



## Volume 6

### Conteúdo

#### INTRODUÇÃO

#### 1. RESUMO DAS FONTES DE POLUIÇÃO NA ÁREA

#### 2. CLASSIFICAÇÃO E ENQUADRAMENTO LEGAL DOS RECURSOS

#### HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TUBARÃO

#### 3. CONSIDERAÇÕES SOBRE OS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

#### ANALISADOS

#### 3.1 Parâmetros utilizados para o cálculo do IQA

#### 3.1.1 Temperatura

#### 3.1.2 Potencial de Hidrogênio (pH)

#### 3.1.3 Oxigênio Dissolvido

#### 3.1.4 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

#### 3.1.5 Coliformes Totais e Fecais

#### 3.1.6 Nitrogênio Total (amônia, nitratos, nitritos e nitrogênio orgânico)

#### 3.1.7 Fosfato

#### 3.1.8 Sólidos Totais

#### 3.1.9 Turbidez

#### 3.2 Demais Parâmetros

#### 3.2.1 Ferro

#### 3.2.2 Sulfatos

#### 3.2.3 Manganês

#### 3.2.4 Zinco

#### 3.2.5 Cromo

#### 3.2.6 Cobre

#### 3.2.7 Chumbo

#### 3.2.8 Fluoreto

#### 3.2.9 Condutividade

#### 3.2.10 Pesticidas

#### 3.2.11 Óleos e Graxas

#### 3.2.12 ABS

#### 4. METODOLOGIA

#### 4.1 Estações de Amostragem

#### 4.2 Parâmetros Analisados

#### 4.2.1 Cálculo de vazão

#### 4.3 Procedimentos de Coleta e Princípio dos Métodos de Análise

#### 5. INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

#### 5.1 Sub-bacia do Rio Jaguaruna

#### 5.2 Sub-bacias do Rio Bonito, do Rio Rocinha, do Rio Oratório e do Rio Palmeiras

#### 5.3 Sub-bacias com características orgânicas

### 5.3.1 Sub-bacias do Rio Laranjeiras e do Rio Novo

5.3.2 Sub-bacia do Rio Braço do Norte

5.3.3 Sub-bacias do Rio Azambuja, Rio Caruru e Rio do Pouso

5.3.4 Sub-bacia do Rio Capivari

5.4 Sub-bacia da Estiva dos Pregos

5.5 Rio Tubarão

5.6 Sistema Lagunar

6. CONCLUSÕES

### LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Classificação das águas doces de acordo com os usos preponderantes

TABELA 2 - Padrões de qualidade ambiental para águas doces

TABELA 3: Classificação toxicológica dos pesticidas

TABELA 4: Classificação dos pesticidas por grupo

TABELA 5: Toxicidade relativa dos pesticidas medida como mortalidade induzida para a fauna aquática

TABELA 6 : Efeitos não letais dos pesticidas sobre organismos aquáticos

TABELA 7: Especificações técnicas e sintomas sobre toxicidade de alguns pesticidas

TABELA 8 - Principais processos produtivos por sub-bacia

TABELA 9 - Convenções das sub-bacias

TABELA 10 - Índice de Qualidade de Água

TABELA 11 - Coordenadas geográficas das estações de amostragem na

Sub-bacia do Rio Jaguaruna

TABELA 12 - Resultados obtidos para as amostras da sub-bacia do Rio

Jaguaruna

TABELA 13 - Carga Poluente em termos de DBO - Sub-bacia do Rio

Jaguaruna

TABELA 14: Qualidade de Água para as estações da Sub-bacia do Rio

Jaguaruna

TABELA 15 - Concentração de elementos menores

TABELA 16 - Coordenadas geográficas das estações de amostragem nas Sub-bacias do Rio Bonito, do Rio Rocinha, do Rio Oratório e do Rio

Palmeiras

TABELA 17 - Resultados obtidos para as amostras das sub-bacias do Rio

Bonito, do Rio Rocinha, do Rio Oratório e do Rio Palmeiras

TABELA 18 - Carga poluente em termos de sólidos totais - Sub-bacias do

Rio Bonito, do Rio Rocinha, do Rio Oratório e do Rio Palmeiras

TABELA 19 - Índice de Qualidade de Água para as estações das Sub-

bacias do Rio Bonito, do Rio Rocinha, do Rio Oratório e do Rio Palmeiras

TABELA 20 - Nível de saturação de oxigênio dissolvido em águas doces

e salgadas a diversas temperaturas

TABELA 21 - Nível de DBO em diferentes tipos de líquidos

TABELA 22 - Coordenadas geográficas das estações de amostragem na

Sub-bacia do Rio Laranjeiras e Novo

TABELA 23 - Resultados obtidos para as amostras das Sub-bacias do Rio

Laranjeiras e do Rio Novo

TABELA 24 - Índice de Qualidade de Água para as estações das Sub-

bacias do Rio Laranjeiras e do Rio Novo

TABELA 25 - Coordenadas geográficas das estações de amostragem da

Sub-bacia do Rio Braço do Norte  
TABELA 26 - Resultados obtidos para as amostras da sub-bacia do Rio Braço do Norte  
TABELA 27 - Índice de Qualidade de Água para as estações da sub-bacia do Rio Braço do Norte  
TABELA 28 - Coordenadas geográficas das estações de amostragem das Sub-bacias do Rio Azambuja, do Caruru e do Pouso  
TABELA 29 - Resultados obtidos para as sub-bacias do Rio do Pouso, do Rio Caruru e do Rio Azambuja  
TABELA 30 - Índice de Qualidade de Água para as estações das Sub-bacias do Rio do Pouso, Rio Caruru e Rio Azambuja  
TABELA 31 - Coordenadas geográficas das estações de amostragem na Sub-bacia do Capivari  
TABELA 32 - Resultados obtidos para as amostras da sub-bacia do Rio Capivari  
TABELA 33 - Índice de Qualidade de Água para as estações da Sub-bacia do Rio Capivari  
TABELA 34 - Carga poluente, em termos de sólidos totais, para as estações localizadas na foz dos rios Laranjeiras, Novo, Braço do Norte, do Pouso, Caruru, Azambuja e do Capivari  
TABELA 35 - Resultados obtidos para as amostras da sub-bacia da Estiva dos Pregos  
TABELA 36 - Índice de Qualidade de Água para as estações da Sub-bacia da Estiva dos Pregos  
TABELA 37 - Coordenadas geográficas das estações de amostragem no Rio Tubarão  
TABELA 38 - Resultados obtidos para as amostras do Rio Tubarão  
TABELA 39 - Índice de Qualidade de Água para as estações do Rio Tubarão  
TABELA 40 - Resultados das análises físico-químicas na Lagoa do Mirim  
TABELA 41 - Resultados das análises físico-químicas na lagoa do Imaruí  
TABELA 42 - Resultados das análises físico-químicas na lagoa de Santo Antônio  
TABELA 43 - Comparação da concentração do material de fundo do Complexo Lagunar, coletado nos anos de 1984 e 1993  
TABELA 44 - Resultados das análises físico-químicas realizadas na foz dos Rios D'Una, Aratingáuba, Mané Chico, Siqueiro e Tubarão no início da década de 1990  
TABELA 45 - Coordenadas geográficas das estações de amostragem do Sistema Lagunar  
TABELA 46 - Resultados obtidos para as amostras do Sistema Lagunar  
TABELA 47 - Índice de Qualidade de Água para as estações do Sistema Lagunar  
TABELA 48 - Metais analisados na foz do Rio Chicão e na foz do Rio D'Una

#### LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Médias mensais de precipitação - Estação Orleans  
FIGURA 2 - Variação de pH na sub-bacia do Rio Jaguaruna  
FIGURA 3 - Variação da concentração de oxigênio dissolvido na Sub-bacia do Rio Jaguaruna  
FIGURA 4 - Variação da concentração de DBO na Sub-bacia do Rio Jaguaruna  
FIGURA 5 - Número Mais Provável (NMP) de coliformes totais na Sub-

bacia do Rio Jaguaruna

FIGURA 6 - Principais problemas associados à mineração, ao beneficiamento e aos usos do carvão mineral nos recursos hídricos

FIGURA 7 - Variação de pH nas Sub-bacias do Rio Bonito, do Rio

Rocinha, do Rio Oratório e do Rio Palmeiras

FIGURA 8 - Variação da concentração de ferro nas Sub-bacias do Rio

Bonito, do Rio Rocinha, do Rio Oratório e do Rio Palmeiras

FIGURA 9 - Variação da concentração de sulfatos (SO<sub>4</sub>) nas Sub-bacias

do Rio Bonito, do Rio Rocinha, do Rio Oratório e do Rio Palmeiras

FIGURA 10 - Variação da concentração de oxigênio dissolvido (OD) nas

Sub-bacias do Rio Bonito, do Rio Rocinha, do Rio Oratório e do Rio

Palmeiras

FIGURA 11 - Variação da concentração de sólidos totais nas Sub-bacias

do Rio Bonito, do Rio Rocinha, do Rio Oratório e do Rio Palmeiras

FIGURA 12 - Velocidade de transformação da amônia em nitrito e nitrato

FIGURA 13 - Variação de pH nas Sub-bacias do Rio Laranjeiras e do Rio

Novo

FIGURA 14 - Variação da concentração de OD nas Sub-bacias do Rio

Laranjeiras e do Rio Novo

FIGURA 15 - Variação do número mais provável de coliformes fecais nas

Sub-bacias do Rio Laranjeiras e do Rio Novo

FIGURA 16 - Variação de pH nas estações localizadas no Rio Braço do

Norte

FIGURA 17 - Variação da concentração de oxigênio dissolvido nas

estações localizadas no Rio Braço do Norte

FIGURA 18 - Variação da concentração de demanda bioquímica de

oxigênio nas estações localizadas no Rio Braço do Norte

FIGURA 19 - Variação de pH nas Sub-bacias do Rio do Pouso, do Rio

Caruru e do Rio Azambuja

FIGURA 20 - Variação da concentração de oxigênio dissolvido nas Sub-

bacias do Rio do Pouso, do Rio Caruru e do Rio Azambuja

FIGURA 21 - Variação de sulfatos nas estações RCA61 e RCA63 - Sub-

bacia do Rio Capivari

FIGURA 22 - Variação de pH na Sub-bacia da Estiva dos Pregos

FIGURA 23 - Variação da concentração de sulfatos na Sub-bacia da Estiva

dos Pregos

## LISTA DE FOTOS

FOTO 1: seqüência de fotos do canal da Barra do Camacho

FOTO 2: Coloração marrom típica da presença de ácidos húmicos na

margem do Rio Jaguaruna

FOTO 3: Coloração marrom típica da presença de ácidos húmicos na

margem do Rio dos Correias

FOTO 4 - Cobertura castanho-amarelada nos seixos do leito do Rio

Rocinha

FOTO 5 - Usina de Beneficiamento Rocinha

FOTO 6 - Disposição de rejeitos na margem esquerda do Rio Rocinha

FOTO 7- Rio Rocinha próximo à cidade de Lauro Müller

FOTO 8 – Cascata no Rio Palmeiras em Pindotiba, 1994

FOTO 9 – Queimada às margens do Rio Armazém em 1996

FOTO 10 – Área sedimentar exposta, com acesso aos aquíferos

FOTO 11 – Cascata no Rio Braço do Norte

FOTO 12 – Mostra o efeito sobre a vegetação da contaminação que vaza

da bacia de contenção do Banhado da Estiva dos Pregos  
FOTO 13 – Área com cristais de sulfato ferroso, no banhado da Estiva dos  
Pregos

#### LISTA DE MAPAS

MAPA 1: Situação legal dos Recursos Hídricos da RH9

MAPA 2: Situação atual dos Recursos Hídricos da RH9

MAPA 3: Qualidade das águas na Sub-bacia do Rio Jaguaruna

MAPA 4: Qualidade das águas nas Sub-bacias do Rio Rocinha, do Rio

Bonito, do Rio Oratório e do Rio Palmeiras

MAPA 5: Qualidade das águas nas Sub-bacias do Rio Laranjeiras e do Rio  
Novo

MAPA 6: Qualidade das águas na Sub-bacia do Rio Braço do Norte

MAPA 7: Qualidade das águas na Sub-bacia do Rio Capivari

MAPA 8: Qualidade das águas no rio Tubarão

## INTRODUÇÃO

A avaliação dos recursos hídricos constitui a base prática para propor formas mais adequadas de utilização dos mesmos, visando racionalizar seus usos e administrar os conflitos. O objetivo geral da avaliação é oferecer uma base de dados científicos para sua utilização racional, compreendendo a estimativa da quantidade de recursos e seu potencial de oferta futuro, previsão de possíveis conflitos entre oferta e demanda e identificação contínua de fontes potenciais de água doce (extensão, confiabilidade e qualidade dos recursos e das atividades humanas que os afetam). Essa avaliação deve ter caráter integrador, considerando os aspectos quantitativo e qualitativo, de águas superficiais e subterrâneas, correlacionando com a ocupação do solo e uso da água. Todas essas questões foram abordadas no Zoneamento das Disponibilidades Hídricas da Bacia Hidrográfica do Rio Tubarão. Este volume, em especial, trata de aspectos referentes à qualidade das águas superficiais da bacia em estudo.

## 1. RESUMO DAS FONTES DE POLUIÇÃO NA ÁREA

A poluição das águas se origina através de várias fontes, dentre as quais destacam-se efluentes domésticos, efluentes industriais, escoamento superficial urbano e escoamento superficial agrícola que, por sua vez, estão associados ao tipo de uso e ocupação do solo.

Cada uma dessas fontes possui características próprias quanto aos poluentes que carregam, sendo que os esgotos domésticos apresentam contaminantes orgânicos biodegradáveis, nutrientes e bactérias.

O escoamento superficial urbano contém, em geral, todos os poluentes que se depositam na superfície do solo. Quando da ocorrência de chuvas, estes materiais acumulados no solo em valas, bueiros, etc. são arrastados pela enxurrada para os cursos d'água superficiais, constituindo uma fonte de poluição tanto maior quanto mais deficiente for a limpeza pública (CETESB, 1973).

O escoamento superficial agrícola tem características diferentes. Seus efeitos dependem muito das práticas agrícolas utilizadas em cada região e da época do ano em que se realiza a preparação do terreno para plantio, aplicação de defensivos agrícolas e colheitas. A contribuição representada pelo material proveniente da

erosão de solos intensifica-se, quando da ocorrência de chuvas em áreas rurais. Já, os efluentes industriais dependem das matérias-primas e processos industriais utilizados.

Na Bacia Hidrográfica do Rio Tubarão, a maior em volume d'água do sul do Estado de Santa Catarina, com uma extensão de 5923 Km<sup>2</sup>, a poluição é oriunda de diversas fontes, de natureza orgânica e inorgânica, diferenciadas pelas características físicas e uso do solo de cada uma das sub-bacias que a compõem. Essa área inclui pequenas Bacias Litorâneas como a do Arroio Corrente Incluído na RH9.

