	24,8	6,7	27,55	5,9	24,2	101,29
27/1/2004	3,5	24,8	17,1	23,7	12,2	24,8	110,78
28/1/2004	0,3	25,4	0,2	28,2	9,4	24,4	120,61
29/1/2004	0,4	25,5	39,6	28,3	5,5	26	105,99
30/1/2004	0	26,4	5,8	29,15	0,2	27	128,20
31/1/2004	0	25,9	-	29,6	0	26,2	135,99
1/2/2004	9,2	25,9	-	29,55	13,4	25,6	120,61
2/2/2004	39,2	26,4	20	27,85	0,8	26,8	118,12
3/2/2004	0	26,9	0,2	30,8	0	26,1	128,20
4/2/2004	0	28,1	-	30,05	0,1	27,1	118,12
5/2/2004	40,6	25,5	-	26,3	21,9	26	120,61
6/2/2004	0	24,5	40,7	23,15	0,2	24,4	125,65
7/2/2004	0	21,9	0	23,65	0	22,3	101,29
8/2/2004	0	22,4	1,6	23,85	2,2	23	141,29
9/2/2004	8,1	21,6	0,8	24,6	3,3	-	115,65
10/2/2004	0,2	23	2	24,95	2,5	-	105,99
11/2/2004	3,6	23,7	8,7	25,25	10,3	-	92,16
12/2/2004	2,4	23,5	2,2	26,1	0,9	24,3	83,39
13/2/2004	0,7	24,9	1,6	25,2	4,5	24,1	79,14
14/2/2004	17,2	23,7	4,3	26,1	7,7	24	77,05
15/2/2004	10,2	25,3	23,6	25,95	18,8	24,4	101,29
16/2/2004	0,7	24,5	1,5	27,45	0	-	89,94
17/2/2004	0	25,6	-	28,85	0	-	92,16
18/2/2004	0	25,6	0	25,35	0,2	-	74,98
19/2/2004	4,2	21,3	9,6	23,1	4,2	-	92,16

Anexo 8. *Continuação.*

DATA	INDAIAL		BLUMENAU		ITAJAÍ		INDAIAL Descarga (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )
	Pr. Pluv. (mm)	Temp. média (°C)	Pr. Pluv. (mm)	Temp. média (°C)	Pr. Pluv. (mm)	Temp. média (°C)	
20/2/2004	0	22,5	-	25,9	0	22,6	108,37
21/2/2004	0	24,3	0	24,85	0	24,1	118,12
22/2/2004	0	23,5	-	25,4	0	24,4	101,29
23/2/2004	0	23,7	0	25,25	0	-	89,94
24/2/2004	0	24	-	26	0	23,5	94,41
25/2/2004	0	23,3	0	26,2	0	23,5	81,25
26/2/2004	14,3	21,8	-	25,95	2	22,9	70,92
27/2/2004	37,6	21,9	6,3	24,9	0	22,5	87,73
28/2/2004	1	22,8	36,8	25,7	0,3	22,5	96,68
29/2/2004	0	23,5	-	24,8	0	23,1	89,94
1/3/2004	0	23,1	0	27,25	0	23	74,98
2/3/2004	2	25,4	1,1	27,5	3,1	25,1	66,94
3/3/2004	1,7	25,2	-	24,85	4,8	25,5	63,07
4/3/2004	0	23	0	23,3	0	22,6	63,07
5/3/2004	0	22,7	-	25,85	0	22	57,43
6/3/2004	0	23,9	0	27,7	0	23,7	55,60
7/3/2004	0	25,5	-	28,5	0	24,6	52,02
8/3/2004	7,4	25	-	27,35	0	25,5	48,53
9/3/2004	1,7	25,8	49,8	27,55	0,3	25,6	74,98
10/3/2004	4,4	25,7	4,4	25,45	3,9	25,7	63,07
11/3/2004	0	23,9	0,3	21,6	0	24,6	57,43
12/3/2004	5,2	20,8	5,7	22,35	3,1	21,7	63,07
13/3/2004	5,1	21,7	7,4	24,95	35,6	21,7	66,94
14/3/2004	11,5	23,6	14,3	27	53,5	23,3	70,92
15/3/2004	0	25,5	-	26,3	1,6	24,9	83,39
16/3/2004	0	23,8	-	25,15	0	24,2	96,68
17/3/2004	0	23,3	-	23,6	0	23,5	83,39
18/3/2004	0	22,6	-	24,5	0,3	22,3	70,92
19/3/2004	34,9	22	2	22,5	8,1	22,5	92,16
20/3/2004	0,5	21,9	17,3	23,5	2,5	22,2	105,99
21/3/2004	0	21,6	-	22,75	0	21,3	92,16
22/3/2004	0	20,9	0	23,4	0	21,1	92,16
23/3/2004	0	21,6	-	23,4	0	21,2	83,39
24/3/2004	0	21,6	0	22,7	0	21,4	63,07
25/3/2004	0	20,8	-	24,1	0	21,1	59,29
26/3/2004	0	21,6	0	26,05	0	22,3	52,02
27/3/2004	0	24,3	-	24,7	0	23,6	52,02
28/3/2004	3,7	22,1	0	22,65	15,8	23,5	52,02
29/3/2004	2,3	22,1	25	24,45	16,6	20,9	52,02
30/3/2004	0	23,4	-	26,1	0	22,3	59,29
31/3/2004	0	23,6	0	25,8	0,3	23,1	55,60
1/4/2004	0	23,4	0	26,7	0	22,4	57,43
2/4/2004	0	24,8	0	24,75	0	24,1	55,60
3/4/2004	10,9	22,9	5,1	25,95	4,4	23	52,02
4/4/2004	0	24,6	-	26,9	0,6	23,9	59,29
5/4/2004	23,5	23,5	0,3	26,55	0	23,8	92,16
6/4/2004	0,8	24,7	7,6	28,3	0	24,1	138,63
7/4/2004	0	25,7	4,4	27	0	25	110,78
8/4/2004	0	25,3	-	27	1,9	24,7	108,37
9/4/2004	0	24,9	0	26,15	0	24,5	101,29
10/4/2004	1,9	21,9	-	22,85	7,8	21,8	92,16
11/4/2004	9,1	21,5	12,2	25,1	80,7	21	79,14
12/4/2004	0	23,7	4,5	26,1	0,2	23,2	105,99
13/4/2004	0	24,3	-	25,2	0	23,6	96,68
14/4/2004	0,8	23,8	0	27,2	1,6	24,1	70,92
15/4/2004	0	25,3	1,6	26,9	0,1	24,9	66,94
16/4/2004	0	24,3	0	28,4	0	25,3	63,07
17/4/2004	0	25,6	-	25,05	0,1	25,1	63,07
18/4/2004	0,1	23,8	0	23,45	0,1	23,7	59,29
19/4/2004	19,3	22,2	13,9	22	9,6	22,8	66,94
20/4/2004	0	20,3	0,6	20,9	0,1	20,6	169,00
21/4/2004	7,4	20,1	0,3	23,5	3,6	22	171,88
22/4/2004	3	23,5	6,7	25,4	0,6	24,4	146,66
23/4/2004	6	23,6	6,4	25,1	4,4	23	115,65
24/4/2004	0	22,4	-	19,2	0	21,3	115,65
25/4/2004	0,6	17,3	0,3	19	0	16,5	115,65
26/4/2004	0	17,4	-	21,3	0,1	17	92,16
27/4/2004	0	19,7	0	20,2	0	18,7	83,39
28/4/2004	0,7	19,5	-	22,9	0	19,4	74,98
29/4/2004	1,3	20,2	1,6	22,7	0,2	19,5	70,92
30/4/2004	0	21,5	-	19,4	0	20,4	63,07
1/5/2004	12,1	19,6	19,3	22,8	8,2	19,1	63,07
2/5/2004	0	20,4	0,6	23,3	0	20,8	92,16

Anexo 8. *Continuação.*

DATA	INDAIAL		BLUMENAU		ITAJAÍ		INDAIAL Descarga (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )
	Pr. Pluv. (mm)	Temp. média (°C)	Pr. Pluv. (mm)	Temp. média (°C)	Pr. Pluv. (mm)	Temp. média (°C)	
3/5/2004	6,4	21,4	-	21,4	3	21,8	157,67
4/5/2004	3,5	20,6	7,9	20,65	11,5	20,4	299,44
5/5/2004	0,8	20,1	-	21,4	0,4	20,5	217,50
6/5/2004	0	19,9	0	20,55	0,3	20,5	201,81
7/5/2004	37,1	16,5	22,6	20	29,9	17,8	292,20
8/5/2004	0	18,5	5,5	19,7	0	18,5	404,11
9/5/2004	0	16,7	-	19,4	0,2	17	332,89
10/5/2004	0	16,2	0	20,2	0,2	16,8	227,15
11/5/2004	0	17,3	-	17,4	0,1	17	169,00
12/5/2004	14,8	16,6	13,7	19	10	16,5	157,67
13/5/2004	0	17,9	-	21,4	0,1	18,2	169,00
14/5/2004	0	17,4	0	17,95	0	18,1	163,29
15/5/2004	0	14,6	-	17	0	15,9	157,67
16/5/2004	0	14	0	17,15	0	13,9	141,29
17/5/2004	0	13,9	-	17,6	0	15,3	110,78
18/5/2004	0	16,2	0	18,25	0	16	103,63
19/5/2004	0	15,8	-	19,05	0	15,9	94,41
20/5/2004	0	17,3	0	16,1	0	16,6	87,73
21/5/2004	0,5	15,2	-	17,1	0,5	15,6	83,39
22/5/2004	5	16,8	1,9	20,3	10,8	17	81,25
23/5/2004	1,9	19,7	10	20,7	11,2	19,6	94,41
24/5/2004	0	19,7	-	19,5	0,1	19,3	96,68
25/5/2004	18,5	17,2	9	16,8	15,6	18	128,20
26/5/2004	0	16,2	5,8	15,8	0	16,5	169,00
27/5/2004	0	12,8	-	14,65	0	13,3	204,91
28/5/2004	0	12,5	0	17	0	11,8	141,29
29/5/2004	0	15,7	-	17,6	0	14,1	125,65
30/5/2004	0	15,3	0	17,4	0	15,6	105,99
31/5/2004	0,4	16,1	-	18,3	0	16,6	94,41
1/6/2004	1,4	17	3	19,6	1,6	17	92,16
2/6/2004	1	17,3	2,1	19,6	7,1	18	92,16
3/6/2004	4,2	16,8	-	18,5	4,2	17,2	83,39
4/6/2004	0	15,6	15	16,35	0,2	16,5	83,39
5/6/2004	0	13	-	15,7	0	14,1	89,94
6/6/2004	0	13,2	0	17,8	0	14,2	83,39
7/6/2004	0	14,6	-	17,8	0,1	15,1	72,94
8/6/2004	0	15,6	0	19,6	0	15,4	70,92
9/6/2004	0	16,9	0,6	16,25	1	16,6	66,94
10/6/2004	11,9	16,2	9,9	19,45	88,5	15,6	74,98
11/6/2004	3,2	19,1	14,2	14,5	18,1	18,5	141,29
12/6/2004	35	11,4	36,5	12,3	41,2	11,8	696,34
13/6/2004	0	8,5	-	11,6	0	8,8	429,11
14/6/2004	0	9,5	0	14,5	0,3	9,5	246,96
15/6/2004	0	11,2	-	15,1	0	12,6	195,66
16/6/2004	0	13,3	0	19,8	0	14,8	157,67
17/6/2004	0	16,9	-	17,3	0,1	17,3	83,39
18/6/2004	0	17,2	0	18,7	0,1	16,7	118,12
19/6/2004	0	17,1	-	21,3	0	18,4	113,20
20/6/2004	0	18,9	0	22,25	0	19,2	96,68
21/6/2004	0	17,6	-	21,5	0	18,9	92,16
22/6/2004	0	18,9	0	21,8	0	18,3	87,73
23/6/2004	0	18,5	-	21,25	0	19,3	83,39
24/6/2004	0	17,8	0	19,65	0	18,7	83,39
25/6/2004	0	17,7	0,2	22,1	0	18,3	83,39
26/6/2004	0	20	-	21,4	0,8	19,9	83,39
27/6/2004	1,8	19,3	1,6	19,7	0,6	19,8	83,39
28/6/2004	0	18,8	0,2	22,9	0,1	19,4	79,14
29/6/2004	0,3	20,1	-	22,8	0,4	20,6	79,14
30/6/2004	0	20,5	0	23,7	0	20,7	77,05
1/7/2004	18,6	20,3	-	22,5	16,1	20,3	74,98
2/7/2004	0	19,8	13,1	22,8	0,3	20,4	96,68
3/7/2004	0	20,2	-	17,6	0	20,3	92,16
4/7/2004	39,9	16,5	41,1	17,3	38,2	16,1	128,20
5/7/2004	1,6	14,9	3,1	16,6	0,9	15,3	494,26
6/7/2004	0	14,9	-	19,4	0,1	15,4	521,37
7/7/2004	0	17,5	0	16,9	0	17,3	314,13
8/7/2004	39,6	17	51,2	14	45,1	16,6	367,79
9/7/2004	4,6	13,6	2,1	15,4	0,3	13,9	535,15
10/7/2004	0	13,3	-	11,5	0,3	12,8	437,57
11/7/2004	0	8,4	0	9,1	0	7,9	306,74
12/7/2004	0	9,3	-	17,2	0	10,5	214,33
13/7/2004	0	16	0	22,6	0	17	183,62
14/7/2004	0	20	-	18,9	0	19,6	166,14

Anexo 8. *Continuação.*

DATA	INDAIAL		BLUMENAU		ITAJAÍ		INDAIAL Descarga (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )
	Pr. Pluv. (mm)	Temp. média (°C)	Pr. Pluv. (mm)	Temp. média (°C)	Pr. Pluv. (mm)	Temp. média (°C)	
15/7/2004	27,7	17,8	28,3	16	16,7	17,8	198,73
16/7/2004	35	15,2	28,5	14,5	28,5	15,3	791,51
17/7/2004	0,5	13,4	1,5	13,35	0,2	13,5	891,63
18/7/2004	0	12,5	0,8	14	0	13,4	691,21
19/7/2004	12,1	13,4	5,4	15,9	10,6	14,5	606,26
20/7/2004	2,3	14,8	9,6	15	3	15,7	544,42
21/7/2004	0	13,7	0,2	16,6	0	13,6	387,80
22/7/2004	0,5	14,2	-	17,55	0	14,3	336,70
23/7/2004	0,7	14,6	0	17,2	0,7	15,1	281,48
24/7/2004	0	15,2	0,2	16,9	0,2	14,6	257,12
25/7/2004	0,5	16,1	0,2	19,1	2,9	15,4	217,50
26/7/2004	0	16,9	0,1	18,6	0	15,2	186,60
27/7/2004	0	15,9	-	17,3	0	15,4	171,88
28/7/2004	0	16	0,6	18,6	0,2	16,6	157,67
29/7/2004	0	17	0,2	19,25	0	16,6	146,66
30/7/2004	11,8	15,8	-	14,7	0	-	141,29
31/7/2004	0,3	13,7	6,8	15,6	0,2	13,5	149,39
1/8/2004	0	13	-	15,5	0	13,6	157,67
2/8/2004	0	14	0	18,2	0	13	135,99
3/8/2004	0	17,5	-	21,3	0	17	125,65
4/8/2004	0	19,2	0,5	22,1	1	19,8	120,61
5/8/2004	0	19,8	-	23,7	0	19	115,65
6/8/2004	0	20,6	0	18,15	0	20,3	113,20
7/8/2004	4,9	14,9	8,4	12,3	6,3	15,3	110,78
8/8/2004	0	9,5	-	13,8	0	9,2	105,99
9/8/2004	0	12,5	0	15,5	0	13,4	108,37
10/8/2004	0	14,4	-	17,5	0	13,7	96,68
11/8/2004	0	15,4	0	17,5	0	14,9	94,41
12/8/2004	0	14,6	-	17,2	0	14,2	92,16
13/8/2004	0	15	0,9	17,95	0,3	14,6	87,73
14/8/2004	0	16,6	-	20,3	0	16	87,73
15/8/2004	0	18,7	1,2	20,85	0	18,7	83,39
16/8/2004	0	18,8	-	21,65	0	19,5	81,25
17/8/2004	0	19,6	0	22,7	0	18,1	81,25
18/8/2004	0	19,9	-	21,4	0	18,5	79,14
19/8/2004	0	19,7	0	21,4	0	19,1	77,05
20/8/2004	0	20,4	-	22,7	0	19,5	74,98
21/8/2004	0	20,6	0	23	0	19,8	74,98
22/8/2004	1,9	16	0,1	17,1	0	15,8	74,98
23/8/2004	0,1	16,6	0,1	17,55	0	15,4	74,98
24/8/2004	0	15,4	-	16,25	0	15,7	74,98
25/8/2004	0	18,1	0	19,5	0	18,5	68,92
26/8/2004	0	17	0	18,8	0	17,3	70,92
27/8/2004	33,8	15,7	22,7	15,35	22,7	-	70,92
28/8/2004	10,4	19,3	10,9	22	10,9	18,6	146,66
29/8/2004	0	18	0	22,6	0	17,9	204,91
30/8/2004	0	18,7	0,1	22,05	0,1	19,1	192,62
31/8/2004	0	18,4	0	20,85	0	16,8	115,65
1/9/2004	0,4	19	0	19,85	0	-	96,68
2/9/2004	0	21,7	0	24,8	0	21	89,94
3/9/2004	0	20,6	0	22,25	0	20,8	83,39
4/9/2004	0,2	18,4	0,4	18,85	0,4	18,5	81,25
5/9/2004	0,1	20,3	0	21,8	0	20,7	77,05
6/9/2004	0	21	0,2	22,55	0,2	20,4	72,94
7/9/2004	0	21,9	0	24,35	0	20,9	70,92
8/9/2004	0	22,5	0	25,1	0	21,4	66,94
9/9/2004	0,3	21	0	21,75	0	20,4	66,94
10/9/2004	0	21,1	0,1	22,1	0,1	20,9	61,17
11/9/2004	2,7	16,6	0	19,6	0	16,9	63,07
12/9/2004	1,8	14,2	2,2	14,75	2,2	15,4	61,17
13/9/2004	37,7	17	2,3	16,3	2,3	18,1	163,29
14/9/2004	105,2	18,1	21,8	18,05	21,8	18,1	1738,72
15/9/2004	0,1	16,6	0	19,3	0	17,1	1143,99
16/9/2004	0	17,4	0	19,15	0	16,6	824,34
17/9/2004	0	18,5	0	18,85	0	18	611,13
18/9/2004	0,6	20,7	0	22,45	0	20,7	521,37
19/9/2004	0	22,6	0	23,9	0	21,5	321,58
20/9/2004	0	23	0	24,1	0	21	195,66
21/9/2004	0	23,4	0	24,95	0	22	169,00
22/9/2004	3	24	0	25,75	0	23,1	152,13
23/9/2004	4,5	18,1	19	18,55	19	18,2	163,29
24/9/2004	3,3	19,5	3,5	20,45	3,5	19,6	163,29
25/9/2004	0,8	20,5	0	22,25	0	21	177,71

Anexo 8. *Continuação.*

DATA	INDAIAL		BLUMENAU		ITAJAÍ		INDAIAL Descarga (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )
	Pr. Pluv. (mm)	Temp. média (°C)	Pr. Pluv. (mm)	Temp. média (°C)	Pr. Pluv. (mm)	Temp. média (°C)	
26/9/2004	4,3	21,7	2,5	24,2	2,5	22,1	166,14
27/9/2004	2,2	22,6	5	23,35	5	22,4	163,29
28/9/2004	1,6	21,2	0	22,8	0	22,1	177,71
29/9/2004	0	19,4	2	22,35	2	19,1	299,44
30/9/2004	0	16,7	0	18,3	0	17,7	274,43
1/10/2004	0	18,7	0	20,25	0	18,2	211,17
2/10/2004	0	21,1	0	23,25	0	20	152,13
3/10/2004	0	19,3	0	21,45	0	18,4	143,97
4/10/2004	0	19,4	0	22,55	0	18,9	130,78
5/10/2004	0	19,3	0	20,85	0	18,6	118,12
6/10/2004	0	17,6	0	20,35	0	17	110,78
7/10/2004	0	16,2	0	18,25	0	15,7	98,98
8/10/2004	0	17,3	0	17,9	0	16,1	92,16
9/10/2004	0,6	20,2	0,1	21,6	0,1	19,1	92,16
10/10/2004	27,1	18,5	26,4	18,45	26,4	18,8	96,68
11/10/2004	0	21,4	0	22,4	0	20,3	321,58
12/10/2004	1,5	20	0	19,95	0	20,2	260,55
13/10/2004	35,8	20,7	26,8	21,2	26,8	21,1	686,08
14/10/2004	0	21,1	0	24,4	0	19,7	885,94
15/10/2004	0	19,4	0	19,95	0	19,8	686,08
16/10/2004	0,2	22,2	0,1	23,6	0,1	22,2	582,15
17/10/2004	14,9	22,7	9,6	23,5	9,6	21,8	507,74
18/10/2004	20,5	20,1	0	22,4	0	-	359,91
19/10/2004	1,4	21,5	13,2	23,1	13,2	-	429,11
20/10/2004	0	17,8	0	20,55	0	18	344,37
21/10/2004	0	17,6	0	18,3	0	18,6	277,95
22/10/2004	2,6	19,2	2	19,45	2	20	240,28
23/10/2004	0,7	20,6	3,8	20,4	3,8	21,1	223,92
24/10/2004	37,8	19,5	27,3	23,2	27,3	19,4	257,12
25/10/2004	67,6	17,5	47,2	19,95	47,2	18,3	1938,25
26/10/2004	0	18,1	0	19,45	0	17,9	1266,54
27/10/2004	0	19,7	0	22,65	0	20,1	914,55
28/10/2004	0	16,9	0	18,55	0	16	780,69
29/10/2004	0	18,5	0	19,45	0	18,6	711,86
30/10/2004	0	22	0	24,6	0	21,5	686,08
31/10/2004	6,7	20,8	4,5	21,3	4,5	20,7	596,57
1/11/2004	0	20,6	0	22,25	0	21,1	494,26
2/11/2004	0	22	0	23,4	0	21,6	375,74
3/11/2004	13,6	24	0	27	0	23,5	317,84
4/11/2004	0	24,4	16,2	27	16,2	24,1	424,90
5/11/2004	0	26,1	4,1	27,7	4,1	25,5	412,38
6/11/2004	0	22,5	0	27,05	0,1	21,2	375,74
7/11/2004	0	17,8	0	19,6	0	18,9	299,44
8/11/2004	3,8	17,9	1,4	20,1	1,4	19,5	217,50
9/11/2004	3,6	19,6	4	20,15	4	20,5	204,91
10/11/2004	6,4	20,8	11,1	21,8	11,1	21,5	204,91
11/11/2004	15,2	21,7	17,8	23,3	17,8	21,9	336,70
12/11/2004	0	21,3	0	22,8	0	22	494,26
13/11/2004	0	19,1	0,1	22,1	0,1	20,2	416,53
14/11/2004	0	18,6	0,9	19,9	0,9	19,6	336,70
15/11/2004	16,8	18,9	7,1	19,7	7,1	19,7	246,96
16/11/2004	0,3	21,7	6,5	21,95	6,5	22,1	230,41
17/11/2004	6,4	23,7	5,7	26,45	5,7	23,2	236,97
18/11/2004	0,3	22,3	0,1	24,9	0,1	24	211,17
19/11/2004	0	21,9	0	24,7	0	21	183,62
20/11/2004	0	21	0	22,9	0	20,3	169,00
21/11/2004	0	21,1	0	23,65	0	20	149,39
22/11/2004	0	21,4	0	23,35	0	23,5	133,37
23/11/2004	0	23	0	24,4	0	22,8	125,65
24/11/2004	0	23,7	0	26,3	0	23,8	120,61
25/11/2004	0	24,5	22,5	26,95	22,5	25,9	115,65
26/11/2004	0	25,5	0,3	28	0,3	24,6	115,65
27/11/2004	13,2	23,5	1	24,9	1	23,6	115,65
28/11/2004	22,7	22,9	15,7	26,75	15,7	22,2	128,20
29/11/2004	0	23	0	23,95	0	22,7	336,70
30/11/2004	0	22,1	0	23	0	21,7	211,17
1/12/2004	0,3	21,3	0,2	22,95	0,2	22,6	163,29
2/12/2004	1,7	22	0,4	23,4	0,4	22,7	141,29
3/12/2004	3,7	21,8	26,2	21,95	26,2	22	130,78
4/12/2004	0	25,9	0,1	27,8	0,1	24,7	125,65
5/12/2004	0	25,6	0	26,8	0	25,3	115,65
6/12/2004	2,4	25,2	0	26,9	0	25,7	110,78
7/12/2004	1,6	24,5	5,8	24,9	5,8	24,2	204,91