Na porção oeste da bacia, onde se situa parte da bacia carbonífera sul-catarinense, a poluição é principalmente de natureza inorgânica, uma vez que nesta porção ocorrem as camadas de carvão lavradas economicamente desde os primórdios da mineração de carvão no estado até os dias atuais. Os problemas ambientais das sub-bacias localizadas nesta porção e conhecidas como sub-bacias do Rio Oratório, do Rio Bonito, do Rio Rocinha e do Rio Laranjeiras são decorrentes da exploração do carvão, que ocasiona a disposição de grande quantidade de material estéril, que via de regra não é recoberto e que resulta em poluição.

Na porção norte, localizam-se as duas maiores sub-bacias da bacia hidrográfica do Rio Tubarão, conhecidas como Braço do Norte e Capivari. Na sub-bacia do Rio Braço do Norte, a poluição é principalmente de natureza orgânica derivada da suinocultura e na sub-bacia do Rio Capivari é principalmente inorgânica, proveniente das bacias de sedimentação de cinzas do Complexo Termelétrico Jorge Lacerda e das bacias de sedimentação de finos de carvão do Lavador de Capivari, desativado em 1989.

Na porção sul da bacia, os problemas ambientais principais são de natureza orgânica derivados das feculárias localizadas na sub-bacia do Rio Jaguaruna. Os de natureza inorgânica são decorrentes da disposição dos rejeitos piritosos da mineração no Banhado da Estiva dos Pregos, que drena para a sub-bacia da Estiva dos Pregos e dos pesticidas aplicados na cultura do arroz irrigado.

Na porção leste, os problemas ambientais estão relacionados à cultura do arroz irrigado na sub-bacia do Rio D'Una e a todos os demais problemas já citados, uma vez que o destino final das águas do Rio Tubarão é o Sistema Lagunar formado pelas lagoas de Santo Antônio, Imaruí e Mirim.

A poluição por esgotos domésticos ocorre em todas as sub-bacias, uma vez que a Bacia Hidrográfica do Rio Tubarão caracteriza-se pela precariedade de rede de esgotamento sanitário. As pesquisas realizadas pela UNISUL, em 1998, constataram que todo o esgoto coletado é jogado, no mesmo rio que abastece as cidades. Ainda segundo esta pesquisa, a única unidade de tratamento de esgoto da bacia localiza-se na cidade de Orleães, que trata todo o esgoto coletado em sistema de lagoa de estabilização. A parte de Saneamento está no Volume III e o detalhamento de cada um dos processos que envolvem a poluição está apresentado no capítulo 5, referente à interpretação dos resultados.

## **2. CLASSIFICAÇÃO E ENQUADRAMENTO LEGAL DOS RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TUBARÃO**

A discussão dos aspectos legais tem por base o trabalho de dissertação de mestrado de Marisa Bender (1998).

Na esfera federal, foi a Portaria MINTER 0013, de 15/01/76, que inicialmente regulamentou a classificação dos corpos d'água superficiais, com os respectivos padrões de qualidade e os padrões de emissão para efluentes. Através desta portaria, as águas interiores foram divididas em 4 classes.

No Estado de Santa Catarina, as águas interiores foram classificadas também em 4 classes, através do decreto 14.250/81.

Em junho de 1986, o Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA, considerando a necessidade de reformular os critérios existentes para melhor distribuir os usos, contemplar as águas salinas e salobras e melhor especificar os parâmetros e limites associados aos níveis de qualidade requeridos, estabeleceu a classificação das águas do Território Nacional, através da Resolução CONAMA 20/86.

As águas foram, então, classificadas em 9 níveis de qualidade, com base nos usos preponderantes. As águas com salinidade igual ou inferior a 0,05‰ são consideradas doces, as compreendidas entre o intervalo 0,05‰ a 3‰ são consideradas salobras e as que apresentam salinidade igual ou superior a 3‰ são consideradas salinas. As águas doces foram divididas em 5 classes. Na classe especial enquadram-se as águas destinadas aos usos mais nobres, enquanto que na classe 4 as de uso menos nobre.

A tabela 1 apresenta a classificação das águas, de acordo com a Portaria MINTER 0013/76, Decreto Estadual 14.250/81 e Resolução CONAMA 20/86.

Para cada uma das classes existem limites e/ou condições a serem respeitados, sendo mais restritivos quanto mais nobre for o uso pretendido. Observando a classificação na tabela 2 pode-se constatar que os usos previstos na Classe 1 da Resolução CONAMA 20/86 são bem menos restritivos do que os previstos na Classe 1 da legislação estadual que, por suas características, aproxima-se muito mais da Classe Especial estabelecida nesta resolução.

O enquadramento legal dos recursos hídricos de Santa Catarina foi realizado segundo a classificação legal estabelecida na Portaria MINTER 013/76 e regulamentado através da Portaria GAPLAN/SC 024/79, de 19 de setembro de 1979. O fato de um trecho de rio estar enquadrado em determinada classe não significa, necessariamente, que esse seja o nível de qualidade que apresenta, mas sim aquele que deveria apresentar de acordo com os usos que se pretende dar a ele.

De acordo com a Resolução CONAMA 20/86, o enquadramento dos corpos d'água deve estar baseado não necessariamente no seu estado atual, mas nos níveis de qualidade que deveriam possuir para atender as necessidades da comunidade, assim sendo, o enquadramento é o estabelecimento do nível de qualidade (classe) a ser alcançado e/ou mantido em um segmento de corpo d'água ao longo do tempo. Além dos requisitos de qualidade, que traduzem de forma generalizada e conceitual as características desejadas para os corpos d'água, existe a necessidade de se estabelecer, também, os padrões de qualidade embasados por um suporte legal. Estes padrões são listados nos artigos 3, 4, 5, 6, e 7 da Resolução CONAMA 20/86 e artigos 11, 12, 13, e 14 do Decreto 14.250/81. A tabela 2 apresenta os padrões de qualidade ambiental para águas doces de acordo com as Legislações Federal e Estadual. Quando da necessidade de estudos específicos de qualidade de água em determinados trechos de rios, visando à elaboração de um diagnóstico mais detalhado, outros parâmetros podem vir a ser analisados, tanto em função do uso e ocupação do solo na bacia contribuinte, atuais ou pretendidos, quanto pela ocorrência de alguma irregularidade ou eventualidade na área em questão. Diz a resolução que os corpos d'água que, na data de enquadramento, apresentarem condição em desacordo com a sua classe (qualidade inferior à estabelecida), serão objeto de providências com prazo determinado para a sua recuperação, excetuados os parâmetros que excedam aos limites devido às condições naturais.

#### MAPA 1: SITUAÇÃO LEGAL DOS RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TUBARÃO.

#### TABELA 1 - CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS DOCES DE ACORDO COM OS USOS PREPONDERANTES

#### TABELA 2 - PADRÕES DE QUALIDADE AMBIENTAL PARA ÁGUAS DOCES

Algumas vezes as características do manancial já se enquadram na classe para a qual o mesmo foi definido, em outras existe a necessidade de que se estabeleça um programa de controle da poluição, visando à redução da carga poluidora, já que os efluentes não podem conferir ao corpo receptor características em desacordo com o seu enquadramento. O artigo 21 da resolução CONAMA 20/86 estabelece as condições que os efluentes de qualquer fonte poluidora devem atender para serem lançados, direta ou indiretamente, nos corpos d'água.

Com isso, a Resolução CONAMA 20/86, indiretamente, obriga o estabelecimento de

um programa de controle preventivo ou de um corretivo da poluição, conforme a situação.