Anexo 8. *Continuação.*

DATA	INDAIAL		BLUMENAU		ITAJAÍ		INDAIAL Descarga (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )
	Pr. Pluv. (mm)	Temp. média (°C)	Pr. Pluv. (mm)	Temp. média (°C)	Pr. Pluv. (mm)	Temp. média (°C)	
8/12/2004	8,4	24,9	14,9	27,9	14,9	25,6	204,91
9/12/2004	26,8	20,7	11,4	22,35	11,4	21,5	433,33
10/12/2004	9,6	19,6	12,9	21,4	12,9	22,4	572,62
11/12/2004	1,2	19	2,1	20,5	2,1	20,1	616,01
12/12/2004	0,4	21,7	2,1	23	2,1	21,7	549,08
13/12/2004	0	23,3	0	24,9	0	22,6	416,53
14/12/2004	0	22,9	0	24,6	0	23,4	336,70
15/12/2004	0	24	0	25,7	0	24	250,33
16/12/2004	10,2	24,1	29,5	27,35	29,5	25,7	211,17
17/12/2004	41,8	21,3	11,7	22,8	11,7	22,2	321,58
18/12/2004	0,7	21,3	0	22,05	0	22,3	383,76
19/12/2004	2,2	23,6	1,6	26,7	1,6	24,8	281,48
20/12/2004	0	24,3	0,5	26,15	0,5	24,8	217,50
21/12/2004	0	21,4	0	23,05	0	21,9	204,91
22/12/2004	0	18,8	0,2	20,2	0,2	21,1	180,65
23/12/2004	11,4	18,5	23,9	19,55	23,9	19,1	186,60
24/12/2004	3,4	21,3	38,6	22	38,6	21,9	220,70
25/12/2004	0,4	25,5	0	26,95	0	24,4	223,92
26/12/2004	0	25,4	0	27,9	0	26	214,33
27/12/2004	0	23,7	0	26,9	0	23,9	169,00
28/12/2004	0	23,9	0	25,45	0	23	146,66
29/12/2004	0	24,8	0,6	26,6	0,6	23,8	128,20
30/12/2004	0	26,2	0,1	28,05	0,1	25,4	120,61
31/12/2004	0	27,3	0	29,2	0	26,6	105,99
<i>n</i>	340	458	458	406	458	444	454
<i>Média</i>	5,4	22,4	4,36	20,6	4,9	20,6	197,4
<i>Total</i>	1837	-	1999	-	2245	-	-
<i>Máximo</i>	51,4	30,8	105,2	28,1	189	27,1	1938,25
<i>Mínimo</i>	0	9,1	0	8,4	0	7,9	48,5
<i>Desvio Padrão</i>	10,2	3,7	11	3,7	14	3,5	207
<i>Erro Padrão</i>	0,55	0,17	0,51	0,18	0,65	0,17	9,7

Anexo 9. Dados brutos de Material Particulado em Suspensão (MPS) e Turbidez.

Data	MPS (mg.L <sup>-1</sup> )									Turbidez (UNT)								
	#0	#1	#2	#3A	#5	#6	#7	#8	#9	#0	#1	#2	#3A	#5	#6	#7	#8	#9
22/8/2003	8,0	2,0	2,0	17,0	51,0	11,0	36,0	2,0		0	5	0	0	40	124	25	80	8
29/8/2003	8,0	11,0	8,0	16,0	72,0	22,0	65,0	7,0	7,0	1	21	18	17	48	133	26	109	20
5/9/2003	6,0	12,0	17,0	9,0	21,0	48,0	12,0	58,0	13,0	1	17	14	12	39	108	21	99	16
12/9/2003	22,0	35,0	30,0	18,0	26,0	86,0	51,0	24,0	26,0	10	40	70	60	32	57	132	106	23
19/9/2003	21,0	23,0	20,0	20,0	39,0	38,0	81,0	12,0	16,0	7	33	27	25	36	86	69	165	17
26/9/2003	6,0	24,0	28,0	22,0	47,0	78,0	67,0	51,0	31,0	1	22	25	19	66	105	35	69	29
3/10/2003	7,3	70,5	59,1	54,2	33,3	31,4	37,8	86,0	22,5	0	90	98	34	25	58	42	129	11
10/10/2003	29,7	225,0	168,7	279,2	247,8	132,0	16,0	151,7	100,0	47	359	466	506	489	257	148	284	159
17/10/2003	4,5	49,1	58,4	49,6	71,8	108,8	100,9	49,6	45,9	-	-	-	-	44	49	-	-	-
24/10/2003	14,8	38,7	51,6	63,0	59,8	38,0	83,5	38,8	39,5	3	10	11	13	32	17	67	-	-
31/10/2003	10,3	98,1	44,7	110,5	123,7	145,0	142,9	129,2	54,9	5	166	250	296	404	277	302	84	76
7/11/2003	8,9	50,6	55,9	49,2	47,0	97,8	37,8	362,8	121,1	6	79	84	78	87	220	57	624	96
14/11/2003	-	55,3	-	-	-	-	-	-	-	24	146	85	60	57	95	85	74	9
21/11/2003	-	41,9	-	-	-	-	-	-	-	0	87	104	107	144	164	98	102	5
28/11/2003	9,2	30,8	39,6	31,2	39,2	60,6	36,3	65,8	13,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4/12/2003	-	42,6	-	-	-	-	-	-	-	0	64	46	62	50	151	0	14	7
12/12/2003	-	236,4	-	-	-	-	-	-	-	147	502	398	307	310	150	130	999	63
19/12/2003	-	99,2	-	-	-	-	-	-	-	2	293	383	378	385	409	438	275	292
6/1/2004	-	51,9	-	-	-	-	-	-	-	2	38	36	37	45	46	44	31	18
23/1/2004	-	40,2	-	-	-	-	-	-	-	1	32	24	17	28	32	49	125	10
30/1/2004	7,8	27,1	33,5	38,6	23,8	31,3	43,6	68,1	31,6	2	27	36	47	26	32	47	74	27
6/2/2004	18,4	64,9	140,4	89,2	85,0	133,7	50,9	13,2	-	17	62	169	103	105	211	46	446	13
13/2/2004	3,3	25,0	28,5	22,1	28,1	51,2	51,2	60,9	14,5	0	20	24	19	35	49	47	61	12
27/2/2004	4,1	28,6	27,1	19,2	28,9	46,0	37,0	89,0	14,3	1	21	21	17	28	50	32	114	6
5/3/2004	2,5	20,0	20,7	24,6	36,1	92,2	37,3	60,3	5,8	1	16	15	26	46	97	24	79	5
12/3/2004	3,3	15,4	19,8	20,3	33,5	30,9	38,1	65,8	14,0	0	9	13	15	31	38	32	86	1
19/3/2004	4,6	14,8	13,1	22,9	28,4	44,9	16,7	43,0	11,8	1	49	11	10	26	49	9	32	7
26/3/2004	6,5	16,8	22,3	23,5	43,1	41,0	36,5	53,7	16,9	0	11	8	16	95	67	46	82	1
1/4/2004	4,5	31,7	24,6	26,5	50,4	60,3	15,0	37,0	20,9	0	11	15	31	92	94	7	37	4
15/4/2004	0,8	28,3	22,5	21,7	34,4	19,9	26,5	30,2	9,4	0	44	38	39	73	62	36	58	17
22/4/2004	3,3	28,1	29,8	28,7	23,1	38,8	35,5	8,3	22,5	2	61	66	51	55	79	89	51	19
29/4/2004	1,2	23,1	16,1	18,2	41,8	39,4	18,3	17,8	10,3	0	30	29	27	89	88	29	38	9
6/5/2004	2,9	98,6	59,1	65,5	38,1	23,3	36,4	49,2	9,3	9	204	172	137	90	74	84	118	318
13/5/2004	1,6	51,7	54,1	55,3	52,9	70,3	70,9	56,4	7,9	0	75	78	87	99	120	124	112	34
20/5/2004	15,3	22,3	17,1	16,6	39,7	58,1	39,6	23,2	6,1	3	35	41	30	98	87	87	87	12
27/5/2004	6,1	30,6	35,9	26,4	25,6	33,2	35,9	38,2	18,1	7	58	64	54	71	80	82	77	25
3/6/2004	1,7	19,9	19,1	21,4	34,2	62,7	40,3	46,7	19,8	3	27	31	28	67	120	75	106	18
17/6/2004	22,1	17,8	26,2	22,7	72,1	173,1	13,8	55,0	14,2	74	131	127	134	135	233	188	157	69
24/6/2004	0,8	20,1	16,4	17,6	42,6	41,6	47,1	30,2	10,3	0	24	26	23	103	89	63	81	19
1/7/2004	1,2	2,0	6,6	5,4	25,9	23,1	7,1	18,2	18,9	1	26	25	20	68	121	35	38	9
8/7/2004	18,4	244,2	152,1	163,2	95,0	86,8	146,1	192,5	90,1	46	487	313	323	237	269	267	363	156
15/7/2004	0,8	59,4	14,5	15,3	23,2	70,5	56,5	39,0	12,6	9	142	57	57	70	145	115	95	29
22/7/2004	-	30,2	23,8	14,3	-	28,6	27,1	13,3	21,1	8	76	75	80	102	156	140	190	152
29/7/2004	9,5	15,3	15,2	17,8	41,2	26,4	29,7	6,1	32,1	0	27	25	25	31	78	52	67	15
5/8/2004	9,5	1,3	4,2	5,5	14,5	18,3	47,1	24,6	8,6	3	28	30	21	79	147	136	57	21
12/8/2004	2,1	2,7	5,4	5,3	22,5	24,4	13,2	38,3	13,3	20	17	14	14	64	63	21	100	14
19/8/2004	0,8	3,3	0,8	5,4	11,3	18,3	37,9	18,8	2,1	0	12	12	13	53	58	118	73	5
26/8/2004	3,3	28,9	8,9	15,0	20,5	35,1	17,3	60,4	32,0	0	25	16	12	45	78	11	68	15
2/9/2004	14,9	25,9	8,3	24,1	26,2	33,5	37,4	24,6	7,0	7	58	40	35	45	143	215	71	15
9/9/2004	19,6	32,6	3,3	21,6	5,0	5,8	15,2	8,6	23,0	1	26	28	18	14	128	28	41	25
16/9/2004	24,7	15,4	2,0	36,4	26,1	18,1	10,7	15,8	12,5	51	778	922	981	917	999	717	423	581
23/9/2004	41,5	27,5	34,7	44,2	38,6	31,8	64,4	38,5	26,8	68	23	38	38	34	49	71	45	12
30/9/2004	51,6	153,3	59,0	27,2	32,8	28,8	68,3	8,8	66,5	2	989	138	54	64	64	91	26	16
7/10/2004	16,1	33,0	15,9	20,0	28,1	28,7	14,1	44,0	26,0	0	6	14	12	22	68	64	7	8
21/10/2004	26,2	41,5	325,9	17,5	25,3	23,6	30,8	35,9	67,6	3	93	127	109	53	64	47	38	55
28/10/2004	12,1	160,0	137,0	176,7	171,1	160,9	144,1	34,7	114,3	6	367	343	340	327	345	290	61	250
4/11/2004	-	67,5	-	-	-	-	-	-	-	94	16	17	22	18	89	24	51	50
11/11/2004	18,1	43,9	53,7	62,7	35,5	66,7	64,8	73,0	29,4	21	35	66	61	47	95	92	100	31
18/11/2004	15,6	35,5	36,1	78,7	17,9	20,4	20,9	51,9	11,1	45	39	53	49	25	52	53	77	22
25/11/2004	5,9	7,0	250,6	16,0	41,3	12,6	241,2	59,3	14,5	2	12	18	13	25	58	36	12	9
2/12/2004	50,4	38,6	47,7	49,4	86,8	74,0	30,7	21,0	5,1	1	70	75	65	81	129	68	43	17
9/12/2004	7,6	201,9	608,6	552,1	44,3	68,6	52,1	60,5	29,1	1	387	999	999	130	164	86	97	12
16/12/2004	1,0	76,9	42,9	93,6	40,0	65,3	36,0	35,0	38,8	5	175	214	197	165	217	232	64	64
n	54	63	55	55	54	55	55	55	53	61	61	61	61	61	62	61	61	60
Média	11,4	50,3	55,7	50,7	46,5	53,8	48,5	51,0	27,4	12,6	112	111	106	104	129	96	123	51
Máximo	51,63	244,17	608,62	552,14	247,76	173,14	241,18	362,80	121,13	147,00	989	999	999	917	999	717	999	581
Mínimo	0,82	1,25	0,83	5,33	4,96	5,76	7,08	2,00	2,08	0	5	0	0	14	17	0	7	1
Desvio	11,7	55,9	96,9	83,7	39,6	38,7	41,0	55,2	27,0	26,5	185	189	193	144	136	114	158	96
Padrão																		
Erro Padrão	1,5	7,0	13,0	11,2	5,3	5,2	5,5	7,4	3,7	3,3	23	24	24	18	17	14	20	12

Anexo 10. Dados brutos de *Condutividade e Salinidade*.

Data	Condutividade ( $\mu\text{S.cm}^{-2}$ )									Salinidade (‰)								
	#0	#1	#2	#3a	#5	#6	#7	#8	#9	#0	#1	#2	#3a	#5	#6	#7	#8	#9
22/8/2003	31	97	105	125	137	131	6770	2700	25400	0	0	0	0	0	0	3,6	1,3	15,5
29/8/2003	29	91	97	124	127	129	11300	934	29700	0	0	0	0	0	0	6,4	0,4	18,6
5/9/2003	29	90	104	123	122	126	6000	2100	22000	0	0	0	0	0	0	3,1	1	13,3
12/9/2003	30	90	90	140	110	138	676	194	15200	0	0	0	0	0	0	0,2	0	8,8
19/9/2003	27	76	83	97	113	107	2240	684	12800	0	0	0	0	0	0	10	0,2	7,3
26/9/2003	32	35	109	134	130	125	16700	3160	43100	0	0	0	0	0	0	9,8	1,5	27,7
3/10/2003	31	86	97	191	102	104	1040	228	10400	0	0	0	0	0	0	0,4	0	5,8
10/10/2003	28	63	57	73	60	79	134	99	1180	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5
17/10/2003	25	65	79	143	78	73	825	332	9100	0	0	0	0	0	0	0,3	0	5,1
24/10/2003	29	81	86	157	106	95	6470	1120	24100	0	0	0	0	0	0	3,5	0,4	14,7
31/10/2003	29	60	65	71	71	70	276	201	9200	0	0	0	0	0	0	0,1	0	5,1
7/11/2003	28	71	82	146	88	77	4080	79	11200	0	0	0	0	0	0	2,1	0	6,4
14/11/2003	26	72	83	135	101	96	2540	225	14900	0	0	0	0	0	0	1,2	0	8,7
21/11/2003	32	66	84	121	80	74	3690	1130	18300	0	0	0	0	0	0	1,8	0,5	10,9
28/11/2003	30	75	82	105	96	92	4030	2680	27800	0	0	0	0	0	0	2	1,2	17,1
4/12/2003	30	77	82	91	102	99	13100	2990	26900	0	0	0	0	0	0	7,6	1,4	16,7
12/12/2003	21	59	36	93	87	88	127	143	9200	0	0	0	0	0	0	0	0	5,1
19/12/2003	25	48	51	62	51	50	105	94	4620	0	0	0	0	0	0	0	0	2,4
6/1/2004	28	47	48	53	54	49	620	597	19500	0	0	0	0	0	0	0,2	0,2	11,6
23/1/2004	28	79	85	102	97	87	1020	288	19400	0	0	0	0	0	0	0,4	0,1	11,6
30/1/2004	26	74	80	102	84	89	303	175	6470	0	0	0	0	0	0	0,1	0	3,4
6/2/2004	25	76	88	104	94	74	181	94	9300	0	0	0	0	0	0	0	0	5,2
13/2/2004	29	85	110	173	97	93	1000	300	11000	0	0	0	0	0	0	0,4	0,01	6
27/2/2004	32	98	109	118	127	98	1990	248	15400	0	0	0	0	0	0	0,9	0	9
5/3/2004	33	92	91	112	114	112	16500	1370	31700	0	0	0	0	0	0	9,7	0,6	19,9
12/3/2004	30	97	96	120	125	120	1880	990	13100	0	0	0	0	0	0	0,8	0,4	7,5
19/3/2004	30	115	111	132	145	114	13800	784	30100	0	0	0	0	0	0	8	0,3	18,8
26/3/2004	26	107	105	135	110	111	3690	600	18700	0	0	0	0	0	0	1,8	0,2	11,2
1/4/2004	28	104	102	110	140	1360	19400	2390	38100	0	0	0	0	0	0,6	11,7	1	24,2
15/4/2004	26	830	89	113	114	9	5420	307	23500	0	0	0	0	0	0	2,8	0,1	14,4
22/4/2004	28	94	87	89	94	104	243	217	9400	0	0	0	0	0	0	0	0	5,2
29/4/2004	25	77	81	105	163	93	6050	890	20400	0	0	0	0	0	0	3,2	0,3	12,3
6/5/2004	24	72	72	80	129	860	122	142	12500	0	0	0	0	0	0	0	0	7,2
13/5/2004	23	62	67	72	84	69	706	165	15400	0	0	0	0	0	0	0,3	0	0,9
20/5/2004	24	76	86	110	100	74	3990	243	20200	0	0	0	0	0	0	0,2	0	12,1
27/5/2004	23	74	72	79	137	82	1610	392	13700	0	0	0	0	0	0	0,7	0,1	7,9
3/6/2004	24	74	78	77	102	85	3700	795	18600	0	0	0	0	0	0	1,9	0,3	11,3
17/6/2004	20	63	62	64	65	65	1650	149	22500	0	0	0	0	0	0	0,7	0	13,5
24/6/2004	23	81	73	79	80	73	1620	203	11400	0	0	0	0	0	0	0,7	0	6,5
1/7/2004	25	88	91	104	670	99	12900	2110	27600	0	0	0	0	0	0	7,5	1	17,3
8/7/2004	25	83	74	66	115	75	109	136	5310	0	0	0	0	0	0	0	0	12,7
15/7/2004	25	76	59	95	69	63	1340	19	30200	0	0	0	0	0	0	0,6	0	18,6
22/7/2004	22	55	49	51	55	48	62	117	1910	0	0	0	0	0	0	0	0	0,9
29/7/2004	24	64	59	64	95	64	2900	193	13900	0	0	0	0	0	0	1,4	0	8
5/8/2004	24	71	66	79	128	70	89	188	8920	0	0	0	0	0	0	0	0	4,9
12/8/2004	25	76	75	80	138	75	8100	749	18900	0	0	0	0	0	0	4,4	0,3	11,5
19/8/2004	25	118	98	117	137	94	207	202	16800	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	9,9
26/8/2004	25	94	85	104	122	305	11500	1840	37400	0	0	0	0	0	0,1	6,6	0,8	21,5
2/9/2004	26	77	84	89	92	81	292	294	13500	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1	7,8
9/9/2004	27	80	80	99	137	193	6540	2290	36000	0	0	0	0	0	0	3,5	1,1	22,9
16/9/2004	20	47	45	49	91	50	63	98	1020	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,4
23/9/2004	26	77	72	84	84	74	1350	193	20500	0	0	0	0	0	0	0,6	0,0	12,3
30/9/2004	27	67	70	77	92	780	97	135	10800	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	6,1
7/10/2004	26	78	114	89	130	79	149	260	17200	0	0	0	0	0	0	0,6	0,9	10,2
21/10/2004	26	64	61	64	67	65	74	151	3380	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	1,6
28/10/2004	25	50	42	42	91	45	50	105	720	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0
4/11/2004	24	56	60	61	67	57	77	122	6110	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	3,2
11/11/2004	28	69	66	70	77	70	76	135	7540	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	4,1
18/11/2004	26	68	64	71	77	69	71	41	18100	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	10,6
25/11/2004	27	77	75	81	89	81	4040	203	20600	0	0	0	0	0	0	2,0	0,0	12,4
2/12/2004	30	75	69	74	78	73	94	165	11200	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	6,3
9/12/2004	28	69	68	104	85	88	704	147	12300	0	0	0	0	0	0	0,3	0,0	6,9
16/12/2004	27	62	55	58	73	57	77	153	12300	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	7,0
<i>n</i>	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63
<i>Média</i>	27	88	78	97	109	132	3437	643	16630	0	0	0	0	0	0	2	0	10
<i>Máximo</i>	33	830	114	191	670	1360	19400	3160	43100	0	0	0	0	0	1	12	2	28
<i>Mínimo</i>	20	35	36	42	51	9	50	19	720	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Desvio Padrão</i>	3	96	18	31	76	207	4787	826	9633	0	0	0	0	0	0	3	0	6
<i>Erro Padrão</i>	0	12	2	4	10	26	603	104	1214	0	0	0	0	0	0,01	0,38	0,05	0,79

Anexo 11. Dados brutos de pH e temperatura da água.