A resolução diz ainda que os corpos d'água já enquadrados na legislação anterior, serão objeto de reestudo, a fim de a ela se adaptarem e que enquanto não forem feitos os enquadramentos necessários, as águas doces serão consideradas Classe 2, as salinas Classe 5 e as salobras Classe 7, porém, aquelas enquadradas na legislação anterior permanecerão na mesma classe até o reenquadramento.

O Estado de Santa Catarina ainda não adequou seus cursos d'água ao enquadramento previsto nesta resolução, sendo assim permanece em vigor o estabelecido na Portaria GAPLAN/SC 024/79. Seguindo esta portaria, os cursos d'água da Bacia Hidrográfica do Rio Tubarão, a seguir especificados, foram enquadrados como classe 1, e os demais cursos d'água da área de estudo como classe 2.

Classe 1:

- Rio D'Una, das nascentes até a foz, na Lagoa Mirim, e seus afluentes;
- Rio Capivari e seus afluentes, dentro da área do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro;
- Trechos (nascentes) dos cursos d'água da vertente Atlântica da Serra Geral, superior à quota 500 (quinhentos) do divisor de águas, das nascentes dos Rios Bonito e Mãe Luzia (coincidindo com o limite dos Municípios de Siderópolis e Lauro Müller) até o Rio Hipólito no Município de Orleães;
- Rio Hipólito, afluente da margem direita do Rio Laranjeiras, e seus afluentes, das nascentes até a quota 500 (quinhentos);
- Trechos (nascentes) dos cursos d'água da vertente Atlântica da Serra Geral, superior à quota 600 (seiscentos), do Rio Hipólito até o Rio Espraiado ou Pequeno, na localidade de Espraiado, Município de Grão-Pará;
- Rio Espraiado ou Pequeno, afluente da margem direita do Rio Braço do Norte, os seus afluentes, das nascentes até a quota 600 (seiscentos);
- Trechos (nascentes) dos cursos d'água da vertente Atlântica da Serra Geral, superior à quota 800 (oitocentos), do Rio Espraiado ou Pequeno, até o Rio do Salto, afluente da margem direita do Rio do Meio;
- Rio Itiriba, afluente da margem direita do Rio do Meio, das nascentes até a foz do Rio do Meio, e seus afluentes;
- Rio do Meio, afluente da margem direita do Rio Braço do Norte, das nascentes até a foz do Rio Itiriba e seus afluentes neste trecho.

As águas classificadas como Classe 1, nesta portaria, são destinadas ao abastecimento doméstico sem tratamento prévio ou com simples desinfecção, e as águas classificadas como Classe 2 são destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional, à irrigação de hortaliças ou plantas frutíferas e à recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho). O Decreto Estadual 14.250/81 apresenta a mesma classificação da Portaria MINTER 13/76, estabelecendo para cada classe os mesmos limites e/ou condições desta. Será necessária a revisão do Decreto Estadual 14.250/81 e Portaria GAPLAN 024/79, a fim de proceder a classificação e o novo enquadramento dos rios estaduais, principalmente nas classes Especial, 5 e 6, referindo-se as duas últimas às águas salobras. Já, as águas salinas, deverão ser classificadas e enquadradas pelo Governo Federal por se tratarem, em quase sua totalidade, de águas de domínio federal.

O enquadramento das águas da bacia, de acordo com o CONAMA 20/86, deverá ser efetuado pelo Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Tubarão, com a participação da comunidade.

### **3. CONSIDERAÇÕES SOBRE OS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS ANALISADOS**

A qualidade de água nesta avaliação foi estabelecida, utilizando-se um critério geral definido pela CETESB, denominado IQA ou Índice de Qualidade de Águas.

### 3.1 PARÂMETROS UTILIZADOS PARA O CÁLCULO DO IQA

Segue-se a descrição de informações que os parâmetros utilizados fornecem para compor o IQA.

#### 3.1.1 Temperatura

Variações de temperatura são parte do regime climático normal, e corpos d'água naturais apresentam variações sazonais e diurnas, bem como estratificação vertical. A temperatura superficial é influenciada por fatores tais como latitude, altitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade (CETESB, 1973). A temperatura desempenha um papel principal de controle no meio aquático, condicionando as influências de uma série de parâmetros físico-químicos. Em geral, à medida que a temperatura aumenta, de 0 a 30 graus centígrados, a viscosidade, tensão superficial, compressibilidade, calor específico, constante de ionização e calor latente de vaporização diminuem, enquanto a condutividade térmica e a pressão de vapor aumentam as solubilidades com a elevação da temperatura. Organismos aquáticos possuem limites de tolerância térmica superior e inferior, temperaturas ótimas para crescimento, temperatura preferida em gradientes térmicos e limitações de temperatura para migração, desova e incubação do ovo (CETESB, 1973). A temperatura é uma característica física das águas. A solubilidade dos gases na água é inversamente proporcional a sua temperatura. Essa observação pode ser concretizada quando abrimos uma garrafa de um refrigerante gasoso, isto é, que contém gás carbônico dissolvido em altas concentrações. Se o refrigerante estiver gelado, não há quase desprendimento do gás, se estiver a temperatura ambiente, há intenso borbulhamento e formação de espuma (ELETROSUL, 1990). A elevação de temperatura, geralmente, é provocada por despejos de indústrias e usinas termelétricas.

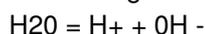
#### Significado Sanitário

Geralmente, supõe-se que o calor necessário para destruir peixes e outros organismos de um corpo d'água deveria ser extremamente intenso, a ponto de elevar a temperatura do meio a 50 ou 60 °C. No entanto, não é o efeito direto do calor sobre os organismos aquáticos, mas sim, o efeito indireto resultante da perda do oxigênio pela água, sempre que a temperatura é elevada (ELETROSUL, 1990).

#### 3.1.2 Potencial de Hidrogênio (pH)

Embora não seja especificamente um poluente, o pH se relaciona diretamente com a acidez e alcalinidade das águas. O pH indica a concentração do íon hidrogênio de uma solução: ele é igual ao inverso do logaritmo da concentração do íon hidrogênio. Uma solução neutra tem pH igual a 7; um pH superior indica que a solução é alcalina, e um pH inferior indica que a solução é ácida (ELETROSUL).

A concentração dos íons de hidrogênio se acha intimamente relacionada com a quantidade em que se dissociam as moléculas de água. A água pura se dissocia em íons hidrogênio e hidroxilas do seguinte modo:



Os ácidos são substâncias que dissociadas produzem íons hidrogênio (H<sup>+</sup>).

Exemplo:  $HCl = H^+ + Cl^-$  (ácido clorídrico)

As bases são aquelas que dissociadas produzem íons hidroxila (OH<sup>-</sup>).

Exemplo:  $NaOH = Na^+ + OH^-$

Na realidade, a medição de pH indica a intensidade de acidez ou alcalinidade da água amostrada.

O pH, em abastecimento de água, é significativo, porque influencia as reações químicas no processo de tratamento de água, principalmente na coagulo-floculação e

desinfecção (ELETROSUL, 1990).

O pH também influi no controle da corrosão das estruturas das instalações hidráulicas e do sistema de distribuição. Valores baixos de pH tendem a dissolver metais das estruturas, adicionando constituintes à água, tais como: ferro, cobre, chumbo, zinco e cádmio (BATALHA, 1977).

Além disto, o pH da água influencia a vida aquática. A toxicidade de muitos materiais é normalmente aumentada por mudanças do pH das águas naturais, que usualmente variam de 5 a 9.