Data	pH									Temperatura da água (°C)								
	#0	#1	#2	#3a	#5	#6	#7	#8	#9	#0	#1	#2	#3a	#5	#6	#7	#8	#9
22/8/2003	7,10	6,97	8,25	7,03	6,66	6,66	6,59	6,31	7,11	17,7	20	20,2	20	19	19,3	21,7	20	22,5
29/8/2003	7,20	7,11	7,59	6,93	6,70	6,61	6,77	6,44	7,03	13,3	18,3	18,3	18,2	19,1	18,8	19,4	18,4	19,1
5/9/2003	6,91	6,90	6,82	6,36	6,48	6,51	6,58	6,68	7,20	16,8	19,9	20	20	20,6	21,3	21	21	20,8
12/9/2003	6,40	6,90	6,70	5,80	6,71	6,72	6,69	6,51	6,55	14	19,2	19	20	20,3	21,1	20	21,1	21,1
19/9/2003	5,70	5,60	5,46	5,30	5,26	5,55	6,20	5,73	6,60	16,9	20,1	20,2	20	19,7	19,7	21,4	19,8	21,2
26/9/2003	6,78	7,02	6,59	6,43	6,51	6,59	6,55	6,54	7,40	17	21,2	21,5	22,1	21,7	21,3	20,9	21,7	20
3/10/2003	6,85	6,71	6,67	6,43	6,63	6,58	6,55	6,55	6,53	20,6	23,4	23,7	23,8	24,9	24,9	24,5	24,5	25,8
10/10/2003	6,39	6,31	3,36	6,17	6,45	6,43	6,92	6,40	6,54	14,7	22,5	22,3	21,8	22,7	23,4	23,4	22,5	23,6
17/10/2003	6,92	6,47	6,60	6,29	6,62	6,63	6,46	6,76	6,70	18,6	21,8	21,7	22	22,8	23,5	24,2	24,1	23,4
24/10/2003	6,65	6,67	6,45	6,33	6,22	6,39	6,35	6,44	7,02	19,1	22,7	22,7	22,8	23,7	24,2	23,3	23,3	24,7
31/10/2003	6,83	6,60	6,52	6,34	6,51	6,47	6,40	6,31	6,60	21	23,1	22,8	22,8	24,1	24	23,6	24,7	24,9
7/11/2003	7,06	6,47	6,53	6,13	6,61	6,59	5,71	6,27	6,54	19,6	22,7	22,4	22,5	23,1	23	22,7	20,7	21,3
14/11/2003	6,24	6,54	6,45	6,66	6,65	6,69	6,50	6,57	6,65	19,8	25	25,2	25,4	26,4	26,2	25,7	26	25
21/11/2003	6,84	6,75	6,75	6,33	6,68	6,72	6,59	6,58	7,20	20,9	23,5	23,8	24,3	24,5	24,5	24,9	25,4	25
28/11/2003	7,25	7,04	6,96	6,36	6,94	6,87	6,70	6,71	7,67	23,1	26,3	26,2	26,2	27	27,4	26,8	26,3	25,7
4/12/2003	6,99	6,76	6,64	6,30	6,69	6,72	6,61	6,57	7,31	23,3	26,6	26,3	26,2	28,5	28,4	28,2	28,5	28,4
12/12/2003	6,14	6,60	6,84	6,27	6,58	6,70	6,52	6,21	6,46	20	24,2	24,4	24,6	25,5	26,2	26,8	24,3	26
19/12/2003	6,71	6,72	6,53	6,47	6,71	6,71	6,37	6,45	6,55	19,4	21,8	22	22,1	22,3	22,9	22,9	22,4	23,5
6/1/2004	7,18	6,93	6,81	6,67	6,32	6,78	6,56	6,48	7,30	22,8	26,9	25,4	25,3	25,3	26	26,3	26,9	26,6
23/1/2004	7,05	6,87	6,70	6,75	6,71	6,64	6,42	6,31	6,88	22,2	26,9	26,4	26,5	27	27,3	26,9	25,3	26,5
30/1/2004	6,24	6,39	4,65	4,46	6,64	6,53	6,30	6,50	6,52	29,5	27,6	27	27	28,7	28,8	28,9	27,5	28,6
6/2/2004	6,55	6,75	6,72	6,38	6,61	6,10	6,30	6,10	6,40	23,5	28,4	27,2	27,4	28,8	28,6	29,7	27,5	28,7
13/2/2004	7,00	6,77	6,20	6,37	6,61	6,65	6,44	6,60	6,40	22,9	27,3	26,6	27	27,8	28	28,3	28	28
27/2/2004	7,35	7,20	7,19	7,07	6,56	7,10	6,81	6,84	6,99	20,9	25,3	25,3	25,7	25,9	26,8	27	26,8	27,2
5/3/2004	7,36	7,19	7,17	6,80	6,43	6,74	6,66	6,82	7,00	22,3	27,1	26,7	26,5	26,3	26,9	26,5	27	27
12/3/2004	6,26	6,63	6,79	6,49	5,99	6,14	6,31	6,80	6,63	22,1	26,7	26,5	26,8	27,1	27,4	27,2	26,8	26,4
19/3/2004	6,61	6,29	6,93	6,51	6,18	6,34	6,47	6,46	7,01	22,8	27	26,5	26,2	27	26,8	27,2	26,3	26,7
26/3/2004	6,63	6,80	6,85	6,25	6,56	6,58	6,99	6,63	6,84	19,8	26,7	25,8	25,6	26,7	26,8	28	26,6	27,7
1/4/2004	6,57	6,56	6,74	6,42	5,95	6,11	6,22	6,18	6,98	21,4	27	26,8	26,6	25,9	27,3	27	26,4	26,8
15/4/2004	6,44	6,74	7,06	6,87	6,31	7,07	6,60	6,80	7,27	23,6	27,2	26,7	26,2	26,1	27,7	27,8	27,2	27,7
22/4/2004	6,86	7,08	7,02	6,91	6,62	6,71	6,80	6,79	6,67	20,7	23,7	23,9	24	24,6	25,6	25,9	24	26,1
29/4/2004	7,27	7,20	6,98	6,68	6,22	7,35	7,01	6,94	7,34	19	22,8	22,3	22,4	22,7	24,5	25	23,4	24,8
6/5/2004	6,96	7,03	6,98	6,91	6,45	7,23	7,11	6,90	6,77	19,2	21,5	21,4	21,5	22,1	22,5	22,9	22,1	23,1
13/5/2004	7,16	7,07	6,89	6,82	6,48	7,18	6,82	6,96	6,97	16,6	18,7	19	19	19,8	20,3	20,5	19,9	21
20/5/2004	7,09	7,09	6,94	6,82	6,25	7,20	6,76	6,82	7,02	15,9	19,1	18,8	18,8	19,2	20,3	20,7	21,1	20,9
27/5/2004	6,51	6,91	6,42	5,96	5,83	6,64	6,56	7,80	6,81	14,5	17,7	17,7	17,9	18,9	20	19,6	19	19,5
3/6/2004	7,50	7,20	7,01	6,79	6,05	7,74	7,31	7,09	7,17	16,6	18,8	18,8	18,8	19	20	20,2	20,7	21,2
17/6/2004	7,32	7,22	7,07	6,92	6,33	7,41	7,97	7,31	7,46	14	16,9	16,5	16	16,3	18,7	17,8	18	19,4
24/6/2004	7,16	7,35	6,84	6,33	5,97	6,92	6,61	6,95	6,77	16,7	18,8	18,9	19,4	19,3	19,2	18,4	19,8	19
1/7/2004	6,75	7,23	7,02	6,74	5,61	6,96	6,81	6,74	7,17	19,2	21,1	20,4	20,4	19,6	21,8	22	22,8	22,4
8/7/2004	6,60	6,59	5,83	5,47	5,51	6,76	6,67	6,78	7,00	16,5	17,9	18,2	18,3	18,8	18,2	18,5	18	18,4
15/7/2004	6,31	6,10	5,73	5,06	6,16	6,35	6,12	6,35	6,99	16	16,6	16,8	17,5	17,6	16,8	16,9	17,5	18,4
22/7/2004	6,90	6,88	6,87	6,76	6,59	7,04	6,92	6,83	7,02	14,1	15,8	15,7	16,1	16,7	17,3	16,9	16,9	17
29/7/2004	6,93	6,91	6,71	6,55	6,46	6,44	6,47	6,71	6,78	15,6	17	17,1	17,2	17,9	18,5	18,8	18,6	19
5/8/2004	6,99	6,97	6,84	6,47	6,26	6,71	6,83	6,65	6,56	17	18,4	18,5	18,8	19	20,4	20,1	19,8	20,1
12/8/2004	6,93	6,93	6,80	6,39	6,14	6,68	6,54	6,97	6,97	14,4	18	17,9	17,6	18,1	19,1	19,3	19	19,7
19/8/2004	6,97	7,02	6,80	6,28	5,81	6,83	6,86	6,90	7,08	17,2	20,3	20,1	20,5	20,4	20,6	20,8	21,7	20,8
26/8/2004	6,94	6,90	6,86	6,60	6,22	6,54	6,64	7,22	7,58	17,3	19,8	19,8	19,9	20,1	21,2	20,6	20,1	19,9
2/9/2004	6,83	7,01	7,21	6,80	6,43	6,91	6,76	6,76	6,83	19,3	23,5	21,6	21,2	21,1	23,7	23,4	23,2	22,5
9/9/2004	6,84	6,65	6,22	6,47	5,97	6,48	6,48	6,87	7,40	20,4	22,3	22,5	22,4	21,3	22,5	22,6	22,8	22
16/9/2004	6,41	6,46	6,29	6,20	5,99	6,43	6,54	6,33	6,08	16,6	17,8	18,4	18,3	18,8	20,4	19,7	19,8	19,8
23/9/2004	6,55	6,74	6,57	6,36	6,13	6,54	6,49	6,70	6,75	19,6	22,1	22,1	22,2	22,2	21,3	20,9	22	20,9
30/9/2004	6,79	6,72	6,67	6,31	6,16	6,58	6,64	6,67	6,68	23	21	22,2	21,8	24,5	24,8	21	23,4	23
7/10/2004	6,80	6,55	6,46	6,23	6,40	6,57	6,51	6,82	6,83	16,7	22,5	21,9	22,1	22,7	23,1	22,9	22,8	22,7
21/10/2004	6,90	6,81	6,67	6,44	6,34	6,71	6,82	6,68	6,65	17,6	21,9	21,8	22,2	23	23	22,8	23,2	23,3
28/10/2004	6,52	6,58	6,52	6,34	6,20	6,46	6,49	6,44	6,47	17,1	20	20	20,1	20,3	21,4	21,1	21,2	21,1
4/11/2004	6,48	6,79	6,75	6,68	6,33	6,66	6,60	6,50	6,77	21,1	23,1	23	22,9	23,3	24,4	26,6	25,2	24,1
11/11/2004	6,54	6,88	6,75	6,46	6,31	6,58	6,64	6,58	6,67	19,3	21,7	21,8	21,9	22,3	23,3	23,2	22,2	23,4
18/11/2004	7,11	7,11	7,13	7,02	6,56	6,77	6,82	6,71	7,22	21	23,2	22,7	22,6	22,3	24	23,3	24,3	23,7
25/11/2004	7,09	7,09	6,96	6,85	6,44	6,58	6,61	6,60	6,99	21,9	25,9	25,6	25,6	25,6	26,7	26,2	27,9	26,7
2/12/2004	6,87	6,82	6,85	6,69	6,21	6,75	6,53	6,57	7,08	20,2	24,6	29,5	25	24,8	25,7	25,9	25,4	26,6
9/12/2004	5,83	6,72	6,61	6,29	6,22	6,38	6,54	6,66	6,65	22,4	25,5	25,4	25,5	26,3	26,1	26,1	25,1	25,3
16/12/2004	6,56	6,79	6,76	6,58	6,41	6,74	6,65	6,58	6,91	21,9	24,5	24,4	24,2	24,2	27,6	25,4	27,1	26,1
n	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63
Média	7	7	7	6	6	7	7	7	7	19	22	22	22	23	23	23	23	23
Máximo	8	7	8	7	7	8	8	8	8	30	28	30	27	29	29	30	29	29
Mínimo	6	6	3	4	5	6	6	6	6	13	16	16	16	16	17	17	17	17
Desvio Padrão	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Erro Padrão	0,05	0,04	0,08	0,06	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,39	0,42	0,41	0,39	0,42	0,41	0,41	0,39	0,39

Anexo 12. Dados brutos de *oxigênio dissolvido* (mg.L<sup>-1</sup> e %).

Data	OD									%								
	#0	#1	#2	#3a	#5	#6	#7	#8	#9	#0	#1	#2	#3a	#5	#6	#7	#8	#9
22/8/2003	8,5	8,3	10,8	8,7	6,8	5,6	5,4	2,8	5,8	88,6	90,6	119,1	95,4	72,8	61,0	62,4	31,3	72,6
29/8/2003	8,7	7,8	8,8	6,5	4,9	4,4	3,3	2,5	3,9	83,0	82,8	93,1	68,3	53,1	47,4	36,8	26,3	46,5
5/9/2003	8,0	8,0	8,1	7,1	7,0	5,3	5,1	2,7	5,9	82,0	88,2	89,0	78,1	77,8	60,1	58,7	30,4	70,9
12/9/2003	6,4	5,8	6,0	5,6	4,8	3,0	4,1	3,5	3,4	62,0	62,7	64,6	61,5	53,2	33,5	44,8	39,1	39,6
19/9/2003	9,3	6,4	6,6	5,8	5,0	4,7	5,3	3,3	4,2	96,0	70,2	73,1	63,7	54,7	51,8	63,0	35,8	49,4
26/9/2003	7,0	6,8	6,1	5,0	3,1	3,4	2,2	0,6	5,9	72,5	76,2	69,0	57,5	35,5	37,8	26,1	6,8	76,5
3/10/2003	8,3	6,8	7,2	6,0	5,5	5,1	3,7	2,5	3,9	92,6	79,4	84,5	71,0	66,5	61,1	44,6	30,3	49,9
10/10/2003	7,8	6,6	8,1	8,3	6,9	6,0	4,6	3,3	3,7	76,5	76,1	93,5	94,6	80,1	70,7	53,9	38,0	43,9
17/10/2003	8,3	6,8	6,7	6,3	5,8	6,3	5,4	3,5	4,8	88,5	77,1	76,2	71,4	67,6	74,1	64,0	41,5	57,6
24/10/2003	7,7	6,8	7,0	6,5	4,9	4,5	4,5	2,7	4,5	83,4	79,1	81,6	75,1	57,9	53,8	53,3	31,7	59,3
31/10/2003	7,3	6,6	7,8	7,1	7,0	6,5	4,6	3,7	5,9	81,8	77,2	90,2	82,2	82,9	76,6	54,2	44,5	73,4
7/11/2003	7,9	7,0	6,7	6,3	5,9	5,5	4,1	4,7	3,0	85,9	81,6	77,4	72,1	68,6	63,5	48,6	52,6	34,5
14/11/2003	8,2	7,1	7,8	6,6	5,7	4,8	5,0	3,6	4,4	89,3	85,7	94,7	80,3	70,3	59,4	62,1	44,4	55,3
21/11/2003	7,1	6,3	5,9	5,9	5,6	5,5	4,4	3,3	4,2	79,0	74,3	69,8	70,9	67,5	65,8	53,8	40,5	54,2
28/11/2003	6,7	6,0	6,1	5,6	4,5	4,1	3,6	3,0	5,3	78,6	74,0	75,1	68,9	56,9	51,3	45,9	37,2	71,2
4/12/2003	6,7	6,3	6,4	5,7	4,1	4,3	3,7	2,2	4,5	78,4	78,9	79,7	70,9	53,2	54,9	48,8	29,1	63,5
12/12/2003	8,7	7,5	7,8	7,0	6,7	6,3	5,5	2,4	3,8	95,7	88,8	92,7	83,7	82,3	77,8	68,3	28,8	48,5
19/12/2003	7,9	7,9	8,3	8,4	8,1	7,6	6,6	5,5	5,4	85,8	89,7	95,0	96,3	93,4	87,8	76,5	63,7	64,5
6/1/2004	8,4	7,6	8,0	7,7	7,3	6,7	6,4	6,9	5,8	97,7	95,6	97,8	93,4	88,8	82,2	79,0	86,7	76,9
23/1/2004	8,6	7,5	7,7	7,0	5,6	4,9	4,5	4,5	4,1	98,4	93,3	95,0	87,4	69,7	61,8	55,9	54,8	54,4
30/1/2004	7,3	7,0	6,7	6,2	5,3	4,5	4,4	3,5	2,8	28,2	89,2	84,1	77,2	68,2	58,3	56,8	44,8	37,2
6/2/2004	7,6	6,8	7,3	6,7	5,6	4,3	5,1	4,1	3,4	89,4	87,5	92,3	84,8	72,8	55,9	66,5	51,8	45,0
13/2/2004	7,8	5,3	6,5	5,6	4,6	3,6	4,6	3,2	3,4	90,7	67,3	80,4	70,2	58,1	45,4	58,7	40,9	44,9
27/2/2004	8,2	7,2	6,9	6,8	5,4	5,6	3,9	3,3	4,1	91,7	87,5	84,2	82,7	66,8	69,4	49,2	41,5	54,2
5/3/2004	9,3	8,3	8,3	6,5	5,5	3,7	2,3	3,4	3,9	107,0	104,9	103,2	80,8	68,7	46,6	30,2	43,3	54,9
12/3/2004	7,6	2,1	2,4	2,6	4,1	3,5	5,8	3,8	2,1	86,7	26,0	30,3	32,1	51,6	44,2	73,4	48,0	26,6
19/3/2004	10,9	7,2	5,8	7,0	4,7	4,3	2,3	2,7	3,0	126,4	90,0	72,4	87,0	59,4	53,9	30,8	33,4	41,4
26/3/2004	12,4	6,1	10,7	9,8	7,2	7,1	6,2	5,2	7,3	135,2	75,9	131,4	120,4	89,9	89,3	80,1	65,4	98,8
1/4/2004	11,1	9,0	10,0	8,9	5,5	5,5	5,2	5,2	7,2	124,9	113,1	124,6	110,5	67,7	69,2	70,1	64,3	103,7
15/4/2004	12,1	7,4	8,5	8,6	7,2	5,4	2,7	3,3	5,7	142,0	93,1	105,7	106,6	88,8	68,9	34,8	41,8	78,5
22/4/2004	10,2	5,8	6,1	5,3	4,7	4,1	3,1	3,3	2,9	113,8	68,5	72,7	62,9	56,4	50,2	37,9	39,4	36,7
29/4/2004	10,1	8,1	8,7	9,3	5,6	5,7	4,0	3,2	2,7	109,1	94,1	99,9	107,4	65,3	68,1	49,5	38,0	34,5
6/5/2004	8,8	6,1	8,0	6,8	6,0	5,8	4,7	4,9	3,4	94,7	68,9	90,8	77,3	68,9	66,7	54,4	55,9	41,4
13/5/2004	13,2	9,4	8,9	9,3	8,3	7,8	7,5	5,9	5,2	135,1	100,8	95,8	100,4	90,8	86,0	82,8	64,9	59,0
20/5/2004	14,3	8,7	8,3	9,3	7,0	7,0	6,2	5,1	5,9	144,3	94,1	88,6	99,4	75,7	77,5	68,9	57,2	70,7
27/5/2004	10,9	6,9	7,2	6,8	5,7	4,9	4,7	4,2	4,7	106,7	72,1	75,0	72,0	61,7	53,7	51,6	44,8	53,2
3/6/2004	11,8	7,2	8,0	7,5	6,7	6,8	6,3	4,5	5,6	120,7	77,0	85,6	79,9	72,3	74,7	70,6	51,0	41,5
17/6/2004	9,8	7,3	7,3	7,6	7,5	7,3	6,5	5,9	6,6	94,4	75,4	75,0	76,7	76,2	77,9	68,7	62,2	77,6
24/6/2004	9,5	6,6	7,6	6,4	6,1	5,6	5,2	3,9	4,2	97,9	70,4	81,3	69,9	66,1	61,0	55,9	43,0	47,0
1/7/2004	8,2	6,1	6,3	6,0	5,3	4,7	3,4	3,5	3,2	88,6	69,0	69,8	65,9	58,0	53,5	40,0	40,9	41,1
8/7/2004	8,9	8,4	7,2	7,8	7,1	6,8	5,0	6,1	5,0	91,1	88,4	76,7	83,0	75,7	72,0	53,3	63,9	57,5
15/7/2004	9,2	6,7	6,9	7,5	6,5	7,0	5,8	4,4	4,4	92,8	68,9	70,9	78,3	68,0	72,0	60,0	45,6	52,3
22/7/2004	9,5	8,8	9,3	9,2	8,6	8,7	8,4	7,1	7,9	92,4	88,4	93,3	93,0	88,4	90,0	86,9	72,8	82,2
29/7/2004	9,7	8,6	9,4	8,0	7,4	6,5	6,7	5,4	5,2	96,9	88,3	97,3	82,8	78,3	69,7	72,7	57,1	58,8
5/8/2004	9,5	7,7	7,2	6,5	6,2	6,0	5,8	4,5	5,1	98,3	81,6	76,5	69,3	66,9	66,1	63,3	49,6	57,3
12/8/2004	10,0	6,8	7,4	6,2	6,0	6,1	5,6	5,1	4,9	97,3	71,2	77,4	64,3	63,4	65,5	62,1	54,5	56,8
19/8/2004	9,7	5,7	8,5	7,7	6,6	5,4	5,1	4,1	4,3	100,4	62,5	94,0	85,8	73,3	60,3	56,4	46,6	50,5
26/8/2004	9,2	8,0	8,1	7,4	5,3	4,5	4,2	4,3	6,4	95,7	87,4	88,2	81,1	57,9	51,1	48,9	47,9	80,1
2/9/2004	8,2	6,4	7,7	7,3	5,7	6,1	5,3	4,0	4,1	88,6	75,5	86,8	82,1	64,0	71,7	62,0	46,3	49,4
9/9/2004	6,5	6,9	6,9	8,4	7,3	5,3	4,5	3,7	4,4	72,4	78,8	80,0	96,5	82,6	61,3	53,1	43,1	57,7
16/9/2004	8,7	7,9	7,8	7,3	6,9	7,4	6,6	5,9	6,7	89,4	82,6	83,2	77,5	73,9	82,4	72,3	64,7	73,9
23/9/2004	6,8	5,5	7,2	5,5	6,2	6,1	6,9	5,1	6,1	73,8	63,1	82,7	63,1	71,1	68,7	77,8	57,7	73,6
30/9/2004	8,8	4,2	5,4	5,5	6,9	5,7	4,5	3,4	4,2	102,2	47,1	62,2	62,4	82,6	68,8	50,5	40,0	50,7
7/10/2004	8,5	6,2	6,2	6,4	6,3	5,9	6,5	4,8	4,0	87,7	71,9	70,3	73,5	73,0	68,3	76,0	56,1	48,7
21/10/2004	9,7	7,0	9,9	9,4	8,5	9,4	8,6	7,2	8,0	101,2	79,4	112,4	107,4	98,9	109,1	99,6	83,7	94,5
28/10/2004	8,7	8,8	8,3	8,4	8,6	7,5	7,1	6,3	6,0	89,7	96,1	91,5	92,7	95,2	84,2	80,2	70,9	67,6
4/11/2004	8,4	8,1	8,6	8,3	7,8	7,9	7,6	6,3	7,0	94,1	95,0	99,9	96,8	91,5	94,5	94,8	76,3	84,7
11/11/2004	8,8	8,3	8,8	8,5	7,7	7,6	7,1	6,3	6,3	95,0	93,9	100,3	96,7	88,8	88,9	82,6	71,8	75,7
18/11/2004	8,3	8,2	8,4	8,2	7,8	7,5	7,1	6,5	6,5	93,5	95,3	97,4	94,2	89,2	89,5	82,7	77,5	81,8
25/11/2004	8,0	7,6	7,8	7,4	6,9	6,2	5,7	7,1	5,6	91,0	93,4	95,8	90,9	84,3	77,8	71,8	91,1	75,4
2/12/2004	8,1	7,7	7,9	7,7	7,1	6,6	6,5	5,8	6,4	89,2	92,1	104,2	93,3	86,0	81,4	79,7	70,5	82,2
9/12/2004	9,3	6,8	8,1	7,5	7,0	7,2	6,7	6,0	5,8	107,0	83,5	99,2	92,0	86,6	89,0	83,0	72,6	73,4
16/12/2004	8,4	7,7	8,0	7,9	7,7	7,4	7,2	5,8	6,3	96,1	92,2	95,4	93,9	91,8	93,8	87,3	73,1	80,4
n	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63
Média	9	7	8	7	6	6	5	4	5	95	81	87	82	72	68	62	51	61
Máximo	14	9	11	10	9	9	9	7	8	144	113	131	120	99	109	100	91	104
Mínimo	6	2	2	3	3	3	2	1	2	28	26	30	32	35	33	26	7	27
Desvio Padrão	2	1	1	1	1	1	1	1	1	18	14	16	15	13	15	16	17	17
Erro Padrão	0,20	0,15	0,17	0,17	0,15	0,17	0,18	0,18	0,17	2,32	1,72	1,98	1,91	1,67	1,92	2,05	2,08	2,14