O pH de um rio é fortemente influenciado pelo lançamento de efluentes industriais. Na região carbonífera, os rios apresentam-se geralmente ácidos, devido à influência das atividades ligadas à mineração e ao beneficiamento do carvão mineral.

#### Significado Sanitário

A importância do pH está consubstanciada nas várias fases do tratamento de água, nos tratamentos de resíduos líquidos através de processos biológicos e, principalmente, no que se refere à vida aquática. Os peixes, por exemplo, são geralmente adaptados às condições de neutralidade, com pequenas variações para o ácido ou para o alcalino, mas não suportam as variações acentuadas produzidas, por exemplo, pelas drenagens ácidas provenientes da mineração do carvão.

#### 3.1.3 Oxigênio Dissolvido

Uma adequada provisão de oxigênio dissolvido é essencial para a manutenção de processos de auto-depuração em sistemas aquáticos naturais e estações de tratamento de esgotos. Os níveis de oxigênio dissolvido também indicam a capacidade de um corpo d'água natural manter a vida aquática (CETESB, 1993). O oxigênio dissolvido pode ser fornecido naturalmente pelo ar atmosférico e pelos vegetais verdes; cachoeiras e corredeiras em rios promovem sensível aumento na concentração do mesmo.

A redução na concentração de oxigênio dissolvido num corpo d'água é provocada pela atividade de organismos aeróbios (aqueles que sobrevivem na presença de oxigênio dissolvido). Entre os principais fatores de consumo de oxigênio de um meio líquido, podemos citar os despejos com características orgânicas, tais como:

- esgotos domésticos
- esgotos industriais (laticínios, fecularias, frigoríficos, etc.)

Ressalta-se, também, que a poluição térmica é um fator importante na retirada de oxigênio de um curso d'água.

#### Significado Sanitário

Em condições normais de oxigênio, as águas permitem a vida aquática e não há problema de odores. Entretanto, na sua ausência, os peixes e outros organismos aquáticos tendem a desaparecer, tendo-se, assim, condições sépticas com presença de odores e aspectos estéticos objetáveis (ELETROSUL, 1990). O esgoto de origem doméstica apresenta, invariavelmente, oxigênio dissolvido muito próximo a zero, assim como grande parte dos despejos industriais. Em vista disso, não se realiza a determinação deste parâmetro em despejos, seja ele de origem doméstica ou industrial (ELETROSUL, 1990).

#### 3.1.4 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

A DBO de uma água é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável. A DBO é normalmente considerada como a quantidade de oxigênio consumido durante um determinado período de tempo, numa temperatura de incubação específica. Um período de tempo de 5 dias numa temperatura de incubação de 20 °C é freqüentemente usado e referido como DBO5 (CETESB, 1993).

Os maiores aumentos em termos de DBO, num corpo d'água, são provocados por despejos de origem predominantemente orgânica. A presença de um alto teor de

matéria orgânica pode induzir à completa extinção de oxigênio na água, provocando o desaparecimento de peixes e outras formas de vida aquática (CETESB, 1993).

Pelo fato de a DBO somente medir a quantidade de oxigênio consumido num teste padronizado não indica a presença de matéria não biodegradável, nem leva em consideração o efeito tóxico ou inibidor de materiais sobre a atividade microbiana.

#### Significado Sanitário

Um elevado valor da DBO pode indicar um incremento da micro-flora presente e interferir no equilíbrio da vida aquática, além de produzir sabores e odores desagradáveis e, ainda, pode obstruir os filtros de areia utilizados nas estações de tratamento.

#### 3.1.5 Coliformes Totais e Fecais

As bactérias do grupo coliforme são consideradas os principais indicadores de contaminação fecal. O grupo coliforme é formado por um número de bactérias que inclui os gêneros *Klebsiella*, *Escherichia*, *Serratia*, *Erwenia* e *Enterobactéria*. Todas as bactérias coliformes são gram-negativas manchadas de haste não esporuladas que estão associadas com as fezes de animais de sangue quente e com o solo. As bactérias coliformes fecais reproduzem-se ativamente a 44,5 °C e são capazes de fermentar o açúcar.

O uso da bactéria coliforme fecal para indicar poluição sanitária mostra-se mais significativa que o uso da bactéria coliforme total, porque as bactérias fecais estão restritas ao trato intestinal de animais de sangue quente (CETESB, 1993).

#### Significado Sanitário

A determinação da concentração dos coliformes assume importância como parâmetro indicador da possibilidade da existência de microorganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, tais como febre tifóide, febre paratífóide, desintéria bacilar e cólera (CETESB, 1993).

#### 3.1.6 Nitrogênio Total (amônia, nitratos, nitritos e nitrogênio orgânico)

É constituinte essencial da proteína em todos os organismos vivos e está presente em muitos depósitos minerais na forma de nitrato (BATALHA, 1977).

Este elemento é um importante nutriente para diversas culturas. No entanto, quando presente em corpos d'água, pode provocar alguns inconvenientes, como, por exemplo, promover o rápido desenvolvimento de algas, que provocam uma coloração intensa e transmitem à água um sabor e odor desagradáveis (SANTA CATARINA, 1998). A amônia ou nitrogênio de origem amoniacal pode ser um constituinte natural das águas superficiais ou subterrâneas, resultante da decomposição da matéria orgânica que existe naturalmente nos corpos d'água (SANTA CATARINA, 1998).

#### Significado Sanitário

Concentrações elevadas de nitrogênio são provocadas por descargas de efluentes industriais, granjas ou esgoto de origem doméstica. A amônia é tóxica, uma concentração de nitrogênio amoniacal de 2,5 ppm em pH de 7,4 a 8,5 é nociva para algumas espécies de peixes de água doce (SANTA CATARINA, 1998).

#### 3.1.7 Fosfato

A concentração de fosfatos em corpos d'água pode ter origem na descarga de efluentes industriais e/ou domésticos e até mesmo na lixiviação do solo fertilizado, através do escoamento superficial em épocas chuvosas (SANTA CATARINA, 1998). Uma das fontes mais significativas hoje são os detergentes e outros domissanitários similares com dispersante calgon (LARINI, 1987). Por se encontrar em todas as moléculas do metabolismo energético e nas estruturas dos cromossomos, portadores da herança genética na reprodução, é um elemento de grande importância biológica.

Os fosfatos têm grande influência no nível de crescimento dos seres vivos de qualquer meio, e sua escassez representa um fator limitante ao crescimento (BORTOLUZZI, 1994).

#### Significado Sanitário

Altas concentrações de fosfatos na água estão associadas com a eutrofização da mesma, provocando o desenvolvimento de algas ou outras plantas aquáticas desagradáveis em reservatórios ou águas paradas (TUNDISI,

#### 3.1.8 Sólidos Totais

Representam o somatório de todo o material que não se volatiliza a uma temperatura de 105°C. Os sólidos presentes na água podem classificar-se em:

- Sólidos Dissolvidos Totais (atravessam papel de fibra de vidro)

- Sólidos Suspensos Totais (retidos em papel de fibra de vidro)

Os sólidos, em geral, são compostos por argila, areia, matéria orgânica, sais minerais e metais. São importantes para acompanhar a eficiência de técnicas de manejo adequado do solo e a redução dos lançamentos de efluentes industriais ou provenientes de criadores agropecuários. Muitas vezes os sólidos totais incluem uma parte orgânica não degradável biologicamente, pois para ser metabolizada ela necessita ser hidrolizada, solubilizada e transferida para dentro da célula de um organismo (IMHOFF, 1985). A parte inorgânica tem papel importante ao contribuir para a modificação da força iônica do meio (DE SOUZA SIERRA, 1992).

#### Significado Sanitário

Os sólidos podem causar danos aos peixes e à vida aquática. Eles podem se sedimentar no leito dos rios destruindo organismos que fornecem alimentos, ou também danificar os leitos de desova de peixes. Os sólidos podem reter bactérias e resíduos orgânicos no fundo dos rios, promovendo decomposição anaeróbia. Altos teores de sais minerais, particularmente sulfato e cloreto estão associados à tendência de corrosão em sistemas de distribuição, além de conferir gosto às águas. Os sólidos solúveis provenientes de sais provocam a modificação da força iônica do meio facilitando coagulações (BORTOLUZZI, 1994).

#### 3.1.9 Turbidez

É provocada pela presença de materiais em suspensão, que impedem a passagem da luz. É uma característica mais própria das águas correntes, sendo geralmente baixa nas águas dormentes. A turbidez pode ser originada pela erosão dos leitos e das margens dos rios.

Os esgotos sanitários, por possuírem partículas em suspensão, incrementam o grau de turbidez do corpo d'água receptor. Contudo, certos despejos de origem industrial se constituem, sem dúvida alguma, nos maiores contribuintes, no que diz respeito à elevação do teor deste parâmetro no corpo receptor (BATALHA, 1977).

#### Significado Sanitário

Os sólidos suspensos formam flocos dificultando a penetração da luz e o desenvolvimento de organismos autótrofos, tanto pela falta de transparência quanto pela adsorção aos seres vivos (DAJOZ, 1971).

Elevada turbidez reduz a fotossíntese da vegetação enraizada submersa e das algas. Esse desenvolvimento reduzido de plantas pode, por sua vez, suprimir a produtividade de peixes. Logo, a turbidez pode influenciar nas comunidades biológicas aquáticas. Além disso, afeta adversamente os usos domésticos, industrial e recreacional de uma água (CETESB, 1993).

### 3.2 DEMAIS PARÂMETROS

### 3.2.1 Ferro

O ferro é quimicamente reagente e se corrói rapidamente na presença de ar úmido e a temperaturas elevadas. Na água e na presença de oxigênio, os produtos resultantes da corrosão do ferro podem ser poluentes.

Nas águas provenientes da mineração do carvão, pode-se constatar a presença de ferro sob duas formas: sob a forma ferrosa ( $Fe^{+2}$ ) que ao se oxidar, transforma-se na forma férrica ( $Fe^{+3}$ ). Em valores de pH abaixo de 4,5, a forma ferrosa precipita lentamente (hidróxido ferroso), enquanto a forma férrica precipita-se mais rapidamente (hidróxido férrico) (BORTOLUZZI, 1994; ver também GOTHE, 1983). O hidróxido ferroso produz uma coloração verde-azulada, enquanto o hidróxido férrico produz uma coloração amarelada. Um dos problemas de poluição da região carbonífera é proveniente da acidez do efluente da drenagem das minas, gerada quando a pirita (sulfeto de ferro) é exposta ao oxigênio e à água, se oxidando e formando uma solução de ácido sulfúrico. Esta solução passa através das variedades de substâncias adjacentes a pirita, dissolvendo metais, tais como: ferro, manganês, zinco e níquel, entre outros. Estes metais se tornam solúveis em pH baixo e são carregados para os cursos d'água. Normalmente são tóxicos para a vida aquática, tornando a água indesejável para consumo.

O sulfato ferroso, resultante da oxidação da pirita, é bastante resistente à oxidação na presença de ácido sulfúrico, sendo o ferro e o enxofre arrastados sob estas formas até o oxigênio oxidar o sulfato ferroso para sulfato férrico. Ao chegar ao corpo receptor, o sulfato férrico é hidrolisado formando hidróxido férrico, que se precipita e dá coloração amarelada ao leito dos rios. Também o enxofre, que antes se apresentava sob uma forma insolúvel, chega ao corpo receptor dissolvido na forma de ácido sulfúrico (BORTOLUZZI, 1994). Tem-se, então, uma acidificação da água, evidenciando-se um pH baixo, com melhor dissolução de metais pesados.

#### Significado Sanitário

O ferro, em quantidade adequada, é essencial ao sistema bioquímico das águas, podendo, em grandes quantidades, se tornar nocivo, dando sabor e cor desagradáveis e dureza das águas, tornando-as inadequadas ao uso doméstico e industrial. O ferro aparece, normalmente, associado com manganês (CETESB, 1993; ver também BOULT, 1996).

### 3.2.2 Sulfatos

As drenagens de minas de carvão, comuns na bacia hidrográfica do Rio Tubarão, contribuem com elevadas concentrações de sulfato, em virtude da oxidação do enxofre presente na pirita (BENDER, 1998). Este parâmetro também pode provocar a formação de sulfatos ácidos, reduzindo o pH dos corpos d'água (GOTHE, 1983; ver também LIMA, 1998). Em áreas rurais, o sulfato pode ter origem em fertilizantes que contenham enxofre na sua formulação; a lixiviação por efeito das chuvas sobre estas áreas carrega este produto para os corpos d'água. O sulfato também tem origem no ciclo do enxofre proveniente da matéria orgânica e ácidos sulfônicos de detergentes presentes em esgotos.

Conforme citado por BORZANI et al (1975), a oxidação ácida produz álcool e ácidos orgânicos. Estes compostos são utilizados por organismos sulfato redutores que, através de uma seqüência de reações e de compostos de enxofre acabam formando o ácido sulfídrico (OTTAWAY, 1982). De modo geral, a reação pode ser assim simplificada:



Os ácidos orgânicos ou o metanol costumam ser os produtos mais utilizados como Matéria Orgânica (MO) por organismos redutores de sulfato.

A importância de conhecer esses fenômenos está relacionada com o mau cheiro que aparece em certos locais, tais como:

- esgotos residenciais;
- dejetos de pocilgas e de criação de gado bovino;
- depósitos de lixo usados como lixões ou depósitos precários em barrancas;

- indústrias de produtos agrícolas como por exemplo feculares, arrozeiras, serrarias, vinícolas, entre outros;
- algumas indústrias de vestuário.

#### Significado Sanitário

Concentrações de sulfato acima de 250 ppm, em águas de suprimento doméstico, produzem efeitos purgativos no ser humano. O H<sub>2</sub>S que se forma a partir do sulfato é muito indesejável. Ele inibe a citocromo oxidase, que é a oxidase terminal dos organismos aeróbios, ainda mais fortemente do que o HCN, de modo que poucos animais e vegetais aeróbios podem sobreviver em águas que contêm H<sub>2</sub>S.

#### 3.2.3 Manganês

O manganês não é encontrado puro na natureza, mas seus minérios são muito comuns. As formas mais freqüentes são as seguintes: óxidos, hidróxidos, carbonatos, silicatos, cloretos, nitratos e sulfatos. Os cloretos, nitratos e sulfatos são altamente solúveis na água, enquanto os demais são pouco solúveis (BATALHA, 1977).

A ocorrência do manganês pode se dar sob a forma bivalente e trivalente. A ocorrência no estado reduzido (Mn<sup>+2</sup>) é mais freqüente e aparece em concentrações mais elevadas nas águas subterrâneas, devido à redução através da percolação do solo, do que nas águas superficiais, onde o oxigênio presente o oxida a forma menos solúvel de óxido de manganês hidratado (BATALHA, 1977). Junto às camadas de carvão é freqüente a presença de óxidos de ferro e manganês, justificando os valores das concentrações encontradas nos recursos hídricos poluídos pela mineração e beneficiamento do carvão mineral (BOULT, 1996).