Anexo 13. Dados brutos de amônio (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) e nitrito (N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>).

Data	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg.L <sup>-1</sup> )									N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg.L <sup>-1</sup> )								
	#0	#1	#2	#3a	#5	#6	#7	#8	#9	#0	#1	#2	#3a	#5	#6	#7	#8	#9
17/10/2003	0,11	0,20	0,25	0,42	0,53	0,37	0,45	0,69	0,49	0,008	0,033	0,041	0,035	0,036	0,035	0,034	0,033	0,027
24/10/2003	0,06	0,30	0,30	0,34	0,59	0,56	0,42	0,82	0,57	0,004	0,009	0,011	0,014	0,027	0,028	0,034	0,089	0,028
31/10/2003	0,04	0,17	0,16	0,28	0,44	0,29	0,29	0,47	0,36	0,004	0,010	0,016	0,016	0,021	0,016	0,016	0,045	0,025
7/11/2003	0,02	-	0,22	0,44	0,32	0,30	0,30	0,27	0,78	0,003	0,008	0,012	0,015	0,018	0,013	0,024	0,014	0,023
14/11/2003	0,04	0,07	0,10	0,24	0,34	0,35	0,39	0,57	0,41	0,005	-	0,010	0,015	-	0,024	0,035	0,059	0,035
21/11/2003	0,11	0,03	0,14	0,24	0,37	0,35	0,35	0,67	0,32	0,012	0,003	0,012	0,013	0,017	0,018	0,019	0,036	0,021
28/11/2003	0,02	0,08	0,10	0,27	0,28	0,34	0,21	0,51	0,25	0,003	0,007	0,009	0,018	0,012	0,024	0,029	0,058	0,017
4/12/2003	0,02	0,12	0,17	0,48	0,27	0,32	0,25	0,76	0,67	0,003	0,008	0,010	0,013	0,026	0,032	0,023	0,072	0,015
12/12/2003	0,21	0,33	0,30	0,30	0,51	0,24	0,36	0,57	0,39	0,005	0,028	0,022	0,018	0,020	0,017	0,029	0,014	0,048
19/12/2003	0,03	0,22	-	-	0,25	0,32	0,35	0,35	0,43	0,002	0,003	0,013	0,013	0,014	0,013	0,013	0,013	0,019
6/1/2004	0,04	0,47	0,19	0,19	0,19	0,16	0,12	0,35	0,30	0,002	0,005	0,005	0,010	0,015	0,011	0,012	0,031	0,015
23/1/2004	0,05	0,10	-	0,30	0,30	0,29	-	-	0,47	0,003	0,006	0,009	0,018	0,021	0,019	0,029	0,039	0,039
30/1/2004	0,15	0,13	0,19	0,37	0,37	0,48	0,45	0,47	0,50	0,003	0,006	0,009	0,018	0,014	0,024	0,024	0,019	0,019
13/2/2004	0,17	0,12	0,19	0,29	0,32	0,26	0,28	0,44	0,57	0,005	0,028	0,022	0,018	0,020	0,017	0,029	-	0,048
27/2/2004	0,08	0,20	0,18	0,40	0,32	0,20	-	0,44	0,37	0,002	0,007	0,010	0,013	0,019	0,026	0,036	0,069	0,049
5/3/2004	0,06	0,07	0,12	0,38	0,42	0,40	0,70	0,54	0,61	0,003	0,006	0,012	0,018	0,019	0,015	0,026	0,030	0,023
12/3/2004	0,10	0,20	0,19	0,40	0,58	0,37	0,15	0,41	0,37	0,003	0,006	0,011	0,019	0,037	0,042	0,148	0,034	0,091
19/3/2004	0,09	-	0,20	0,40	0,40	0,43	0,42	0,50	0,46	0,002	0,007	0,012	0,016	0,028	0,033	0,043	0,031	0,025
26/3/2004	0,15	0,11	0,12	0,38	0,38	0,36	0,32	0,51	0,37	0,003	0,003	0,013	0,017	0,028	0,040	0,072	0,059	0,033
1/4/2004	0,07	0,10	0,11	0,36	0,46	0,30	0,39	0,53	0,40	0,003	0,008	0,014	0,021	0,039	0,120	0,049	0,073	0,026
15/4/2004	0,02	0,17	0,10	0,33	0,34	0,29	0,18	0,43	0,51	0,003	0,008	0,013	0,017	0,037	0,048	0,031	0,038	0,006
22/4/2004	0,10	0,22	0,17	0,26	0,30	0,41	0,16	0,40	0,38	0,001	0,015	0,009	0,011	0,016	0,038	0,137	0,054	0,112
29/4/2004	0,06	0,09	0,15	0,35	0,41	0,31	0,35	0,59	0,65	0,001	0,007	0,011	0,015	0,022	0,030	0,022	0,066	0,025
6/5/2004	0,11	0,23	0,20	0,55	0,30	0,25	0,31	0,35	0,41	0,005	0,016	0,017	0,015	0,021	0,017	0,029	0,028	0,039
13/5/2004	0,16	0,34	0,29	0,31	0,31	0,24	0,34	0,41	0,70	0,005	0,010	0,015	0,015	0,033	0,017	0,016	-	0,019
20/5/2004	0,08	0,17	0,28	0,34	0,43	0,74	0,22	0,62	0,38	0,006	0,010	0,015	0,016	0,018	0,016	0,016	0,044	0,021
27/5/2004	0,08	0,11	0,10	0,31	0,29	0,30	0,32	0,28	0,72	0,006	0,013	0,015	0,021	0,025	0,027	0,026	0,033	0,020
3/6/2004	0,10	0,09	0,13	0,29	0,34	0,35	0,25	0,72	0,41	0,006	0,010	0,015	0,017	0,020	0,023	0,015	0,045	0,016
17/6/2004	0,09	0,40	0,31	0,47	0,26	0,28	0,26	0,33	0,41	0,004	0,010	0,012	0,010	0,012	0,013	0,015	0,014	0,018
24/6/2004	0,07	0,16	0,25	0,35	0,46	0,39	0,33	0,52	0,48	0,004	0,014	0,018	0,019	0,020	0,019	0,017	0,038	0,019
1/7/2004	0,08	0,13	0,20	0,38	0,43	0,39	0,49	0,83	0,57	0,003	0,014	0,020	0,023	0,026	0,029	0,024	0,059	0,023
8/7/2004	0,09	1,29	1,40	0,55	0,54	0,40	0,37	0,37	-	0,003	0,019	0,017	0,018	0,020	0,018	0,016	0,025	0,022
15/7/2004	0,16	0,52	0,65	0,44	0,42	0,46	0,26	0,38	0,43	0,002	0,014	0,013	0,012	0,014	0,014	0,014	0,025	0,018
22/7/2004	0,32	0,33	0,38	0,27	0,29	0,61	0,17	0,46	0,29	0,004	0,017	0,012	0,013	0,013	0,012	0,013	0,021	0,015
29/7/2004	0,07	0,13	0,16	-	0,28	0,39	0,20	0,45	0,44	0,003	0,017	0,023	0,015	0,017	0,017	0,014	0,031	0,022
5/8/2004	0,07	0,24	0,25	0,22	0,70	0,54	0,34	0,51	0,41	0,003	0,005	0,019	0,021	0,021	0,020	0,020	0,042	0,024
12/8/2004	0,22	0,22	0,18	0,68	0,53	0,73	0,31	-	0,33	0,004	0,021	0,021	0,022	0,023	0,020	0,022	0,004	0,021
19/8/2004	1,40	0,35	0,55	0,66	0,71	0,60	0,37	0,60	0,46	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26/8/2004	0,40	0,15	0,12	0,54	0,44	0,38	0,53	0,60	0,46	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2/9/2004	0,00	0,15	0,16	0,33	0,36	0,25	0,18	0,47	0,48	0,001	0,003	0,005	0,006	0,008	0,005	0,006	0,013	0,008
9/9/2004	0,03	0,07	0,33	0,10	0,32	0,34	0,29	0,60	0,11	0,001	0,002	0,005	0,004	0,006	0,007	0,005	0,014	0,002
16/9/2004	0,18	0,23	0,24	0,24	0,27	0,27	0,28	0,31	0,31	0,001	0,002	0,004	0,004	0,005	0,003	0,007	0,009	0,006
23/9/2004	0,02	0,34	0,21	0,31	0,28	0,31	0,26	0,49	0,43	0,001	0,003	0,004	0,005	0,004	0,004	0,004	0,008	0,004
30/9/2004	0,09	0,17	0,15	0,19	0,32	0,37	0,32	0,29	0,10	0,001	0,003	0,001	0,002	0,001	0,002	0,003	0,002	0,002
7/10/2004	0,04	0,22	0,23	0,40	0,38	0,38	0,37	0,51	0,60	-	0,003	0,004	0,005	0,005	0,006	0,004	0,012	0,004
21/10/2004	0,05	0,27	0,11	0,24	0,21	0,23	0,24	0,36	0,27	-	0,003	0,003	0,003	0,003	0,004	0,004	0,007	0,005
28/10/2004	0,06	0,21	0,20	0,28	0,23	0,21	0,22	0,22	0,41	-	0,003	0,002	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
4/11/2004	0,10	0,13	0,25	0,29	0,17	0,48	0,33	0,49	0,32	-	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,007	0,003
11/11/2004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,003	0,004	0,004	0,005	0,004	0,004	0,009	0,005
18/11/2004	0,03	0,13	0,26	0,21	0,23	0,34	0,33	0,30	3,49	-	0,002	0,003	0,003	0,003	0,003	0,004	0,007	0,004
25/11/2004	0,03	0,08	0,13	0,28	0,29	0,38	0,38	0,37	0,56	-	0,002	0,002	0,003	0,004	0,004	0,004	0,006	0,004
2/12/2004	0,06	0,03	0,02	0,05	0,13	0,03	0,11	0,08	0,22	-	0,004	0,004	0,004	0,005	0,005	0,004	0,008	0,004
9/12/2004	0,06	0,11	-	0,12	0,13	0,03	0,13	0,13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16/12/2004	0,14	0,13	0,10	0,07	0,05	0,08	0,19	0,32	0,26	-	0,008	0,007	0,007	0,009	0,008	0,009	0,033	0,012
<i>n</i>	53	51	50	51	53	53	51	51	51	42	50	51	51	50	51	51	49	51
<i>Média</i>	0,12	0,21	0,23	0,33	0,35	0,35	0,31	0,46	0,49	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02
<i>Máximo</i>	0,19	0,19	0,20	0,13	0,13	0,14	0,11	0,16	0,45	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,02	0,02
<i>Mínimo</i>	1,40	1,29	1,40	0,68	0,71	0,74	0,70	0,83	3,49	0,01	0,03	0,04	0,04	0,04	0,12	0,15	0,09	0,11
<i>Desvio Padrão</i>	0,003	0,028	0,022	0,046	0,046	0,025	0,111	0,078	0,096	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001	0,002	0,003	0,002	0,002
<i>Erro Padrão</i>	0,027	0,026	0,028	0,018	0,018	0,019	0,016	0,022	0,063	0,0003	0,0010	0,0010	0,0010	0,0014	0,0026	0,0039	0,0031	0,0029

Anexo 14. Dados brutos de nitrato (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) e nutrientes nitrogenados inorgânicos dissolvidos totais (NIDT).

Data	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg.L <sup>-1</sup> )									NIDT (mg.L <sup>-1</sup> )								
	#0	#1	#2	#3	#5	#6	#7S	#8	#9	#0	#1	#2	#3	#5	#6	#7S	#8	#9
17/10/2003	0,07	0,25	0,36	0,46	0,53	0,58	0,62	1,61	0,72	0,19	0,49	0,66	0,92	1,10	0,98	1,10	2,33	1,23
24/10/2003	0,48	0,93	0,88	0,86	0,77	0,66	0,79	0,22	0,61	0,54	1,24	1,19	1,21	1,39	1,25	1,25	1,13	1,21
31/10/2003	0,26	1,12	1,11	0,52	0,90	0,16	0,13	0,13	0,72	0,30	1,30	1,28	0,82	1,37	0,46	0,44	0,65	1,10
7/11/2003	0,18	0,80	0,88	0,81	0,96	1,02	0,91	0,69	0,65	0,21	0,81	1,11	1,27	1,30	1,33	1,24	0,98	1,45
14/11/2003	0,51	-	0,83	0,68	-	0,68	0,68	0,20	0,69	0,56	0,07	0,94	0,94	0,34	1,05	1,10	0,83	1,14
21/11/2003	0,75	-	0,74	0,76	0,74	0,68	0,59	0,80	0,59	0,87	0,03	0,89	1,02	1,12	1,06	0,97	1,50	0,93
28/11/2003	0,19	0,81	0,81	0,81	0,73	0,62	0,16	0,64	0,19	0,22	0,90	0,92	1,09	1,02	0,99	0,40	1,21	0,46
4/12/2003	0,15	0,64	0,68	0,84	0,81	0,80	0,55	0,53	0,23	0,17	0,76	0,85	1,34	1,11	1,16	0,83	1,36	0,92
12/12/2003	0,49	0,71	-	-	-	-	-	-	-	0,70	1,07	0,32	0,32	0,53	0,26	0,39	0,58	0,44
19/12/2003	0,32	1,36	0,78	0,77	0,76	0,75	0,76	0,71	0,68	0,35	1,58	0,79	0,78	1,03	1,09	1,12	1,08	1,13
6/1/2004	0,27	0,78	0,84	0,77	0,55	0,83	0,61	0,42	0,39	0,32	1,25	1,04	0,97	0,75	0,99	0,74	0,80	0,70
23/1/2004	0,17	0,74	0,68	0,69	0,66	0,61	0,53	0,60	0,57	0,22	0,85	0,69	1,01	0,98	0,92	0,56	0,64	1,08
30/1/2004	0,24	0,55	0,57	0,62	0,58	0,88	0,54	0,46	0,39	0,38	0,68	0,76	1,01	0,97	1,39	1,01	0,95	0,91
13/2/2004	0,12	0,52	0,56	0,59	0,53	0,54	0,52	0,35	0,49	0,30	0,67	0,77	0,90	0,87	0,82	0,83	0,79	1,11
27/2/2004	0,11	1,26	1,23	0,85	0,75	1,11	0,88	0,87	0,48	0,19	1,47	1,42	1,27	1,09	1,33	0,91	1,38	0,89
5/3/2004	0,40	1,43	0,67	0,65	0,63	0,73	0,91	0,61	0,23	0,46	1,51	0,80	1,05	1,06	1,14	1,63	1,18	0,86
12/3/2004	0,92	0,56	1,39	0,63	0,70	0,73	0,16	0,54	0,63	1,03	0,77	1,59	1,05	1,32	1,15	0,46	0,99	1,10
19/3/2004	0,50	0,66	0,64	1,05	0,68	0,93	0,56	0,54	0,32	0,59	0,66	0,85	1,46	1,11	1,40	1,02	1,08	0,81
26/3/2004	0,63	0,24	0,66	0,61	0,59	0,88	0,67	0,24	0,59	0,79	0,36	0,80	1,01	1,00	1,28	1,06	0,81	1,00
1/4/2004	0,14	0,61	0,60	0,62	0,70	0,63	0,76	0,55	0,18	0,22	0,72	0,73	1,00	1,20	1,06	1,19	1,16	0,60
15/4/2004	0,13	0,68	0,76	0,67	0,78	0,77	0,55	0,55	0,45	0,15	0,85	0,87	1,01	1,15	1,11	0,76	1,01	0,96
22/4/2004	0,35	0,80	0,85	0,81	0,76	0,87	0,90	0,63	0,72	0,46	1,03	1,03	1,08	1,08	1,32	1,20	1,08	1,20
29/4/2004	0,29	0,81	0,83	0,83	0,89	0,73	0,72	0,74	0,54	0,35	0,91	0,99	1,19	1,32	1,08	1,10	1,40	1,22
6/5/2004	0,32	0,26	0,34	0,32	0,22	0,18	0,17	0,09	0,12	0,44	0,50	0,55	0,89	0,55	0,45	0,51	0,46	0,57
13/5/2004	0,27	0,17	0,41	0,30	0,12	0,29	0,29	-	0,56	0,44	0,52	0,72	0,63	0,46	0,55	0,65	0,41	1,28
20/5/2004	0,19	0,31	0,13	0,33	0,79	0,34	0,74	0,29	0,45	0,28	0,49	0,42	0,69	1,24	1,09	0,97	0,96	0,86
27/5/2004	0,15	0,22	0,26	0,25	0,30	0,79	0,67	0,52	0,40	0,24	0,35	0,37	0,58	0,61	1,12	1,01	0,83	1,14
3/6/2004	0,21	0,70	0,72	0,72	0,74	0,79	0,49	0,55	0,35	0,32	0,80	0,87	1,02	1,10	1,16	0,75	1,31	0,78
17/6/2004	0,41	0,79	0,75	0,77	0,67	0,62	0,61	0,52	0,50	0,51	1,20	1,07	1,25	0,93	0,91	0,88	0,86	0,92
24/6/2004	0,27	0,46	0,32	0,27	0,29	0,21	0,09	0,11	0,06	0,34	0,64	0,58	0,64	0,77	0,62	0,43	0,67	0,56
1/7/2004	0,20	0,57	0,56	0,54	0,29	0,55	0,60	0,48	0,35	0,29	0,72	0,77	0,94	0,74	0,98	1,11	1,37	0,94
8/7/2004	0,33	0,77	0,72	0,68	0,65	0,64	0,52	0,71	0,53	0,43	2,08	2,13	1,25	1,21	1,06	0,91	1,11	0,55
15/7/2004	0,30	0,72	0,73	0,70	0,73	0,74	0,91	0,46	0,42	0,46	1,25	1,39	1,15	1,16	1,21	1,18	0,87	0,87
22/7/2004	0,33	1,00	0,92	0,89	0,87	0,84	0,79	0,70	0,76	0,66	1,35	1,32	1,17	1,18	1,46	0,97	1,18	1,07
29/7/2004	0,25	0,83	0,89	0,76	0,78	0,78	0,66	0,59	0,40	0,31	0,99	1,07	0,78	1,08	1,18	0,88	1,07	0,86
5/8/2004	0,19	0,53	0,79	0,47	0,76	0,74	0,74	0,51	0,62	0,27	0,78	1,06	0,71	1,48	1,30	1,10	1,06	1,05
12/8/2004	0,18	0,72	0,73	0,69	0,71	0,67	0,58	0,08	0,43	0,41	0,96	0,92	1,40	1,26	1,42	0,91	0,08	0,78
19/8/2004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,40	0,35	0,55	0,66	0,71	0,60	0,37	0,60	0,46
26/8/2004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,40	0,15	0,12	0,54	0,44	0,38	0,53	0,60	0,46
2/9/2004	0,16	0,58	0,64	1,71	1,71	1,77	1,57	1,32	0,97	0,16	0,74	0,80	2,05	2,08	2,02	1,76	1,80	1,46
9/9/2004	0,18	1,18	2,12	1,90	1,73	1,61	1,28	0,80	0,59	0,21	1,25	2,46	2,00	2,05	1,96	1,57	1,41	0,70
16/9/2004	0,31	1,54	1,49	0,72	1,04	0,94	0,63	0,77	0,68	0,50	1,78	1,73	0,97	1,32	1,22	0,92	1,09	1,00
23/9/2004	0,92	1,59	1,51	1,43	1,38	1,26	1,09	0,91	0,94	0,94	1,93	1,72	1,74	1,66	1,58	1,35	1,41	1,37
30/9/2004	0,45	0,54	0,99	0,73	0,59	0,62	0,79	0,47	0,55	0,54	0,72	1,14	0,92	0,91	0,99	1,11	0,76	0,65
7/10/2004	0,46	0,93	1,03	1,06	1,05	1,08	0,85	1,23	0,84	0,50	1,16	1,26	1,47	1,43	1,47	1,23	1,75	1,45
21/10/2004	0,57	1,27	1,22	1,21	0,78	1,06	1,12	0,93	1,05	0,91	1,54	1,33	1,45	0,99	1,29	1,37	1,29	1,32
28/10/2004	0,61	1,25	1,26	1,31	1,37	1,29	1,30	1,35	1,25	0,67	1,46	1,47	1,60	1,60	1,50	1,52	1,57	1,67
4/11/2004	0,51	0,82	0,80	0,77	0,77	0,80	0,77	0,60	0,57	0,91	0,95	1,05	1,06	0,94	1,28	1,11	1,09	0,89
11/11/2004	0,17	0,64	0,64	0,86	0,67	0,64	0,65	0,48	0,55	0,17	0,65	0,64	0,86	0,67	0,64	0,66	0,49	0,55
18/11/2004	0,18	0,66	0,68	0,63	0,63	0,60	0,63	0,76	0,51	0,22	0,78	0,94	0,84	0,86	0,94	0,97	1,07	4,01
25/11/2004	0,18	0,58	0,63	0,63	0,64	0,64	0,56	0,35	0,40	0,21	0,66	0,77	0,91	0,93	1,02	0,95	0,73	0,96
2/12/2004	0,19	0,55	0,57	0,60	0,64	0,58	0,40	0,80	0,40	0,25	0,58	0,60	0,65	0,77	0,61	0,52	0,89	0,63
9/12/2004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,06	0,11	-	0,12	0,13	0,03	0,13	0,13	-
16/12/2004	0,22	0,63	0,67	0,68	0,69	0,68	0,64	0,54	0,50	0,36	0,77	0,79	0,76	0,74	0,76	0,84	0,89	0,77
<i>n</i>	51	49	50	50	49	50	50	49	50	54	54	53	54	54	54	54	54	53
<i>Média</i>	0,32	0,76	0,80	0,76	0,75	0,76	0,67	0,60	0,54	0,43	0,89	0,98	1,03	1,04	1,06	0,93	1,01	1,00
<i>Máximo</i>	0,20	0,34	0,35	0,32	0,31	0,30	0,29	0,32	0,23	0,26	0,46	0,43	0,36	0,37	0,38	0,34	0,40	0,51
<i>Mínimo</i>	0,92	1,59	2,12	1,90	1,73	1,77	1,57	1,61	1,25	1,40	2,08	2,46	2,05	2,08	2,02	1,76	2,33	4,01
<i>Desvio Padrão</i>	0,074	0,17	0,13	0,25	0,12	0,16	0,09	0,08	0,06	0,060	0,031	0,122	0,120	0,132	0,028	0,126	0,082	0,436
<i>Erro Padrão</i>	0,027	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,05	0,03	0,036	0,062	0,059	0,049	0,051	0,052	0,047	0,055	0,070

Anexo 15. Dados brutos de fosfato (P-PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>) e silicato (Si(OH)<sub>4</sub>).

Data	P-PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> (mg.L <sup>-1</sup> )									Si(OH) <sub>4</sub> (mg.L <sup>-1</sup> )								
	#0	#1	#2	#3	#5	#6	#7S	#8	#9	#0	#1	#2	#3	#5	#6	#7S	#8	#9
17/10/2003	0,01	0,05	0,06	0,07	0,07	0,07	0,03	0,05	0,03	1,30	2,30	2,73	0,00	2,48	3,04	2,50	3,69	0,46
24/10/2003	0,02	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,01	0,05	0,03	0,48	2,59	-	2,24	2,47	1,84	2,85	2,79	1,81
31/10/2003	0,02	0,05	0,06	0,07	0,10	0,06	0,06	0,07	0,03	0,91	2,15	1,49	1,48	1,34	1,99	-	2,58	-
7/11/2003	0,01	0,04	0,07	0,07	0,06	0,08	0,01	0,03	0,02	1,46	2,77	3,22	2,63	2,79	2,59	0,80	0,59	1,54
14/11/2003	0,02	0,06	0,06	0,07	0,07	0,07	0,04	0,07	0,03	0,41	-	3,15	3,76	3,17	3,53	1,98	3,25	2,20
21/11/2003	0,05	0,01	0,05	0,07	0,06	0,05	0,02	0,06	0,03	2,83	1,53	1,25	2,11	3,23	1,77	2,79	3,31	2,48
28/11/2003	-	0,05	0,05	0,07	0,06	0,06	0,03	0,04	0,03	1,24	3,54	1,99	3,00	3,21	3,02	3,03	4,03	1,59
4/12/2003	0,02	0,07	0,08	0,09	0,07	0,05	0,01	0,04	0,05	2,59	3,10	3,16	2,52	3,51	3,62	2,90	3,38	2,09
12/12/2003	0,02	0,19	0,12	0,11	0,15	0,05	0,05	0,02	0,03	-	2,26	2,53	1,50	1,25	2,98	2,85	1,36	1,72
19/12/2003	0,02	0,03	0,09	0,04	0,14	0,11	0,16	0,06	0,14	0,68	1,34	2,74	3,02	-	1,11	0,43	1,94	1,82
6/1/2004	0,01	0,02	0,03	0,03	0,02	0,03	0,02	0,01	0,03	1,76	3,21	3,57	1,33	1,16	1,71	3,80	1,50	0,91
23/1/2004	0,02	0,05	0,07	0,06	0,05	0,05	0,08	0,03	0,03	1,02	4,26	1,54	1,54	1,62	4,41	1,18	3,96	1,01
30/1/2004	0,02	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,03	0,04	0,03	-	1,83	3,94	1,78	3,49	1,60	2,53	1,95	2,49
13/2/2004	0,02	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,03	0,03	0,03	1,41	4,16	3,88	3,02	1,38	1,41	2,84	0,89	3,15
27/2/2004	0,02	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,02	0,03	0,02	1,03	4,20	4,83	2,91	4,80	2,99	3,23	3,12	2,21
5/3/2004	0,03	0,06	0,07	0,08	0,07	0,05	0,04	0,03	0,06	1,39	0,76	4,86	4,11	3,38	3,92	3,77	1,40	1,83
12/3/2004	0,02	0,06	0,06	0,08	0,07	0,06	0,03	0,04	0,03	0,88	2,59	2,80	1,11	1,66	3,04	4,55	2,88	4,00
19/3/2004	0,05	0,07	0,08	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	-	0,81	2,98	3,16	2,02	1,85	3,30	2,78	2,25	1,46
26/3/2004	0,07	0,06	0,06	0,07	0,04	0,05	0,03	0,03	0,03	-	-	2,70	2,91	2,88	2,96	5,23	2,51	2,63
1/4/2004	0,03	0,06	0,06	0,07	0,06	0,04	0,01	0,03	0,04	1,12	2,63	2,39	2,03	1,55	2,72	1,29	0,98	1,90
15/4/2004	0,02	0,06	0,07	0,08	0,07	0,06	0,01	0,05	0,04	-	3,68	3,08	3,87	4,38	4,25	2,50	4,32	1,70
22/4/2004	0,02	0,07	0,07	0,07	0,07	0,08	0,07	0,07	0,05	2,05	4,02	2,35	3,08	5,02	2,80	4,49	4,59	3,39
29/4/2004	0,02	0,07	0,07	0,08	0,06	0,06	0,02	0,04	0,05	2,89	4,34	4,40	4,78	4,25	4,34	3,69	5,02	3,11
6/5/2004	0,03	0,08	0,07	0,07	0,08	0,07	0,08	0,06	0,04	0,65	3,57	3,99	3,37	3,47	4,65	4,90	3,23	3,28
13/5/2004	0,02	0,07	0,06	0,07	0,07	0,07	0,04	0,04	0,04	1,90	3,93	4,56	4,50	4,13	4,34	4,40	4,10	2,71
20/5/2004	0,02	0,06	0,06	0,07	0,05	0,07	0,04	0,06	0,04	2,54	4,28	4,92	3,66	4,49	4,92	3,44	5,01	3,25
27/5/2004	0,02	0,06	0,06	0,07	0,07	0,06	0,03	0,04	0,03	1,86	4,77	5,07	5,28	5,38	3,99	3,50	6,26	3,57
3/6/2004	0,02	0,06	0,07	0,08	0,07	0,06	0,03	0,04	0,04	1,98	5,02	4,90	4,54	4,66	4,65	4,14	4,24	3,22
17/6/2004	0,02	0,06	0,04	0,05	0,04	0,04	0,03	0,02	0,05	1,66	4,22	2,50	3,62	3,95	4,13	4,41	5,34	2,68
24/6/2004	0,02	0,06	0,06	0,07	0,05	0,06	0,04	0,04	0,03	3,60	5,07	5,31	5,23	5,13	-	4,86	5,55	2,58
1/7/2004	0,02	0,05	0,05	0,07	0,06	0,06	0,03	0,04	0,05	2,04	5,01	5,31	4,22	5,31	5,10	3,74	4,51	2,19
8/7/2004	0,03	0,08	0,05	0,06	0,09	0,06	0,05	0,04	0,07	1,70	1,72	2,37	1,63	2,22	2,52	2,20	2,70	-
15/7/2004	0,03	0,06	0,05	0,06	0,04	0,05	0,04	0,04	0,04	1,34	4,31	2,95	4,88	4,94	3,22	4,06	3,99	1,93
22/7/2004	0,02	0,04	0,06	0,05	0,06	0,05	0,03	0,04	0,04	1,06	3,75	3,17	3,25	3,45	4,38	2,20	5,11	4,75
29/7/2004	0,02	0,04	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,02	0,03	1,99	5,15	3,82	4,14	4,17	4,81	4,35	2,22	3,84
5/8/2004	0,02	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,02	1,80	2,37	1,18	4,02	5,21	4,93	3,82	0,88	3,19
12/8/2004	0,04	0,05	0,05	0,06	0,05	0,06	0,03	0,02	0,04	3,32	4,53	4,99	2,25	3,79	4,82	4,38	0,97	3,53
19/8/2004	0,03	0,05	0,05	0,08	0,08	0,12	0,14	0,12	0,10	0,04	1,06	0,78	1,23	0,93	1,32	0,91	1,37	1,60
26/8/2004	0,06	0,09	0,06	0,12	0,13	0,09	0,11	0,09	0,08	0,36	0,88	1,40	0,93	2,46	0,54	0,52	3,41	2,09
2/9/2004	0,02	0,03	0,04	0,10	0,05	0,08	0,01	0,19	0,09	0,37	1,30	1,30	1,15	1,52	1,34	0,86	0,71	1,38
9/9/2004	0,03	0,07	0,17	0,15	0,12	0,13	0,07	0,05	0,09	1,10	2,11	1,83	2,09	1,99	1,82	2,74	1,87	1,51
16/9/2004	0,02	0,03	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	0,53	2,66	3,62	1,43	1,93	1,67	1,37	2,74	2,45
23/9/2004	0,03	0,05	0,06	0,06	0,07	0,06	0,04	0,04	0,03	3,43	6,00	4,00	3,00	3,59	4,32	4,18	3,63	4,90
30/9/2004	0,02	0,04	0,06	0,07	0,08	0,07	0,04	0,04	0,03	0,96	2,40	3,16	0,65	5,00	5,12	4,22	5,23	7,29
7/10/2004	0,01	0,04	0,03	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05	0,04	1,15	5,75	5,09	8,32	6,11	5,81	5,29	6,03	5,97
21/10/2004	0,03	0,06	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,03	0,04	1,47	2,81	5,23	2,99	5,77	4,17	4,22	4,08	1,32
28/10/2004	0,02	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	1,69	4,28	1,18	1,06	1,22	1,32	3,56	2,16	2,69
4/11/2004	0,02	0,05	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,03	0,02	0,52	5,51	4,94	4,85	5,95	2,49	1,31	1,88	3,05
11/11/2004	0,03	0,05	0,05	0,07	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,58	3,18	4,12	2,65	4,82	2,60	4,66	4,42	4,33
18/11/2004	0,04	0,04	0,04	0,05	0,07	0,07	0,05	0,03	0,03	1,15	3,79	2,70	4,74	4,26	1,53	3,54	2,22	4,80
25/11/2004	0,03	0,04	0,04	0,05	0,06	0,05	0,03	0,04	0,03	1,35	3,80	4,77	3,71	4,00	2,34	5,34	5,31	3,73
2/12/2004	0,03	0,05	0,05	0,05	0,07	0,04	0,04	0,03	0,03	1,28	2,51	2,73	3,68	4,94	3,16	3,00	2,82	5,54
9/12/2004	0,14	0,06	0,04	0,08	0,06	0,06	0,05	0,02	0,02	1,35	3,69	3,51	3,34	5,09	5,14	0,62	1,75	4,06
16/12/2004	0,01	0,05	0,04	0,04	-	0,06	0,03	0,03	0,02	1,73	2,94	3,77	5,80	0,67	0,47	0,97	0,78	1,70
<i>n</i>	53	54	54	54	53	54	54	54	53	50	52	53	54	53	53	53	54	52
<i>Média</i>	0,03	0,06	0,06	0,07	0,06	0,06	0,04	0,04	0,04	1,45	3,32	3,30	3,02	3,42	3,14	3,09	3,09	2,78
<i>Máximo</i>	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03	0,03	0,02	0,82	1,30	1,28	1,54	1,51	1,37	1,38	1,53	1,36
<i>Mínimo</i>	0,14	0,19	0,17	0,15	0,15	0,13	0,16	0,19	0,14	3,60	6,00	5,31	8,32	6,11	5,81	5,34	6,26	7,29
<i>Desvio Padrão</i>	0,011	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,04	0,76	0,78	0,00	0,67	0,47	0,43	0,59	0,46
<i>Erro Padrão</i>	0,003	0,003	0,003	0,003	0,004	0,003	0,004	0,004	0,003	0,12	0,18	0,18	0,21	0,21	0,19	0,19	0,21	0,19

Anexo 16. Dados brutos de razão N:P e Clorofila-a.

Data	Razão N:P									Clorofila-a (µg.L <sup>-1</sup> )									
	#0	#1	#2	#3	#5	#6	#7S	#8	#9	#0	#1	#2	#3	#5	#6	#7S	#8	#9	
17/10/2003	37,6	21,7	25,0	27,4	33,6	31,8	87,3	100,7	89,3	0,05	0,17	0,17	0,18	0,20	0,22	0,22	0,15	0,17	
24/10/2003	63,6	45,7	45,9	42,1	51,0	44,9	185,7	53,4	105,4	0,27	0,06	0,19	0,27	0,16	0,09	0,04	1,78	0,56	
31/10/2003	34,7	57,8	46,7	25,9	30,2	16,5	17,6	21,4	79,8	0,08	0,24	0,29	0,30	0,32	0,29	0,28	0,20	0,17	
7/11/2003	38,9	40,4	37,7	38,3	44,6	35,3	433,5	73,4	199,6	0,18	0,11	0,19	0,18	0,13	0,19	0,11	1,01	0,20	
14/11/2003	53,3	-	32,9	30,4	-	34,3	62,8	24,7	81,8	0,20	0,19	0,18	0,16	0,14	0,14	0,15	0,15	0,09	
21/11/2003	38,6	-	37,2	32,5	43,2	48,0	85,7	59,6	71,5	0,18	0,13	0,18	0,17	0,16	0,10	0,07	0,25	0,16	
28/11/2003	-	42,5	41,2	34,5	37,0	36,4	34,7	60,6	33,3	0,10	0,13	0,15	0,15	0,14	0,14	0,13	0,12	0,65	
4/12/2003	24,5	24,0	23,6	31,8	33,8	49,2	142,0	75,0	42,4	0,26	0,16	0,25	0,26	0,42	0,22	0,35	0,28	0,51	
12/12/2003	80,2	12,4	6,2	-	8,1	-	15,9	-	35,4	0,29	0,35	0,35	0,31	0,25	0,16	0,18	0,15	0,14	
19/12/2003	40,4	110,0	-	-	15,9	22,5	15,1	37,1	18,5	0,13	0,30	0,42	0,42	0,31	0,27	0,23	0,16	0,18	
6/1/2004	48,3	121,4	91,0	75,6	96,1	79,8	100,7	163,8	53,3	0,05	0,10	0,11	0,11	0,11	0,12	0,12	0,56	0,12	
23/1/2004	31,7	39,5	-	34,4	46,6	41,2	-	45,4	73,5	0,29	0,21	0,27	0,28	0,30	0,20	0,24	0,77	0,83	
30/1/2004	40,4	40,4	39,2	47,0	43,2	52,6	89,4	53,1	78,0	0,10	0,15	0,14	0,13	0,12	0,11	0,17	0,34	0,19	
13/2/2004	42,4	30,5	35,3	40,4	42,3	42,7	61,5	53,1	92,1	0,07	0,14	0,13	0,13	0,16	0,16	0,21	0,22	0,18	
27/2/2004	20,0	66,7	58,4	45,4	47,4	63,2	-	90,4	80,5	0,03	0,10	0,09	0,09	0,14	0,17	0,15	0,13	0,08	
5/3/2004	30,9	54,3	25,6	29,4	32,5	50,4	98,0	89,2	34,5	0,13	0,29	0,29	0,27	0,31	0,23	0,06	0,35	1,17	
12/3/2004	92,7	28,7	61,1	29,0	40,6	42,3	31,8	61,4	69,6	0,06	0,16	0,15	0,14	0,15	0,15	0,16	0,17	0,11	
19/3/2004	27,1	-	25,0	588,5	123,6	169,6	92,1	105,4	-	0,13	0,29	0,32	0,28	0,13	0,20	0,20	0,16	0,59	
26/3/2004	23,4	13,3	29,7	30,2	50,4	53,7	92,2	57,4	66,2	0,03	0,12	0,10	0,10	0,11	0,15	0,15	0,29	0,16	0,12
1/4/2004	18,5	25,2	25,7	31,0	46,7	56,6	191,7	102,1	30,4	0,12	0,29	0,29	0,25	0,27	0,30	0,25	0,18	0,43	
15/4/2004	15,7	29,1	29,5	27,5	38,1	40,0	123,8	45,8	52,6	0,10	0,09	0,18	0,17	0,11	0,21	0,13	0,18	0,27	
22/4/2004	45,2	34,0	34,2	35,5	35,5	36,6	40,7	36,7	51,1	0,08	0,12	0,13	0,12	0,11	0,12	0,13	0,12	0,10	
29/4/2004	38,6	28,2	31,5	33,1	45,3	36,8	98,5	69,6	53,0	0,08	0,06	0,10	0,07	0,07	0,08	0,05	0,18	0,23	
6/5/2004	36,5	14,5	17,6	28,1	15,8	14,3	14,3	16,9	28,7	0,08	0,24	0,22	0,21	0,15	0,10	0,16	0,19	0,09	
13/5/2004	46,4	17,2	27,5	20,1	14,9	17,7	33,6	-	74,1	0,08	0,09	0,12	0,14	0,10	0,09	0,10	0,15	0,08	
20/5/2004	28,9	18,3	15,4	22,0	54,0	37,0	56,9	38,0	52,5	0,02	0,08	0,08	0,08	0,11	0,11	0,12	0,09	0,09	
27/5/2004	23,5	12,8	13,5	18,7	19,4	39,3	79,2	48,9	79,5	0,19	0,12	0,18	0,24	0,17	0,09	0,14	0,26	0,08	
3/6/2004	44,2	29,2	27,1	27,1	36,0	46,8	52,3	77,4	49,6	0,04	0,10	0,10	0,10	0,10	0,12	0,09	0,13	0,08	
17/6/2004	58,8	47,0	53,3	54,9	49,2	48,5	62,4	78,1	39,7	0,06	0,15	0,22	0,20	0,21	0,19	0,18	0,32	0,25	
24/6/2004	36,8	24,2	22,6	20,6	33,7	22,6	22,8	39,7	42,4	0,02	0,07	0,07	0,08	0,12	0,13	0,13	0,11	0,09	
17/7/2004	32,4	31,0	34,3	31,5	26,8	38,4	95,3	74,1	44,8	0,09	0,08	0,11	0,10	0,08	0,08	0,05	0,22	0,33	
8/7/2004	35,6	58,6	95,7	46,6	30,0	41,6	44,7	56,1	-	0,11	0,44	0,31	0,34	0,30	0,34	0,32	0,41	0,23	
15/7/2004	39,4	49,2	66,8	45,6	58,3	54,3	61,8	47,3	46,1	0,16	0,20	0,07	0,11	0,08	0,10	0,18	0,21	0,15	
22/7/2004	69,2	68,0	46,7	54,0	44,3	68,3	72,0	64,2	58,2	0,03	0,12	0,13	0,14	0,15	0,18	0,18	0,18	0,20	
29/7/2004	30,7	50,8	46,1	-	52,8	60,6	52,2	97,0	60,7	0,14	0,06	0,08	0,07	0,08	0,09	0,08	0,43	0,07	
5/8/2004	28,3	33,2	44,6	29,8	71,8	57,8	54,5	56,3	97,8	0,05	0,07	0,08	0,10	0,09	0,07	0,11	0,12	0,06	
12/8/2004	23,9	39,4	38,7	52,6	54,4	54,0	79,5	10,4	44,0	0,15	0,05	0,08	0,07	0,09	0,09	0,04	0,19	0,14	
19/8/2004	122,4	15,4	22,1	17,4	19,2	11,1	5,9	11,3	10,0	0,07	0,04	0,06	0,06	0,07	0,07	0,11	0,20	0,04	
26/8/2004	14,7	3,8	4,2	10,0	7,7	9,0	10,9	15,3	12,9	0,43	0,14	0,29	0,21	0,15	0,08	0,04	0,13	1,69	
2/9/2004	23,2	56,7	42,0	43,7	83,9	58,7	303,7	21,3	35,3	0,06	0,10	0,11	0,10	0,07	0,08	0,14	0,18	0,05	
9/9/2004	18,1	40,0	31,7	30,1	39,3	32,3	51,3	68,6	17,1	0,37	0,12	0,20	0,10	0,13	0,07	0,12	0,41	2,07	
16/9/2004	49,1	134,6	158,6	63,3	113,2	133,9	97,5	115,7	77,9	0,02	0,18	0,19	0,21	0,19	0,17	0,16	0,13	0,16	
23/9/2004	66,8	78,5	65,6	60,4	50,3	54,9	76,5	72,0	119,3	0,49	0,15	0,20	0,32	0,13	0,07	0,26	0,61	0,43	
30/9/2004	60,7	43,0	42,6	29,9	26,5	32,7	56,9	44,9	51,9	0,04	0,51	0,21	0,14	0,12	0,14	0,14	0,14	0,07	
7/10/2004	81,5	59,2	108,5	73,0	61,7	81,0	76,6	81,0	79,3	0,14	0,12	0,17	0,16	0,23	0,12	0,13	1,39	0,30	
21/10/2004	70,5	57,5	68,8	59,9	41,2	53,3	56,9	90,4	77,1	0,13	0,28	0,31	0,26	0,17	0,16	0,28	0,85	0,28	
28/10/2004	65,8	77,6	105,6	105,2	129,6	104,5	110,6	131,8	132,0	0,03	0,35	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,17	0,32	
4/11/2004	125,2	42,0	66,7	72,1	46,5	73,2	50,9	71,5	125,2	0,73	0,14	0,16	0,19	0,26	0,22	0,37	0,60	0,09	
11/11/2004	11,6	30,1	30,2	28,0	26,2	26,3	29,0	27,2	27,6	0,12	0,12	0,15	0,15	0,14	0,17	0,17	0,29	0,11	
18/11/2004	10,9	47,3	49,7	40,0	28,7	31,9	40,1	93,9	297,5	0,37	0,24	0,29	0,29	0,17	0,18	0,18	0,72	0,29	
25/11/2004	16,6	36,0	40,6	37,9	32,2	43,9	66,8	39,7	62,6	0,01	0,07	0,05	0,07	0,16	0,10	0,07	0,81	0,03	
2/12/2004	21,4	24,3	24,3	27,2	25,9	30,3	25,6	56,3	42,9	0,07	0,22	0,32	0,18	0,19	0,34	0,27	0,56	0,45	
9/12/2004	1,0	4,1	-	3,5	4,8	1,0	5,3	12,0	-	0,08	0,29	0,47	0,46	0,12	0,25	0,18	0,17	0,12	
16/12/2004	56,7	36,3	41,7	42,1	-	28,4	55,2	58,4	68,3	0,16	0,14	0,13	0,15	0,13	0,14	0,15	0,76	0,14	
<i>n</i>	53	51	51	51	52	53	52	52	51	54	54	54	54	54	54	54	54	54	
<i>Média</i>	42,2	42,1	43,8	49,1	43,9	47,0	77,0	61,4	67,6	0,14	0,17	0,19	0,18	0,17	0,16	0,17	0,35	0,29	
<i>Máximo</i>	25,5	26,9	28,1	79,1	26,2	28,5	72,3	31,8	47,2	0,14	0,10	0,10	0,09	0,08	0,07	0,08	0,33	0,38	
<i>Mínimo</i>	125,2	134,6	158,6	588,5	129,6	169,6	433,5	163,8	297,5	0,73	0,51	0,47	0,46	0,42	0,34	0,37	1,78	2,07	
<i>Desvio Padrão</i>	1,0	3,8	4,2	3,5	4,8	1,0	5,3	10,4	10,0	0,01	0,04	0,05	0,06	0,07	0,07	0,04	0,09	0,03	
<i>Erro Padrão</i>	3,51	3,76	3,93	11,08	3,64	3,91	10,03	4,41	6,60	0,018	0,014	0,013	0,013	0,011	0,010	0,011	0,046	0,052	