#### Significado Sanitário

Nas águas de consumo humano existem duas razões para limitar a concentração do manganês: prevenir os prejuízos de ordem estética e econômica, e evitar efeitos fisiológicos adversos devido ao seu consumo excessivo.

Para fins de abastecimento público são indesejáveis as águas que contenham concentrações de manganês acima de 0,5 ppm, principalmente, pelo surgimento de sabores desagradáveis, descoloração e manchas nas roupas (BATALHA, 1977). Além disso ocasionam o crescimento de alguns microorganismos em reservatórios, filtros e sistemas de distribuição, acarretando a obstrução destes equipamentos.

#### 3.2.4 Zinco

Em águas superficiais, normalmente as concentrações estão na faixa de 0,001 a 0,10 ppm. É largamente utilizado na indústria e pode entrar no meio ambiente através de processos naturais e antropogênicos, entre os quais destacam-se a produção de zinco primário, combustão de madeira, incineração de resíduos, produção de ferro e aço, efluentes domésticos. A água com alta concentração de zinco tem uma aparência leitosa e produz um sabor metálico ou adstringente quando aquecida (BATALHA, 1977).

#### Significado Sanitário

O zinco por ser um elemento essencial ao ser humano, só se torna prejudicial à saúde quando ingerido em concentrações muito altas, o que é relativamente raro, podendo acumular-se nos tecidos, conforme referido por BATALHA (1977).

#### 3.2.5 Cromo

As concentrações de cromo em água doce são muito baixas, normalmente inferiores a 0,001 ppm. É comumente utilizado em aplicações industriais e domésticas, como na produção de alumínio anodizado, aço inoxidável, tintas, pigmentos, explosivos, papel e fotografia.

#### Significado Sanitário

Na forma trivalente, o cromo é essencial ao metabolismo humano e, sua carência, causa doenças; na forma hexavalente é tóxico e cancerígeno, conforme apontado pela CETESB (1993). Os limites máximos são estabelecidos basicamente em função do cromo hexavalente.

#### 3.2.6 Cobre

De acordo com a CETESB (1993), as concentrações de cobre em águas superficiais são, normalmente, bem menores do que 0,2 ppm.

As fontes de cobre para o meio ambiente incluem corrosão de tubulações de latão por águas ácidas e efluentes de estações de tratamento de esgotos, entre outros. As principais fontes industriais incluem indústrias de mineração, fundição e refino. Sua presença no sistema de abastecimento de água, embora não constitua um perigo para a saúde, pode interferir nos usos domésticos (CETESB, op. cit).

#### Significado Sanitário

No homem, a ingestão de doses excessivamente altas pode acarretar irritação e corrosão da mucosa, danos capilares generalizados, problemas hepáticos e renais e irritação do sistema nervoso central, seguido de depressão como apontado pela CETESB (1993). Entretanto, a intoxicação por cobre é muito rara.

#### 3.2.7 Chumbo

O chumbo é uma substância tóxica cumulativa. Dissolvido em águas superficiais naturais os seus teores geralmente encontram-se em traços baixos.

A queima de combustíveis fósseis é uma das principais fontes de chumbo no meio ambiente (CETESB, 1993).

#### Significado Sanitário

Os sintomas de uma exposição crônica ao chumbo, quando o efeito ocorre no sistema nervoso central, são: tontura, irritabilidade, dor de cabeça, perda de memória, entre outros. Quando o efeito ocorre no sistema nervoso periférico o sintoma é a deficiência nos músculos extensores. A toxicidade do chumbo, quando aguda, é caracterizada pela sede intensa, sabor metálico, inflamação gastrointestinal, vômitos e diarreias (BATALHA, 1977).

#### 3.2.8 Fluoreto

O flúor se apresenta comumente na forma de fluoreto e aparece como minério, em regiões de águas termais, como fluoreto de cálcio. É minerado para produção de fundente em siderurgia e para produção de ácido fluorídrico com usos diversos. O mineral retirado do subsolo é beneficiado, separando a sílica e os carbonatos, entre outros rejeitos. Na realidade, como o fluoreto de cálcio é pouco solúvel, as possibilidades de contaminação do meio com fluoreto são remotas, mesmo que o tratamento do minério não recupere todo o material de valor econômico. Problemas relacionados com a dispersão de sílica podem ocorrer junto a minerações de fluorita, que fica em suspensão ou solubilizada na forma de fluoreto de bário (LaGrega et al., 1996).

#### Significado Sanitário

O excesso de fluoreto por períodos relativamente longos ou pelo contato e exposição a altas concentrações por curtos períodos, causa o enegrecimento dos dentes e da parte interna dos ossos. Por outro lado diminui a incidência de cáries, sendo adicionado em águas com baixa concentração ou através de aplicações periódicas de fluoreto aos dentes (LaGrega et al., 1996).

#### 3.2.9 Condutividade

A condutância específica (condutividade) é uma expressão numérica da capacidade de uma água conduzir uma corrente elétrica. A condutividade da água depende de suas concentrações iônicas e da temperatura.

Este parâmetro fornece uma boa indicação das modificações na composição de uma água, especialmente na sua concentração mineral, mas não fornece nenhuma indicação das quantidades relativas dos vários componentes. À medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados, a Condutividade específica da água aumenta (CETESB, 1973). Altos valores podem indicar características corrosivas da água.

### 3.2.10 Pesticidas

Os pesticidas incluem todos os produtos com usos em agricultura e podem receber uma das seguintes denominações: agrotóxicos, defensivos agrícolas, produtos fitossanitários e sanitizantes agrícolas. A classificação toxicológica dos pesticidas (tabela 3) foi estabelecida pelas seguintes portarias: Portaria do Ministério da Agricultura/Ministério da Saúde nº 220 de 14/03/79, Portaria do Ministério da Agricultura nº 02/81 de 11/02/1981 e Portarias do Ministério da Saúde nº 007/81 de 13/01/1981 e nº 03/81 de 05/05/1981.

A tabela 4 apresenta a classificação dos pesticidas por grupo, de acordo com os usos de cada um.

#### TABELA 3: CLASSIFICAÇÃO TOXICOLÓGICA DOS PESTICIDAS

#### TABELA 4: CLASSIFICAÇÃO DOS PESTICIDAS POR GRUPO. (FONTE ANDREI,1993)

A estimativa de produtos é provisória e para a análise adequada de identificação e determinação quantitativa de cada produto fica evidenciada a dificuldade, embora diversas marcas disponíveis no mercado possam conter o mesmo princípio ativo.

Deve-se, entretanto, atentar para os seguintes aspectos:

- em muitos casos o composto não é muito tóxico mas gera produtos biologicamente ativos;
- os produtos da decomposição podem ser diversificados pela diversidade de rotas de transformação possíveis para cada princípio ativo e assim seria necessário analisar mais de um composto químico para cada produto comercial;
- a aquisição de um produto de pureza aceitável como padrão primário e quantitativo implica custos entre 500,00US\$ e 2500,00US\$ por grama;
- os métodos analíticos em geral envolvem equipamentos de alto custo, como cromatógrafos, CG denominados também de cromatógrafos a gás (HPLC) ou cromatógrafos líquidos de alta performance;
- pessoas que realizam este tipo de análises necessitam de intensos e freqüentes treinamentos.