Anexo 17. Dados brutos de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO<sub>5</sub>) e Surfactantes Aniônicos.

DATA	DBO (mg.L <sup>-1</sup> )									Surfactantes (mg.L <sup>-1</sup> )								
	#0	#1	#2	#3A	#5	#6	#7	#8	#9	#0	#1	#2	#3A	#5	#6	#7	#8	#9
5/3/2004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0,01	0,18	1,41	0,18	0,01	0,2	0,14	0,13
19/3/2004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,03	0,23	0,04	0,15	0,12	0,11	0,2	-	0,5
1/4/2004	0,81	3,48	1,81	1,78	3,95	2,25	1,47	-	3,1	0,07	0,03	0,18	0,13	0,08	0,07	0,05	0,025	2,6
15/4/2004	0,87	0,81	1,3	5,66	1,21	1,44	0,86	1,37	2,29	0	0,06	0,08	0	0,12	0,17	0,05	0,11	2
22/4/2004	0,37	1,36	1,58	2,18	2,85	2,93	4,08	5,22	2,32	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29/4/2004	0,99	1,1	1,12	1,41	1,29	1,55	0,83	1,67	2,71	0,05	0,04	0,11	0,04	0,07	0,02	1,5	0,14	3,6
6/5/2004	1,9	2,5	2,13	2,15	3,79	1,78	2,01	4,54	1,11	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13/5/2004	1,69	2,99	1,21	1,39	1,2	1,12	0,95	1,74	1,06	0,02	0,08	0,05	0,05	0,06	0,04	0,01	0,1	0,1
20/5/2004	1,66	1,25	0,52	0,98	1,06	1,65	0,68	6,49	0,64	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27/5/2004	1,55	0,96	1,05	1,3	1,28	0,96	0,84	1,92	1,33	0,03	0,001	0,001	0,02	0,001	0,01	0,03	0,001	0,02
3/6/2004	2,08	1,95	1,29	2,72	3,63	3,24	2,21	3,27	2,24	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17/6/2004	3,34	1,67	1,63	1,97	1,65	1,73	1,87	2,62	2,58	0	0	0	0	0,06	0	0	0	0
24/6/2004	2,38	1,39	2,53	1,73	3,17	2,46	2,06	3,23	1,76	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1/7/2004	0,62	0,66	-	1,77	1,14	1,13	0,68	1,6	1,97	0,01	0,03	0,01	0,09	0	0	3	0,19	0
8/7/2004	1,41	5,86	3,71	4,49	5,16	3,7	4,05	4,05	2,12	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15/7/2004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0,02	0	0	0,09	0	0,03	0,05	0,1
22/7/2004	0,9	1,66	1,81	1,64	1,99	1,8	1,89	2,8	1,65	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29/7/2004	0,8	1,27	1,35	1,41	1,16	1,14	1,42	3,19	0,89	0	0	0,11	0,03	0,02	0	1,08	0,03	0,9
5/8/2004	1,12	1,64	2,36	2,86	3,25	1,81	1,51	2,62	1,37	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12/8/2004	0,19	0,53	0,59	0,64	0,56	-	0,23	1,32	0,49	0	0	0	0,14	0	0	0,15	0,01	0
19/8/2004	0,62	1,23	1,15	2,2	3,63	2,26	2,02	5,98	1,67	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26/8/2004	0,73	0,59	1,06	1,06	0,98	1,13	0,83	1,3	1,47	0	0	0	0	0	0	1,9	0	2,6
2/9/2004	0,76	1,9	1,82	2,28	1,82	1,5	1,93	5,55	1,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9/9/2004	0,84	1,18	1,5	1,98	1,71	1,98	1,39	2,05	2,16	0,16	0,08	0	0,39	0,31	0,3	0,16	0,05	0,73
16/9/2004	0,58	3,93	3,68	3,39	5,09	3,06	2,84	2,2	1,84	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23/9/2004	0,57	1,57	0,93	1,66	0,83	0,69	0,73	2,12	1,71	0	0	0	0,03	0,03	0	0,28	0,02	0,6
7/10/2004	0,83	1,67	1,05	1,69	1,11	0,78	0,7	2,37	0,45	0	0	0	0,03	0	0,02	0,02	0,03	0,9
21/10/2004	0,78	1,07	1,14	1,19	0,97	0,9	0,92	1,56	0,96	0	0	0	0,03	0,01	0	0,07	0	0,2
28/10/2004	0,93	3,6	2,65	3,12	5,15	2,92	2,69	3,01	1,72	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4/11/2004	1,63	1,14	0,91	1,01	0,93	0,69	1,69	1,12	1,15	0	0	0	0	0,36	0,02	0	0	0,35
11/11/2004	0,19	1,67	0,91	1,75	1,53	1,13	1,1	1,87	0,28	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18/11/2004	0,88	2,23	2,41	2,33	2,78	2,58	2,34	1,78	2,21	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5
25/11/2004	0,27	0,7	1,47	1,72	3,36	1,93	0,9	3,18	0,62	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2/12/2004	0,38	0,66	0,89	1,42	0,79	0,64	0,73	1,27	1,01	0	0	0	0	0	0	0	0,06	4,1
9/12/2004	0,7	2,04	2,19	4,76	2,96	1,26	1,56	2,99	1,55	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16/12/2004	0,66	2,15	2,14	5,17	3,23	0,37	2,31	3,48	2,14	0	0	0	0	0	0	0	0	4,6
<i>n</i>	33	33	32	33	33	32	33	32	33	19	19	19	19	19	19	19	19	19
<i>Média</i>	1,03	1,77	1,62	2,21	2,28	1,70	1,59	2,80	1,58	0,02	0,02	0,03	0,05	0,06	0,03	0,44	0,04	1,26
<i>Máximo</i>	3,34	5,86	3,71	5,66	5,16	3,70	4,08	6,49	3,10	0,16	0,08	0,18	0,39	0,36	0,30	3,00	0,19	4,60
<i>Mínimo</i>	0,19	0,53	0,52	0,64	0,56	0,37	0,23	1,12	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Desvio Padrão</i>	0,68	1,13	0,78	1,23	1,39	0,85	0,92	1,44	0,70	0,04	0,03	0,05	0,09	0,10	0,08	0,83	0,05	1,52
<i>Erro Padrão</i>	0,12	0,20	0,14	0,21	0,24	0,15	0,16	0,25	0,12	0,009	0,006	0,012	0,021	0,024	0,017	0,191	0,013	0,348

Anexo 18. Dados brutos de Compostos Organo-Halogenados Adsorvíveis (AOX) e Coliformes Fecais.

DATA	AOX (mg.L <sup>-1</sup> )								Coliformes fecais (org. 100 mL <sup>-1</sup> )								
	# 0	# 1	# 2	# 3	# 5	# 6	# 7	# 8	# 0	# 1	# 2	# 3	# 5	# 6	# 7	# 8	# 9
22/8/2003	0,03	0,10	-	0,38	0,17	0,12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29/8/2003	0,10	0,10	0,40	-	1,77	1,71	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5/9/2003	0,03	0,12	0,40	0,15	0,08	0,06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12/9/2003	0,02	0,05	0,05	0,08	0,06	0,09	-	0,29	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19/9/2003	0,03	0,09	0,08	0,09	0,11	1,24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26/9/2003	0,03	0,04	0,18	0,06	0,08	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3/10/2003	0,46	1,51	1,49	1,73	2,48	0,73	-	2,36	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10/10/2003	0,07	0,07	0,06	0,06	0,06	0,07	0,08	2,36	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17/10/2003	0,02	0,05	0,04	0,07	0,05	0,08	-	0,07	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24/10/2003	0,04	0,07	0,04	0,06	0,06	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31/10/2003	0,04	0,10	0,06	0,07	0,08	0,06	-	0,11	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7/11/2003	0,05	0,05	0,04	0,07	0,12	0,12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5/12/2003	0,03	0,04	0,07	0,07	0,09	0,06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19/12/2003	0,09	0,11	0,02	0,08	-	0,15	0,12	0,18	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6/1/2004	-	0,04	0,09	0,13	0,11	0,18	0,16	0,14	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25/1/2004	0,02	0,04	0,06	0,08	0,07	0,05	-	0,07	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6/2/2004	-	0,23	0,43	0,54	0,64	0,94	-	0,84	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5/3/2004	0,05	0,08	0,18	0,20	0,28	0,39	-	0,27	31	884	2850	3930	3990	171	1308	341	410
19/3/2004	0,08	0,43	0,41	-	0,94	1,17	-	1,22	84	3448	980	7380	850	213	443	712	1970
1/4/2004	0,03	0,07	0,04	0,05	0,05	0,16	-	0,38	31	1043	1100	4960	410	145	31	97	1870
15/4/2004	0,02	0,10	0,04	0,16	0,27	0,13	0,18	0,19	41	2723	630	8010	1220	272	382	122	16070
29/4/2004	0,08	0,16	0,28	0,30	0,26	0,20	-	0,23	41	278	100	9070	630	160	1119	143	7330
13/5/2004	0,03	0,07	0,07	0,22	0,18	0,16	0,42	0,28	132	697	2602	1830	850	536	472	3448	5650
27/5/2004	0,04	0,15	0,07	0,19	0,14	0,14	0,13	0,12	355	1313	3255	5880	3930	933	2613	1664	8650
17/6/2004	0,01	0,14	0,05	0,13	0,23	0,16	0,31	0,33	209	563	816	2880	1730	627	538	9208	6570
1/7/2004	0,22	0,07	0,05	0,45	0,20	0,20	-	0,35	52	457	399	3930	200	269	272	591	2400
15/7/2004	0,04	0,07	0,09	0,25	0,19	0,58	0,17	0,23	1246	2894	3076	1455	1246	1019	767	4611	1044
29/7/2004	0,04	0,07	0,10	0,24	0,31	0,44	-	0,26	10	512	84	496	789	206	52	633	958
12/8/2004	0,04	0,05	0,08	0,26	0,23	0,20	-	0,27	10	148	571	6867	987	41	269	578	490
26/8/2004	0,03	0,09	0,11	0,17	0,23	0,25	-	0,25	10	52	30	487	379	10	31	132	122
9/9/2004	0,04	0,16	0,16	0,23	0,28	0,32	0,54	0,34	20	496	823	6867	985	292	341	645	4352
23/9/2004	0,03	0,16	0,28	0,34	0,33	0,61	0,31	0,17	830	884	2481	6488	1616	581	294	1725	6488
7/10/2004	0,03	0,09	0,15	0,51	0,25	0,28	0,46	0,30	10	285	369	4884	538	250	379	201	4106
21/10/2004	0,02	0,09	0,08	0,29	0,30	0,18	0,35	0,41	10	754	620	1782	836	404	218	393	2909
4/11/2004	0,04	0,15	0,04	0,19	0,08	0,09	0,09	0,09	6131	776	2755	4611	5475	891	512	545	6131
18/11/2004	0,04	0,06	0,06	0,15	0,12	0,11	0,16	0,27	1785	1169	2481	3448	1153	373	399	3255	2382
2/12/2004	0,01	0,05	0,11	0,25	0,12	0,09	0,12	0,13	410	2130	3450	3410	1460	740	100	850	6270
16/12/2004	0,02	0,04	0,06	0,11	0,08	0,12	0,21	0,12	20	1870	4350	4800	1515	624	609	282	5760
<i>n</i>	36	38	37	36	37	38	16	30	21	21	21	21	21	21	21	21	21
<i>Média</i>	0,06	0,14	0,16	0,23	0,30	0,31	0,24	0,42	546	1113	1610	4450	1466	417	530	1436	4377
<i>Máximo</i>	0,46	1,51	1,49	1,73	2,48	1,71	0,54	2,36	6131	3448	4350	9070	5475	1019	2613	9208	16070
<i>Mínimo</i>	0,01	0,04	0,02	0,05	0,05	0,04	0,08	0,07	10	52	30	487	200	10	31	97	122
<i>Desvio Padrão</i>	0,078	0,239	0,252	0,288	0,482	0,381	0,142	0,575	1362	956	1344	2454	1348	297	577	2172	3722
<i>Erro Padrão</i>	0,013	0,039	0,041	0,048	0,079	0,062	0,035	0,105	297	208	293	535	294	64	125	474	817

Anexo 19. Dados brutos para os metais cádmio, chumbo e cobre.

	DATA	19/3/2004	1/4/2004	15/4/2004	29/4/2004	13/5/2004	27/5/2004	17/6/2004	1/7/2004	15/7/2004	29/7/2004	12/8/2004	26/8/2004	9/9/2004	23/9/2004	7/10/2004	21/10/2004	4/11/2004	18/11/2004	2/12/2004	16/12/2004	n	Média	Máximo	Mínimo	Desvio Padrão	Erro Padrão	
Cádmio (mg.L <sup>-1</sup> )	#0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0,0000	0	0	0,0000	0,0000
	#1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0,0000	0	0	0,0000	0,0000
	#2	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,002	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0,0001	0,002	0	0,0005	0,0001
	#3a	0	0,002	0	0	0	-	0	0	0,002	0	0	0	0	0	0,002	0	0	0	0	0	0	19	0,0003	0,002	0	0,0007	0,0002
	#5	-	0,002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0,0001	0,002	0	0,0005	0,0001
	#6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0,0000	0	0	0,0000	0,0000
	#7	0,002	0	0	0	0	0	0	0,002	0	0,002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0,0003	0,002	0	0,0007	0,0002
	#8	0,002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0,0001	0,002	0	0,0004	0,0001
	#9	0,002	0	0	0	0	0	0,002	0,002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,002	20	0,0004	0,002	0	0,0008	0,0002
	Chumbo (mg.L <sup>-1</sup> )	#0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,005	0	0	0,005	0	0	0	0	0	0	0,016	20	0,0013	0,016	0	0,0038
#1		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,012	0	0,005	0,005	0,021	0	0	0,01	0	0,026	20	0,0040	0,026	0	0,0076	0,0017	
#2		-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,005	0	0	0	0	0	0	0,012	19	0,0009	0,012	0	0,0029	0,0007
#3a		0,005	0	0	0	0	-	0	0	0	0,005	0	0,017	0	0	0	0	0	0,005	0	0,013	19	0,0024	0,017	0	0,0049	0,0011	
#5		-	0,005	0	0	0	0	0	0	0	0,005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,005	19	0,0008	0,005	0	0,0019	0,0004
#6		0,005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,005	0	0	0,005	0	0,005	20	0,0010	0,005	0	0,0021	0,0005	
#7		0,005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,019	20	0,0012	0,019	0	0,0043	0,0010
#8		0	0	0	0	0	0	0,017	0	0	0,013	0	0	0	0	0,005	0	0	0	0	0	0,033	20	0,0034	0,033	0	0,0084	0,0019
#9		0	0	0,004	0,004	0	0	0	0	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,042	0,011	0	0	0,005	0	0,044	20	0,0068	0,044	0	0,0128	0,0029
Cobre (mg.L <sup>-1</sup> )		#0	0	0	0	0	0	0	0	0,008	0	0	0,003	0	0,004	0	0	0	0,008	0	0	20	0,0012	0,008	0	0,0026	0,0006	
	#1	0	0	0,002	0	0	0	0,005	0	0,006	0	0	0,002	0,002	0	0,005	0	0,004	0,002	0,004	0,009	20	0,0021	0,009	0	0,0026	0,0006	
	#2	-	0	0,001	0	0	0	0,005	0,002	0,005	0	0,028	0,004	0	0,012	0,004	0,006	0,004	0,002	0	0,004	19	0,0041	0,028	0	0,0066	0,0015	
	#3a	0	0	0,002	0	0,002	-	0,004	0,004	0	0,01	0	0,004	0	0,005	0	0	0	0,003	0,005	0,008	19	0,0025	0,01	0	0,0030	0,0007	
	#5	-	0	0,002	0	0	0	0,005	0,003	0	0,004	0,009	0,005	0,005	0,005	0,003	0,002	0,003	0,01	0,004	0,004	19	0,0034	0,01	0	0,0029	0,0007	
	#6	0	0	0,004	0	0	0	0,004	0,005	0,005	0,011	0,004	0,004	0,005	0,005	0,004	0,002	0	0,002	0,007	0,002	20	0,0032	0,011	0	0,0029	0,0006	
	#7	0,016	0,021	0,012	0,003	0	0,002	0,006	0,038	0,007	0	0,026	0,03	0,017	0,005	0,009	0,004	0	0,013	0,003	0,003	20	0,0108	0,038	0	0,0109	0,0024	
	#8	0	0	0,006	0	0	0	0	0,006	0,005	0	0	0,007	0,007	0,002	0,023	0,003	0,005	0,008	0,004	0,002	20	0,0039	0,023	0	0,0053	0,0012	
	#9	0,053	0,065	0,053	0,03	0,027	0,022	0,055	0,124	0,105	0,063	0,058	0,1	0,139	0,067	0,041	0,013	0,017	0,04	0,022	0,053	20	0,0574	0,139	0,013	0,0354	0,0079	

Anexo 20. Dados brutos para os metais cromo, ferro e zinco.

	DATA	19/3/2004	1/4/2004	15/4/2004	29/4/2004	13/5/2004	27/5/2004	17/6/2004	1/7/2004	15/7/2004	29/7/2004	12/8/2004	26/8/2004	9/9/2004	23/9/2004	7/10/2004	21/10/2004	4/11/2004	18/11/2004	2/12/2004	16/12/2004	n	Média	Máximo	Mínimo	Desvio Padrão	Erro Padrão	
Cromo (mg.L <sup>-1</sup> )	#0	0,015	0,023	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0,0019	0,023	0	0,0060	0,0013
	#1	0,015	0,014	0	0	0	0	0	0	0	0	0,002	0	0	0	0,003	0	0	0	0	0	0	20	0,0017	0,015	0	0,0044	0,0010
	#2	-	0,013	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,003	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0,0008	0,013	0	0,0030	0,0007
	#3a	0,014	0,011	0	0	0	-	0	0	0,002	0	0,006	0	0	0	0,005	0,002	0	0,005	0	0,006	0	19	0,0027	0,014	0	0,0042	0,0010
	#5	-	0,018	0	0	0	0	0	0	0,011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,002	0	0	19	0,0016	0,018	0	0,0047	0,0011
	#6	0,018	0,019	0	0	0	0	0	0	0	0,002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0,0020	0,019	0	0,0057	0,0013
	#7	0,018	0,005	0	0	0	0	0	0,002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0,0013	0,018	0	0,0041	0,0009
	#8	0,025	0,018	0	0	0	0	0,006	0,002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0,0026	0,025	0	0,0067	0,0015
	#9	0	0,007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,002	0	0	0	0	0	0	20	0,0005	0,007	0	0,0016	0,0004
	Ferro (mg.L <sup>-1</sup> )	#0	0,247	0,222	0,228	0,195	0,224	0,602	0,249	0,174	0,213	0,148	0,098	0,165	0,151	1,59	0,167	0,242	3,33	1,16	0,216	0,203	20	0,4912	3,33	0,098	0,7658	0,1712
#1		0,799	1,42	1,68	1,26	2,33	1,74	2,75	0,447	3,27	0,713	0,672	0,882	1,07	1,5	1,88	1,34	2,77	1,35	2,17	3,36	20	1,6702	3,36	0,447	0,8628	0,1929	
#2			1,12	1,04	1,23	2,29	1,97	2,91	0,837	1,77	0,702	0,717	0,925	0,817	1,7	1,32	4,11	2,95	1,49	2,69	3,69	19	1,8041	4,11	0,702	1,0345	0,2373	
#3a		0,964	1,33	1,25	1,05	2,64		3,03	0,763	0,982	1,02	0,69	0,66	0,95	2,63	0,819	1,61	1,16	2,83	2,61	9,08	19	1,8983	9,08	0,66	1,9183	0,4401	
#5			2,34	1,49	1,93	2,6	2,06	3,47	2,27	1,15	0,894	1,27	1,33	1,46	1,75	1,52	2,34	2,64	1,07	2,55	2,72	19	1,9397	3,47	0,894	0,6925	0,1589	
#6		2,16	2,19	1,34	2,2	3,42	2,11	3,44	2,47	3,72	2,11	1,12	2,12	2,47	2,82	3,18	2,19	0,992	2,72	5,08	3,65	20	2,5751	5,08	0,992	0,9752	0,2181	
#7		0,366	0,483	1,76	1,02	3,7	2,39	3,2	0,249	3,2	0,942	0,585	0,33	1,17	2,85	3,48	2,24	2,54	1,69	2,33	4,49	20	1,9508	4,49	0,249	1,2814	0,2865	
#8		2,41	2,26	2,07	1,72	3,41	2,18	1,63	1,83	3,23	1,47	2,34	2,02	1,81	1,6	6,3	2,08	3,91	1,44	1,78	2,6	20	2,4045	6,3	1,44	1,1287	0,2524	
#9		0,551	0,438	0,635	0,47	1,48	0,861	0,614	0,12	0,679	0,402	0,345	0,195	0,369	0,723	0,712	2,4	1,82	0,674	0,512	2,85	20	0,8425	2,85	0,12	0,7292	0,1631	
Zinco (mg.L <sup>-1</sup> )		#0	0,01	0,002	0,008	0,014	0,025	0,02	0,015	0,008	0,034	0	0	0,002	0,002	0,01	0,038	0,002	0,013	0,064	0,001	0,01	20	0,0139	0,064	0	0,0160	0,0036
	#1	0,019	0,015	0,013	0,021	0,014	0,015	0,022	0,015	0,04	0,042	0,012	0,017	0,047	0,027	0,167	0,005	0,023	0,012	0,013	0,105	20	0,0322	0,167	0,005	0,0385	0,0086	
	#2		0,014	0,002	0,008	0,031	0,031	0,013	0,042	0,041	0,035	0,034	0,015	0,017	0,043	0,006	0,011	0,014	0,027	0,014	0,08	19	0,0252	0,08	0,002	0,0186	0,0043	
	#3a	0,03	0,011	0,006	0,008	0,014	-	0,013	0,033	0,012	0,053	0,007	0,014	0,01	0,03	0,011	0,007	0,014	0,09	0,012	0,082	19	0,0241	0,09	0,006	0,0248	0,0057	
	#5		0,015	0,007	0,025	0,016	0,014	0,01	0,013	0,029	0,013	0,026	0,019	0,032	0,007	0,027	0,012	0,006	0,034	0,023	0,135	19	0,0244	0,135	0,006	0,0282	0,0065	
	#6	0,017	0,022	0,008	0,013	0,012	0,009	0,028	0,007	0,012	0,056	0,009	0,014	0,035	0,017	0,02	0,009	0,007	0,087	0,014	0,03	20	0,0213	0,087	0,007	0,0195	0,0044	
	#7	0,017	0,02	0,01	0,034	0,015	0,022	0,023	0,009	0,02	0,02	0,002	0,017	0,028	0,012	0,021	0,006	0,011	0,034	0,014	0,028	20	0,0182	0,034	0,002	0,0087	0,0019	
	#8	0,022	0,016	0,007	0,021	0,02	0,057	0,042	0,024	0,025	0,062	0,256	0,022	0,047	0,017	0,056	0,009	0,02	0,037	0,018	0,085	20	0,0432	0,256	0,007	0,0540	0,0121	
	#9	0,034	0,01	0,025	0,021	0,018	0,011	0,021	0,013	0,029	0,009	0,051	0,028	0,26	0,04	0,66	0,012	0,022	0,028	0,018	0,072	20	0,0691	0,66	0,009	0,1494	0,0334	

Anexo 21. Dados brutos de Bactérias totais e Picoplâncton fototrófico.

Data	Bactérias totais (cél.mL <sup>-1</sup> )									Picoplâncton fototrófico (cél.mL <sup>-1</sup> )								
	#0	#1	#2	#3a	#5	#6	#7	#8	#9	#0	#1	#2	#3a	#5	#6	#7	#8	#9
19/3/2004	1,1E+06	1,3E+06	6,7E+05	2,8E+06	8,8E+05	2,5E+06	2,5E+06	3,7E+06	3,7E+06	1,1E+04	1,7E+04	2,0E+04	2,4E+04	1,3E+04	9,8E+03	6,9E+03	4,5E+04	3,0E+04
1/4/2004	1,6E+06	1,3E+06	2,6E+06	3,0E+06	1,1E+06	1,8E+06	3,1E+06	1,6E+06	1,1E+06	1,2E+04	2,8E+04	2,1E+04	4,2E+04	4,0E+04	3,9E+04	1,5E+04	8,5E+03	2,7E+04
15/4/2004	1,3E+06	3,5E+06	3,7E+06	3,3E+06	2,1E+06	2,3E+06	2,4E+06	3,0E+06	3,4E+06	2,9E+03	1,9E+04	5,0E+03	2,6E+04	1,1E+04	1,9E+04	1,1E+04	3,3E+04	2,5E+04
29/4/2004	9,7E+05	1,6E+06	1,5E+06	1,3E+07	2,7E+06	2,0E+06	1,1E+07	2,6E+06	4,5E+06	1,2E+04	4,6E+04	3,4E+04	4,5E+04	6,2E+04	4,6E+04	1,5E+05	4,6E+04	5,1E+04
13/5/2004	1,3E+06	2,0E+06	2,1E+06	9,4E+06	1,0E+07	1,1E+07	1,6E+07	2,1E+07	1,3E+07	4,0E+03	3,8E+04	2,1E+04	2,0E+04	2,2E+04	1,9E+04	6,0E+04	6,6E+04	2,8E+04
27/5/2004	1,8E+06	2,2E+06	1,8E+06	2,8E+06	1,2E+07	1,4E+07	1,6E+07	2,0E+07	1,3E+07	6,2E+03	4,4E+04	5,0E+04	7,3E+04	5,1E+04	5,8E+04	1,1E+05	1,0E+05	3,6E+04
17/6/2004	2,0E+06	1,8E+06	1,7E+06	2,8E+06	1,1E+07	1,4E+07	1,4E+07	2,1E+07	3,4E+06	5,8E+03	4,4E+04	3,0E+04	2,8E+04	3,2E+04	2,4E+04	3,0E+04	4,3E+04	2,0E+04
1/7/2004	2,1E+06	2,0E+06	1,9E+06	9,9E+06	1,1E+07	1,4E+07	1,3E+07	2,0E+07	3,2E+06	9,6E+03	2,5E+04	2,3E+04	3,7E+04	3,8E+04	3,4E+04	2,5E+04	5,8E+04	2,9E+04
15/7/2004	9,1E+05	8,2E+05	1,6E+06	4,8E+06	4,4E+06	4,9E+06	7,6E+06	1,1E+07	9,1E+05	8,3E+03	3,8E+04	3,7E+04	3,0E+04	4,7E+04	4,7E+04	7,2E+04	8,9E+04	5,3E+04
29/7/2004	8,8E+05	1,0E+06	1,1E+06	7,8E+06	7,6E+06	7,7E+06	6,3E+06	1,5E+07	1,3E+06	5,9E+03	2,5E+04	5,2E+04	5,8E+04	6,4E+04	9,0E+04	6,7E+04	7,8E+04	3,5E+04
12/8/2004	2,3E+06	3,6E+06	2,9E+06	1,3E+07	1,9E+07	2,1E+07	1,4E+07	1,9E+07	3,3E+06	9,1E+03	3,2E+04	2,7E+04	3,9E+04	3,4E+04	4,1E+04	2,5E+04	2,1E+05	2,5E+04
26/8/2004	2,1E+06	3,3E+06	2,5E+06	1,2E+07	1,9E+07	1,7E+07	1,4E+07	2,0E+07	3,0E+06	4,5E+03	4,3E+04	2,4E+04	2,6E+04	4,8E+04	3,9E+04	2,0E+04	6,6E+04	9,7E+04
9/9/2004	2,1E+06	3,5E+06	2,1E+06	1,3E+07	1,7E+07	1,5E+07	1,4E+07	1,9E+07	2,9E+06	1,1E+04	3,2E+04	3,3E+04	5,0E+04	1,1E+05	4,9E+04	6,4E+04	1,4E+05	1,2E+05
23/9/2004	2,5E+06	2,9E+06	2,8E+06	8,9E+06	1,0E+07	1,2E+07	1,3E+07	1,3E+07	3,1E+06	3,4E+04	5,3E+04	6,3E+04	6,8E+04	6,1E+04	5,9E+04	9,1E+04	1,2E+05	4,8E+04
7/10/2004	1,9E+06	2,4E+06	1,5E+06	5,8E+06	6,3E+06	6,6E+06	7,3E+06	1,0E+07	3,5E+06	1,0E+04	3,0E+04	5,1E+04	6,0E+04	6,1E+04	1,1E+05	2,5E+04	1,0E+05	8,2E+04
21/10/2004	1,6E+06	1,8E+06	1,4E+06	7,1E+06	5,8E+06	6,4E+06	5,7E+06	6,3E+06	3,3E+06	1,0E+04	3,9E+04	2,8E+04	3,8E+04	4,4E+04	9,3E+04	5,2E+04	1,1E+05	1,1E+05
4/11/2004	2,2E+06	2,0E+06	5,1E+06	1,1E+07	8,8E+06	5,8E+06	1,0E+07	8,4E+06	2,9E+06	2,2E+04	5,2E+04	4,9E+04	6,0E+04	4,8E+04	6,5E+04	5,5E+04	8,9E+04	5,7E+04
18/11/2004	2,9E+06	2,9E+06	2,7E+06	6,4E+06	7,5E+06	3,9E+07	1,8E+07	1,1E+07	2,5E+06	2,7E+04	5,1E+04	5,4E+04	1,0E+05	3,7E+04	4,3E+04	6,2E+04	5,7E+04	4,4E+04
2/12/2004	1,3E+06	2,5E+06	3,5E+06	7,8E+06	7,4E+06	8,3E+06	3,9E+07	7,7E+06	2,7E+06	1,4E+04	1,4E+05	1,4E+05	8,2E+04	8,9E+04	1,4E+05	1,6E+05	1,0E+05	1,0E+05
16/12/2004	4,4E+06	5,0E+06	4,7E+06	4,7E+06	1,6E+07	1,9E+07	4,0E+07	2,3E+07	6,6E+06	2,0E+04	4,8E+04	5,5E+04	8,5E+04	8,2E+04	1,1E+05	9,4E+04	1,3E+05	7,7E+04
<i>n</i>	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
<i>Média</i>	1,9E+06	2,4E+06	2,4E+06	7,4E+06	9,0E+06	1,1E+07	1,3E+07	1,3E+07	4,1E+06	1,2E+04	4,2E+04	4,1E+04	5,0E+04	5,0E+04	5,6E+04	6,0E+04	8,4E+04	5,5E+04
<i>Máximo</i>	4,4E+06	5,0E+06	5,1E+06	1,3E+07	1,9E+07	3,9E+07	4,0E+07	2,3E+07	1,3E+07	3,4E+04	1,4E+05	1,4E+05	1,0E+05	1,1E+05	1,4E+05	1,6E+05	2,1E+05	1,2E+05
<i>Mínimo</i>	8,8E+05	8,2E+05	6,7E+05	2,8E+06	8,8E+05	1,8E+06	2,4E+06	1,6E+06	9,1E+05	2,9E+03	1,7E+04	5,0E+03	2,0E+04	1,1E+04	9,8E+03	6,9E+03	8,5E+03	2,0E+04
<i>Desvio Padrão</i>	8,2E+05	1,0E+06	1,2E+06	3,7E+06	5,6E+06	8,8E+06	1,0E+07	7,2E+06	3,4E+06	8,0E+03	2,5E+04	2,8E+04	2,3E+04	2,5E+04	3,5E+04	4,4E+04	4,5E+04	3,2E+04
<i>Erro Padrão</i>	1,8E+05	2,3E+05	2,6E+05	8,2E+05	1,2E+06	2,0E+06	2,3E+06	1,6E+06	7,5E+05	1,8E+03	5,6E+03	6,2E+03	5,2E+03	5,5E+03	7,7E+03	9,9E+03	1,0E+04	7,2E+03

Anexo 22. Características gerais das fontes poluidoras. Cond= condutividade ( $\mu\text{S.cm}^2$ ); Turb= turbidez (UNT); OD=oxigênio dissolvido ( $\text{mg.L}^{-1}$ ); Temp= temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ); Sal= salinidade ( $\%$ ); Surf= surfactantes ( $\text{mg.L}^{-1}$ ); DQO ( $\text{mg.L}^{-1}$ ); AOX ( $\text{mg.L}^{-1}$ ); Cd= cádmio total ( $\text{mg.L}^{-1}$ ); Pb= chumbo total ( $\text{mg.L}^{-1}$ ); Cu= cobre total ( $\text{mg.L}^{-1}$ ); Cr= cromo total ( $\text{mg.L}^{-1}$ ); Fe= ferro total ( $\text{mg.L}^{-1}$ ); Zn= zinco total ( $\text{mg.L}^{-1}$ ).

N°	Município	Data	Tipo	pH	Cond.	Turb.	OD	Temp.	Sal.	Surf.	DQO	AOX	Cd	Pb	Cu	Cr	Fe	Zn
5	Navegantes	19/2/2004	Esgoto Doméstico	6,66	22,7	12	1,78	25,7	1,39	5	656,85	-	0	0	0,033	0	0,609	0,020
8	Navegantes	19/2/2004	Esgoto Doméstico	6,58	15,7	30	2	26,3	0,92	2	763,13	0,972	0	0,019	0,028	0,005	2,44	0,059
18	Navegantes	19/2/2004	Córrego Urbano	6,41	10,2	15	1,99	26,4	0,59	5	180,12	-	0	0,005	0,017	0,020	4,61	0,041
19	Navegantes	19/2/2004	Indústria Pescado	6,63	18,3	4	2,48	26,8	1,08	19	1196,22	0,589	0	0	0,017	0	0,331	0,025
22	Navegantes	19/2/2004	Indústria Pescado	7,18	13,6	66	2,69	25,9	0,78	8	829,76	-	0	0,005	0,024	0,004	0,447	0,021
25	Navegantes	19/2/2004	Córrego Urbano	6,71	18,7	12	2,25	26,7	1,11	4	568,10	-	0	0	0,027	0,006	0,782	0,015
28	Navegantes	19/2/2004	Córrego Urbano	6,47	15,5	22	2,34	27,2	0,92	8	513,27	0,878	0	0,010	0,024	0,007	1,79	0,013
50	Navegantes	19/2/2004	Córrego Urbano	6,64	17,5	5	2,22	26,9	1,04	6	596,55	-	0	0	0,024	0,002	0,441	0,031
55	Navegantes	19/2/2004	Indústria Química	6,49	4,15	17	3,75	34	0,24	1	366,68	-	0	0	0,006	0,004	1,09	0,015
63	Ilhota	25/8/2004	Rio Afluente	6,64	0,1	108	4,91	19,5	0	0	9,65	0,378	0	0	0,005	0	3,97	0,024
75	Ilhota	25/8/2004	Córrego Rural	6,38	0,084	340	4,94	22	0	0,08	57,91	0,172	0	0	0	0	3,26	0,008
76	Gaspar	25/8/2004	Córrego Urbano	7,17	0,357	128	4,7	21,2	0,01	2,99	86,10	0,452	0	0	0,002	0	1,11	0,026
81	Ilhota	25/8/2004	Córrego Rural	6,81	0,098	12	5,66	22	0	0,03	39,30	0,116	0	0	0	0,004	1,64	0,024
95	Blumenau	25/8/2004	Córrego Rural	7,28	0,152	8	7,11	21,3	0	0	80,40	0,180	0	0	0,003	0	2,21	0,004
114	Blumenau	25/8/2004	Esgoto Doméstico	7,17	0,589	94	3,75	20,7	0,02	-	158,13	0,345	0	0	0,002	0	0,687	0,042
125	Blumenau	25/8/2004	Córrego Urbano	7,18	0,412	12	4,55	20,2	0,01	2,65	43,06	0,120	0	0	0	0	2,89	0,017
126	Blumenau	25/8/2004	Esgoto Doméstico	7,25	0,682	42	3,65	19,7	0,02	3,75	236,08	0,176	0	0	0,004	0	2,31	0,01
132	Blumenau	25/8/2004	Indústria Química (têxtil)	7,11	1,95	1	6,02	26,5	0,09	0,29	57,91	0,340	0	0	0,007	0	0,05	0,031
141	Blumenau	2/9/2004	Córrego Urbano	6,96	1,06	18	2,36	22,1	0,04	1,2	44,66	0,237	0	0,005	0,004	0	1,45	0,057
145	Blumenau	2/9/2004	Esgoto Doméstico	6,84	0,386	68	3,35	21,5	0,01	3,21	82,10	0,224	0	0,005	0,006	0,021	1,06	0,06
146	Blumenau	25/8/2004	Esgoto Doméstico	6,99	0,52	70	2,65	22,1	0,02	3,1	69,04	0,183	0	0	0,008	0	1,87	0,04
146	Blumenau	2/9/2004	Córrego Urbano	6,75	0,171	8	5,46	20,6	0	0,79	36,00	0,296	0	0	0,003	0	0,483	0,015
150	Blumenau	25/8/2004	Indústria Química (têxtil)	7,39	0,364	25	5,5	22	0,01	0,41	35,64	0,128	0	0	0,002	0,002	0,749	0,014
151	Blumenau	25/8/2004	Indústria Química (têxtil)	7,02	0,319	2	3,41	21,5	0,01	1,51	35,64	0,202	0	0	0,004	0	1,24	0,006
155	Blumenau	25/8/2004	Indústria Química (têxtil)	7,3	0,65	156	4,4	20,9	0,02	4,2	217,52	0,248	0	0	0,003	0	1,31	0,035
163	Gaspar	25/8/2004	Indústria Química (têxtil)	7,64	0,787	103	1,3	23,1	0,03	3,55	200,00	0,240	0	0	0,017	0	2,48	0,065
164	Blumenau	25/8/2004	Indústria Química (têxtil)	8,08	4,74	23	4,59	29	0,25	0,4	145,00	0,808	0	0	0,033	0,009	13,8	0,078
171	Gaspar	25/8/2004	Indústria Química (têxtil)	7,53	6,17	2	5,22	31	0,32	0,59	-	1,171	0	0	0,019	0	0,053	0,005
172	Gaspar	25/8/2004	Indústria Química (têxtil)	8,25	2,84	210	4,19	25,9	0,14	3,08	180,00	1,312	0	0	0,031	0,008	2,23	0,128

## Anexo 22. Continuação.

Nº	Município	Data	Tipo	pH	Cond.	Turb.	OD	Temp.	Sal.	Surf.	DQO	AOX	Cd	Pb	Cu	Cr	Fe	Zn
179	Gaspar	25/8/2004	Indústria Química (têxtil)	7,57	3,13	48	5,12	28,2	0,15	0,8	50,20	0,276	0	0	0,008	0,002	0,854	0,051
181	Gaspar	2/9/2004	Córrego Urbano	6,47	0,151	32	4,34	20,8	0	0,61	27,91	0,171	0	0	0,005	0	2,34	0,042
189	Gaspar	25/8/2004	Indústria Óleos	6,9	0,104	51	4,13	28,5	0	0,15	28,21	0,237	0	0	0	0,004	0,569	0,01
216	Itajaí	19/2/2004	Córrego Urbano	6,1	0,346	34	3,7	25,8	0,01	0,25	300,05	-	0	0,005	0,002	0,007	12,5	0,020
222	Gaspar	19/2/2004	Indústria Química	6,56	11	6	2,62	30,3	0,62	7	538,25		0	0	0,022	0,013	0,707	0,027
223	Itajaí	19/2/2004	Córrego Urbano	6,42	0,411	54	0,05	25,3	0,01	0,57	466,62	0,149	0	0	0,003	0,001	4,27	0,016
232	Itajaí	19/2/2004	Indústria Química	6,64	16,4	4	2,41	26,9	0,95	12	1862,52	-	0	0,017	0,030	0,006	0,341	0,011
247	Itajaí	19/2/2004	Indústria Pescado	6,64	0,681	41	1,49	27,2	0,02	6,5	393,33	0,230	0	0	0,029	0,017	5,24	0,045
250	Itajaí	19/2/2004	Esgoto Doméstico	6,58	9,4	6	4,63	26,4	0,52	13	171,79	-	0	0	0,014	0,004	2,03	0,021
251	Itajaí	19/2/2004	Rio Afluente	6,79	0,106	158	5,07	25,3	0	0,08	280,06	-	0	0	0,005	0,004	7,72	0,016
252	Itajaí	19/2/2004	Indústria Química	6,77	6,64	41	2,21	28	0,35	1	173,45	-	0	0	0,012	0,007	2,30	0,019
253	Itajaí	19/2/2004	Esgoto Doméstico	6,5	6,87	45	1,66	27	0,37	2,33	486,61		0	0	0,011	0,003	2,12	0,029
264	Itajaí	19/2/2004	Esgoto Doméstico	6,74	0,634	36	0,17	27,1	0,02	1,98	326,70	0,180	0	0	0,008	0,015	3,39	0,038
265	Itajaí	19/2/2004	Esgoto Doméstico	6,68	1,67	88	0,24	27,2	0,07	12	619,87	0,229	0	0	0,011	0,010	0,680	0,046
266	Itajaí	19/2/2004	Esgoto Doméstico	6,89	0,98	60	0,19	26,8	0,04	15	-	0,233	0	0	0,007	0,015	1,14	0,039
267	Itajaí	19/2/2004	Indústria Pescado	6,72	14,2	47	3,93	27,3	0,82	1	429,98	-	0	0	0,026	0,018	1,81	0,070
270	Itajaí	19/2/2004	Esgoto Doméstico	6,75	0,862	37	1,32	27,1	0,03	4,3	1226,21	0,229	0	0	0,004	0,002	1,39	0,028
275	Itajaí	19/2/2004	Córrego Urbano	6,48	4,82	17	1,35	24,8	0,25	16	846,42	-	0	0	0,009	0	3,18	0,015

Anexo 23. Dados brutos para os índices de qualidade da água (IQA) para as diferentes variáveis, estações e datas. DBO<sub>5</sub>= demanda bioquímica de oxigênio; NID= nitrogênio inorgânico total; PO<sub>4</sub>= fosfato; OD%= percentual de saturação de oxigênio dissolvido; MPS= material particulado em suspensão; CF= coliformes fecais; Turb= turbidez.

Estação	Data	q-DBO <sub>5</sub>	q-NID	q-PO <sub>4</sub>	q-OD%	q-pH	q-MPS	q-CF	q-Turb	IQA
#0	1/4/2004	90,41	94,02	95,96	91,21	79,32	82,20	51,90	96,33	<b>81,67</b>
#1	1/4/2004	64,80	90,67	92,74	89,20	78,99	84,14	20,28	76,87	<b>65,08</b>
#2	1/4/2004	79,62	90,57	92,74	91,17	84,57	83,74	19,94	70,99	<b>66,73</b>
#3A	1/4/2004	79,93	88,84	92,04	88,55	74,17	83,85	11,73	52,25	<b>57,85</b>
#5	1/4/2004	61,23	87,57	93,28	66,65	56,59	84,88	27,03	19,05	<b>54,13</b>
#6	1/4/2004	75,36	88,48	94,61	67,76	62,66	85,07	35,95	18,50	<b>59,11</b>
#7	1/4/2004	83,11	87,60	97,02	68,46	66,82	83,08	51,90	83,35	<b>73,55</b>
#8	1/4/2004	100,42	87,81	96,02	64,05	65,31	84,40	39,79	46,81	<b>67,13</b>
#9	1/4/2004	67,87	91,42	94,39	86,48	90,50	83,50	16,69	88,64	<b>65,00</b>
#0	15/4/2004	89,72	94,43	96,32	91,30	74,88	81,86	48,75	96,33	<b>80,19</b>
#1	15/4/2004	90,41	89,81	92,60	82,17	84,57	83,96	14,63	41,30	<b>59,90</b>
#2	15/4/2004	84,92	89,66	92,54	87,14	92,01	83,60	23,77	45,97	<b>66,65</b>
#3A	15/4/2004	50,05	88,76	91,18	87,43	88,03	83,55	9,75	45,15	<b>53,52</b>
#5	15/4/2004	85,90	87,85	92,40	80,06	70,18	84,28	19,27	25,45	<b>57,90</b>
#6	15/4/2004	83,43	88,13	92,87	67,57	92,18	83,43	30,38	30,39	<b>63,57</b>
#7	15/4/2004	89,83	90,38	97,04	35,67	80,30	83,85	27,59	47,67	<b>57,57</b>
#8	15/4/2004	84,17	88,76	93,95	43,35	86,24	84,06	37,57	32,48	<b>60,64</b>
#9	15/4/2004	74,99	89,08	94,68	74,18	94,65	82,62	7,34	68,25	<b>54,34</b>
#0	29/4/2004	88,35	93,10	96,46	88,16	94,65	81,90	48,75	96,33	<b>81,87</b>
#1	29/4/2004	87,11	89,44	92,05	82,65	93,99	83,64	30,19	53,23	<b>69,96</b>
#2	29/4/2004	86,89	88,90	92,19	85,08	90,50	83,16	39,49	54,24	<b>73,30</b>
#3A	29/4/2004	83,75	87,60	91,31	87,65	82,81	83,31	9,28	56,31	<b>56,78</b>
#5	29/4/2004	85,03	86,82	92,62	64,87	66,82	84,60	23,77	19,92	<b>55,94</b>
#6	29/4/2004	82,28	88,35	92,60	66,97	95,12	84,51	35,04	20,22	<b>62,91</b>
#7	29/4/2004	90,18	88,22	96,07	51,09	91,10	83,31	19,83	54,24	<b>59,70</b>
#8	29/4/2004	81,04	86,34	94,34	39,22	89,66	83,28	36,08	45,97	<b>60,81</b>
#9	29/4/2004	71,19	87,45	93,78	35,37	95,07	82,70	10,09	80,03	<b>50,15</b>
#0	13/5/2004	80,84	92,49	96,38	91,66	93,51	81,93	36,83	96,33	<b>77,69</b>
#1	13/5/2004	68,79	91,94	92,35	85,43	92,18	84,91	23,04	24,66	<b>61,27</b>
#2	13/5/2004	85,90	90,68	93,20	83,41	88,51	84,97	14,87	23,54	<b>57,44</b>
#3A	13/5/2004	83,96	91,27	92,24	85,25	86,77	84,99	16,82	20,52	<b>57,86</b>
#5	13/5/2004	86,01	92,39	92,32	81,09	76,28	84,94	21,66	17,21	<b>58,14</b>
#6	13/5/2004	86,89	91,76	92,24	78,58	93,76	85,13	24,97	12,86	<b>59,28</b>
#7	13/5/2004	88,80	91,12	94,48	76,79	86,77	85,13	25,93	12,20	<b>58,78</b>
#8	13/5/2004	80,33	92,68	94,37	64,54	90,09	85,01	13,44	14,34	<b>51,36</b>
#9	13/5/2004	87,56	87,07	94,88	59,72	90,30	82,50	11,17	49,44	<b>54,87</b>
#0	27/5/2004	82,28	93,85	96,24	87,46	77,31	82,35	28,18	83,35	<b>71,12</b>
#1	27/5/2004	88,69	93,12	92,98	69,91	88,98	84,09	18,81	32,48	<b>59,87</b>
#2	27/5/2004	87,67	92,98	92,95	71,86	74,17	84,35	13,72	29,41	<b>55,14</b>
#3A	27/5/2004	84,92	91,55	92,24	69,83	56,97	83,85	11,00	34,74	<b>51,47</b>
#5	27/5/2004	85,14	91,38	92,19	61,93	52,10	83,80	12,80	26,27	<b>49,76</b>
#6	27/5/2004	88,69	88,06	92,73	55,02	81,57	84,22	21,02	22,82	<b>55,49</b>
#7	27/5/2004	90,06	88,78	95,75	53,01	78,99	84,35	14,85	22,13	<b>51,90</b>
#8	27/5/2004	78,53	89,94	94,93	46,43	91,93	84,45	17,37	23,91	<b>52,61</b>
#9	27/5/2004	84,60	87,94	95,44	54,57	86,50	83,30	9,45	58,48	<b>52,87</b>

### Anexo 23. Continuação

Estação	Data	q-DBO <sub>5</sub>	q-NID	q-PO <sub>4</sub>	q-OD%	q-pH	q-MPS	q-CF	q-Turb	IQA
#0	17/6/2004	65,91	92,07	96,56	82,78	94,98	83,57	32,65	25,05	<b>64,89</b>
#1	17/6/2004	81,04	87,59	93,32	72,13	94,20	83,28	24,60	11,13	<b>56,69</b>
#2	17/6/2004	81,45	88,38	94,33	71,91	92,18	83,84	21,94	11,73	<b>55,85</b>
#3A	17/6/2004	78,04	87,23	93,81	73,00	89,21	83,62	14,34	10,71	<b>51,11</b>
#5	17/6/2004	81,24	89,26	94,54	72,72	70,91	85,13	17,14	10,58	<b>51,52</b>
#6	17/6/2004	80,43	89,39	94,57	73,80	95,27	78,89	23,81	3,49	<b>50,98</b>
#7	17/6/2004	79,03	89,62	95,49	67,42	88,24	82,98	24,94	5,65	<b>52,43</b>
#8	17/6/2004	71,99	89,72	96,08	62,39	94,92	84,99	9,22	8,06	<b>45,14</b>
#9	17/6/2004	72,34	89,33	93,73	73,61	95,25	83,01	10,54	27,13	<b>52,92</b>
#0	1/7/2004	92,65	93,53	96,51	79,94	84,86	81,90	46,17	94,33	<b>78,81</b>
#1	1/7/2004	92,17	90,67	93,76	67,62	94,30	81,97	26,18	57,39	<b>66,73</b>
#2	1/7/2004	100,42	90,31	93,86	68,23	91,29	82,38	27,24	58,48	<b>67,77</b>
#3A	1/7/2004	80,03	89,22	92,49	65,31	84,57	82,28	12,80	64,37	<b>57,41</b>
#5	1/7/2004	86,67	90,49	92,87	58,81	44,21	83,82	33,03	27,56	<b>57,01</b>
#6	1/7/2004	86,78	88,99	93,32	54,82	90,09	83,64	30,47	12,69	<b>56,68</b>
#7	1/7/2004	91,93	88,16	95,97	41,40	86,50	82,43	30,38	48,54	<b>60,71</b>
#8	1/7/2004	81,76	86,52	94,65	42,32	84,57	83,31	24,24	45,97	<b>57,32</b>
#9	1/7/2004	78,04	89,20	94,15	42,61	93,64	83,36	15,30	80,03	<b>56,40</b>
#0	29/7/2004	90,53	93,35	96,24	83,85	89,44	82,63	66,38	96,33	<b>85,14</b>
#1	29/7/2004	85,25	88,93	94,46	79,83	88,98	83,10	25,31	56,31	<b>67,26</b>
#2	29/7/2004	84,39	88,37	93,73	84,04	83,70	83,08	41,21	58,48	<b>73,26</b>
#3A	29/7/2004	83,75	90,27	93,97	76,78	78,66	83,28	25,55	58,48	<b>65,99</b>
#5	29/7/2004	86,45	88,36	94,28	74,06	75,58	84,58	22,17	52,25	<b>63,18</b>
#6	29/7/2004	86,67	87,66	94,44	68,17	74,88	83,85	32,77	23,54	<b>61,72</b>
#7	29/7/2004	83,64	89,63	94,96	70,29	75,93	84,03	46,17	35,94	<b>68,44</b>
#8	29/7/2004	67,12	88,38	96,08	58,08	83,70	82,34	23,74	28,01	<b>56,85</b>
#9	29/7/2004	89,49	89,73	95,47	59,55	85,70	84,16	20,85	70,99	<b>63,08</b>
#0	12/8/2004	97,96	92,72	94,91	84,04	89,44	81,98	66,38	64,37	<b>82,61</b>
#1	12/8/2004	93,73	89,10	93,52	69,26	89,44	82,03	35,76	68,25	<b>71,28</b>
#2	12/8/2004	93,01	89,34	93,63	73,45	86,24	82,28	24,49	72,41	<b>67,62</b>
#3A	12/8/2004	92,41	86,33	93,11	64,08	73,10	82,27	10,36	72,41	<b>55,43</b>
#5	12/8/2004	93,37	87,20	93,76	63,35	63,80	83,60	20,65	29,41	<b>56,59</b>
#6	12/8/2004	100,42	86,19	93,16	64,99	82,81	83,72	48,75	29,90	<b>68,60</b>
#7	12/8/2004	97,45	89,41	96,00	62,24	78,33	82,94	30,47	63,14	<b>66,91</b>
#8	12/8/2004	84,71	94,92	96,70	55,70	90,30	84,46	24,40	16,96	<b>56,74</b>
#9	12/8/2004	94,22	90,25	94,78	57,80	90,30	82,94	25,65	72,41	<b>65,81</b>
#0	26/8/2004	91,34	92,74	92,93	83,33	89,66	82,09	66,38	96,33	<b>84,71</b>
#1	26/8/2004	93,01	94,48	90,80	79,36	88,75	83,99	46,17	58,48	<b>75,61</b>
#2	26/8/2004	87,56	94,65	92,69	79,76	87,79	82,59	52,28	69,60	<b>77,96</b>
#3A	26/8/2004	87,56	91,84	88,02	75,80	80,30	83,07	25,69	75,35	<b>67,55</b>
#5	26/8/2004	88,46	92,48	87,34	58,75	66,82	83,47	27,65	40,58	<b>60,26</b>
#6	26/8/2004	86,78	92,88	90,13	52,60	78,33	84,31	66,38	23,54	<b>66,75</b>
#7	26/8/2004	90,18	91,92	89,08	50,48	81,57	83,24	51,90	76,87	<b>71,08</b>
#8	26/8/2004	84,92	91,45	90,75	49,50	94,20	85,07	36,83	27,56	<b>61,87</b>
#9	26/8/2004	83,11	92,36	91,40	75,15	94,72	84,16	37,57	70,99	<b>73,12</b>
#0	9/9/2004	90,06	94,08	96,01	70,13	87,28	83,41	57,15	94,33	<b>79,89</b>
#1	9/9/2004	86,23	87,23	92,22	74,33	81,88	84,19	25,55	57,39	<b>65,70</b>
#2	9/9/2004	82,80	79,97	83,97	75,09	66,82	82,09	21,88	55,26	<b>60,60</b>
#3A	9/9/2004	77,95	82,63	85,86	83,70	75,93	83,55	10,36	66,93	<b>56,41</b>
#5	9/9/2004	80,63	82,34	88,37	76,69	57,34	82,24	20,66	72,41	<b>60,89</b>
#6	9/9/2004	77,95	82,86	86,85	61,60	76,28	82,31	29,78	11,58	<b>54,42</b>
#7	9/9/2004	83,96	85,27	92,35	54,45	76,28	83,08	28,50	55,26	<b>61,90</b>
#8	9/9/2004	77,27	86,24	94,24	44,67	88,03	82,56	23,60	43,56	<b>57,21</b>
#9	9/9/2004	76,21	90,76	90,39	58,59	95,25	83,63	12,33	58,48	<b>56,00</b>

Anexo 23. Continuação.

Estação	Data	q-DBO <sub>5</sub>	q-NID	q-PO <sub>4</sub>	q-OD%	q-pH	q-MPS	q-CF	q-Turb	IQA
#0	23/9/2004	93,25	89,23	95,50	71,07	78,66	84,59	21,82	27,56	59,98
#1	23/9/2004	82,07	83,05	93,47	63,09	84,57	83,91	21,39	60,76	61,77
#2	23/9/2004	89,03	84,31	93,15	76,71	79,32	84,29	15,12	45,97	59,08
#3A	23/9/2004	81,14	84,20	92,67	63,09	72,01	84,69	10,59	45,97	52,35
#5	23/9/2004	90,18	84,69	91,88	69,21	63,42	84,47	17,55	49,44	58,13
#6	23/9/2004	91,82	85,23	92,70	67,40	78,33	84,15	24,37	37,85	61,57
#7	23/9/2004	91,34	86,60	94,79	73,72	76,62	85,11	29,72	26,27	62,80
#8	23/9/2004	76,59	86,27	94,44	58,58	83,41	84,47	17,16	40,58	56,38
#9	23/9/2004	80,63	86,49	95,99	70,93	84,86	83,87	10,59	75,35	57,48
#0	7/10/2004	90,18	92,10	97,04	79,49	86,24	83,15	66,38	96,33	83,84
#1	7/10/2004	81,04	87,84	94,44	69,75	78,66	84,21	29,98	85,07	68,51
#2	7/10/2004	87,67	87,17	95,97	68,58	75,58	83,14	27,86	72,41	66,69
#3A	7/10/2004	80,84	85,88	94,33	70,88	67,19	83,43	11,80	75,35	56,63
#5	7/10/2004	87,00	86,11	93,74	70,51	73,45	83,95	24,94	61,94	64,38
#6	7/10/2004	90,76	85,89	94,71	67,13	79,32	83,98	31,09	27,56	62,53
#7	7/10/2004	91,70	87,40	95,12	72,54	77,31	83,00	27,65	29,41	62,51
#8	7/10/2004	74,25	84,13	94,04	57,18	86,77	84,68	32,99	83,35	66,83
#9	7/10/2004	94,71	86,01	94,68	50,26	87,03	83,83	12,60	81,67	56,91
#0	21/10/2004	90,76	89,41	95,72	85,56	88,75	83,84	66,38	90,49	84,58
#1	21/10/2004	87,45	85,42	93,05	74,73	86,50	84,59	22,49	18,77	58,66
#2	21/10/2004	86,67	86,72	94,47	89,03	82,50	56,91	23,89	11,73	56,45
#3A	21/10/2004	86,12	86,01	93,55	87,66	74,88	83,26	16,97	14,94	55,32
#5	21/10/2004	88,57	88,90	93,58	84,69	71,28	83,78	21,77	35,34	62,01
#6	21/10/2004	89,37	87,00	93,55	88,15	83,70	83,67	27,14	29,41	65,05
#7	21/10/2004	89,14	86,51	93,58	84,96	86,77	84,09	32,28	39,18	68,56
#8	21/10/2004	82,17	86,97	95,44	77,33	82,81	84,35	27,36	45,97	65,64
#9	21/10/2004	88,69	86,80	94,90	82,82	81,88	85,13	14,29	34,16	58,38
#0	4/11/2004	81,45	89,41	96,82	82,64	76,28	81,78	10,82	18,50	51,80
#1	4/11/2004	86,67	89,19	93,87	83,05	85,97	85,13	22,29	69,60	67,54
#2	4/11/2004	89,26	88,52	95,17	85,06	84,86	81,78	14,57	68,25	62,92
#3A	4/11/2004	88,12	88,43	95,36	83,80	82,81	81,78	12,06	61,94	59,96
#5	4/11/2004	89,03	89,22	94,31	81,43	70,91	81,78	11,30	66,93	58,25
#6	4/11/2004	91,82	87,09	94,85	82,83	82,19	81,78	21,34	19,92	59,59
#7	4/11/2004	80,84	88,13	94,01	82,96	80,30	81,78	25,31	59,61	66,61
#8	4/11/2004	86,89	88,24	95,25	72,73	76,97	81,78	24,84	36,56	62,22
#9	4/11/2004	86,56	89,53	96,85	77,87	85,42	81,78	10,82	37,20	55,73
#0	18/11/2004	89,60	94,02	94,41	82,35	92,81	83,12	16,96	40,58	62,43
#1	18/11/2004	75,55	90,24	95,01	83,19	92,81	84,33	19,54	45,15	63,33
#2	18/11/2004	73,88	89,21	94,55	84,09	93,11	84,36	15,12	35,34	59,20
#3A	18/11/2004	74,62	89,84	94,14	82,70	91,29	85,08	13,44	37,85	58,17
#5	18/11/2004	70,58	89,76	92,49	80,28	78,99	83,28	19,63	58,48	62,33
#6	18/11/2004	72,34	89,21	92,54	80,45	85,42	83,46	27,78	35,94	64,11
#7	18/11/2004	74,52	89,04	93,55	76,74	86,77	83,49	27,24	35,34	63,63
#8	18/11/2004	79,93	88,41	96,02	73,54	83,70	84,92	13,72	23,91	54,59
#9	18/11/2004	75,74	71,49	95,61	76,21	94,20	82,77	15,34	61,94	60,01
#0	2/12/2004	95,57	93,75	95,91	80,30	88,03	84,88	27,03	94,33	72,81
#1	2/12/2004	92,17	91,59	93,63	81,71	86,77	84,47	15,96	26,69	58,93
#2	2/12/2004	89,49	91,44	93,45	86,63	87,54	84,80	13,43	24,66	57,34
#3A	2/12/2004	83,64	91,14	93,63	82,26	83,11	84,85	13,49	28,94	56,83
#5	2/12/2004	90,64	90,30	92,49	78,56	66,44	84,94	18,16	22,47	56,63
#6	2/12/2004	92,41	91,38	94,33	75,95	84,86	85,12	22,62	11,43	57,06
#7	2/12/2004	91,34	91,99	94,31	74,93	77,99	84,09	39,49	27,56	66,88
#8	2/12/2004	85,25	89,57	95,17	68,72	79,32	83,50	21,66	42,04	61,21
#9	2/12/2004	88,12	91,27	95,39	76,45	92,34	82,25	10,73	68,25	59,33

Anexo 23. Continuação.

Estação	Data	q-DBO <sub>5</sub>	q-NID	q-PO <sub>4</sub>	q-OD%	q-pH	q-MPS	q-CF	q-Turb	IQA
#0	16/12/2004	92,17	93,07	97,01	83,50	78,99	81,88	57,15	86,83	<b>80,98</b>
#1	16/12/2004	76,31	90,33	94,12	81,75	85,97	85,10	16,69	6,54	<b>51,18</b>
#2	16/12/2004	76,40	90,22	94,58	83,20	85,14	84,64	12,33	4,26	<b>46,87</b>
#3A	16/12/2004	52,99	90,41	94,74	82,56	79,65	84,76	11,88	5,11	<b>45,05</b>
#5	16/12/2004	66,80	90,52	-	81,56	73,81	84,53	17,93	7,34	-
#6	16/12/2004	95,69	90,40	93,07	82,48	84,57	85,12	23,84	4,13	<b>53,40</b>
#7	16/12/2004	74,80	89,89	95,28	79,27	81,88	84,36	24,02	3,52	<b>50,77</b>
#8	16/12/2004	64,80	89,52	95,25	70,56	79,65	84,31	30,07	29,41	<b>61,21</b>
#9	16/12/2004	76,40	90,35	96,05	75,36	88,98	84,48	11,08	29,41	<b>54,15</b>
Média		84,07	89,12	93,84	72,33	82,63	83,43	25,53	45,54	<b>61,85</b>
DP		8,32	3,03	2,09	12,64	9,44	2,35	13,48	25,78	<b>8,31</b>
n		162	162	161	162	162	162	162	162	<b>161</b>