As classes de compostos químicos comumente utilizados são:

- organofosforados: compostos com o grupo Fosfato ou Tiofosfato, constituindo dois subgrupos;
- nitro derivados, que apresentam o grupo funcional – NO<sub>2</sub>;
- azidas: compostos nitrogenados com estrutura na qual a parte amínica é pouco básica;
- organoclorados: compostos com cloro e eventualmente outro halogênio;
- carbamatos: compostos derivados da uréia, algumas vezes confundidos com azidas. Na mesma família estão os Ditiocarbamatos que são derivados do sulfeto de carbono com posterior amonólise;
- piretróides: derivados de ácido crisantêmico ou compostos com efeito similar, irritantes da pele e das mucosas;
- sais tóxicos como cloratos, percloratos, compostos de arsênio ou cobre, etc.

Todos os compostos citados, de modo geral, têm estabilidade diferenciada. Os organofosforados e os carbamatos tendem a se decompor com rapidez no meio ambiente. A meia vida para esses compostos raramente ultrapassa 30 dias e em geral é menor do que uma semana. Mesmo assim é necessário tomar cautela pois os grupos funcionais ligados ao grupo ativo podem ter importante contribuição toxicológica. Por exemplo, o ácido 2,4-dicloro-fenoxiacético e o ácido 2,4-dicloro-fenilacético são hormônios vegetais usados como herbicidas. O composto por si só apresenta toxicidade baixa, mas é comum alguns fabricantes aumentarem a eficácia de sua atividade, colocando no mercado uma amida, reagindo estes ácidos com piridina. A piridina é muito mais tóxica para o fígado humano do que os compostos iniciais. Mesmo que os compostos ácidos apresentem toxicidade de longo prazo a piridina é a causadora dos efeitos imediatos. As tabelas 5 e 6 explicitam a toxicidade de pesticidas, segundo LaGrega et al (1996).

#### TABELA 5: TOXICIDADE RELATIVA DOS PESTICIDAS MEDIDA, COMO MORTALIDADE INDUZIDA PARA A FAUNA AQUÁTICA

#### TABELA 6 : EFEITOS NÃO LETAIS DOS PESTICIDAS SOBRE ORGANISMOS AQUÁTICOS

O uso de agrotóxicos é muito comum na Bacia Hidrográfica do Rio Tubarão e Complexo Lagunar, representando, em média, uma loja de distribuição para cada 4500 habitantes. As culturas que mais utilizam são os fumicultores, agropecuaristas, rizicultores, fruticultores, horticultores e culturas como cebola, alho, mandioca e milho, mais raramente.

#### Significado Sanitário

A primeira questão que necessita ser considerada é de que são todos produtos tóxicos em maior ou menor grau. É questionável a finalidade sanitária para fins de produção e conservação de alimentos e de ambientes. Estabelecer o equilíbrio de uso seria o ideal. Existem riscos de aplicações em dosagens excessivas e de colheita prematura, isto é, antes da degradação significativa dos princípios ativos, chegando, assim, à mesa do consumidor. Pela ação da chuva, os pesticidas aplicados recentemente podem ser arrastados, chegando aos mananciais superficiais ou subterrâneos. Os que têm alguma estabilidade podem alcançar regiões do corpo humano, se solubilizando em gorduras, e se mantendo por longos períodos estabilizados, tornando seu efeito cumulativo (LaGrega et al., 1996).

Entre os possíveis efeitos são citados com maior frequência aqueles ligados à respiração e ao efeito modificador genético e cancerígeno. A tabela 7 apresenta as especificações técnicas e os sintomas sobre a toxicidade de alguns pesticidas, conforme descrito por ANDREI (1993).

#### TABELA 7: ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS E SINTOMAS SOBRE TOXICIDADE DE ALGUNS PESTICIDAS

##### 3.2.11 Óleos e Graxas

O termo óleos e graxas é aplicado para uma ampla variedade de substâncias orgânicas que são extraídas da solução ou suspensão aquosa. Estas substâncias geralmente são hidrocarbonetos, gorduras, ésteres, entre outros (ELETROSUL, 1990).

Os despejos de origem industrial são os que mais contribuem para o aumento de matérias graxas no corpos d'água. Dentre os despejos podemos citar os de refinarias, frigoríficos, saboarias, etc.

#### Significado Sanitário

A pequena solubilidade dos óleos e graxas constitui um fator negativo no que se refere a sua degradação em unidades de tratamento de despejos por processos

biológicos e, quando presentes em mananciais utilizados para abastecimento público, causam problemas no tratamento d'água.

A presença de material graxo nos corpos d'água, além de acarretar problemas de origem estética, diminui a área de contato entre a superfície da água e o ar atmosférico, impedindo, dessa maneira, a transferência do oxigênio da atmosfera para a água (ELETROSUL, 1990).

### 3.2.12 ABS

O ABS é o Alquil Benzeno Sulfonato, um dos detergentes mais comumente utilizados. O principal inconveniente dos detergentes na água se relaciona aos fatores estéticos, devido à formação de espumas em ambientes aeróbios. Os alquil benzeno sulfonatos e outros detergentes aniônicos podem ter diversas conseqüências no meio ambiente e nos sistemas de tratamento de águas.

Por serem dispersantes, emulsificantes e/ou surfactantes criam as condições de dispersão em partículas em suspensão, dificultando a sedimentação, aumentando a turbidez, aumentando o carácter coloidal do meio e entupindo os filtros.

Por serem surfactantes modificam a pele de banhistas, peixes e seres aquáticos, podendo provocar dificuldades respiratórias e destruição da camada protetora da pele dos peixes.

### Significado Sanitário

Podem provocar ferimentos superficiais em peixes e danos graves nas guelras. Em sistemas de tratamento de águas, de modo geral, há uma expectativa de que grande parte dos detergentes e/ou surfactantes precipitem como sais de alumínio ou como sais de cálcio, conforme a fase do tratamento. Há situações, entretanto, em que podem surgir dificuldades pelo excesso que flutua.

## 4. METODOLOGIA

Para a avaliação da qualidade das águas superficiais na área de estudo, a equipe técnica (SDM/UNISUL/CPRM) fez inicialmente um reconhecimento por sub-bacia, identificando as peculiaridades e principais processos produtivos de cada uma, de modo a obter um cenário atual da condição da qualidade dos recursos hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Tubarão.

Esta avaliação requer uma análise de diversas variáveis, pois além da necessidade de se conhecer a composição físico-química natural da água, deve-se também levar em consideração as substâncias incorporadas ao ambiente e as eventuais ações sinérgicas entre elas.

Algumas metodologias foram consultadas, entre elas podemos citar a proposta por ANTELO (1995) que apresenta critérios para macro e microlocalização de estações, buscando alcançar a melhor representatividade na escolha dos pontos de amostragem e dos parâmetros selecionados, incluindo aqueles que indicam o estado físico e a composição química da água, além dos complementares que são indicativos de poluição de natureza orgânica e/ou inorgânica.

### 4.1 ESTAÇÕES DE AMOSTRAGEM

As estações de amostragem foram demarcadas observando a localização das fontes poluidoras e a qualidade das águas à montante e à jusante destas, com o objetivo de avaliar o comprometimento e o potencial de uso dos recursos hídricos em cada sub-bacia. Na bacia hidrográfica como um todo, foram coletadas amostras de água em 95 estações; suas localizações estão expressas no mapa 2.

A tabela 8 apresenta os principais processos produtivos por sub-bacia.

### TABELA 8 - PRINCIPAIS PROCESSOS PRODUTIVOS POR SUB-BACIA

Na demarcação das estações as curvas e meandros foram evitados, por se constituírem em zonas de concentração natural (MARANHÃO, 1982). Em cada sub-bacia, foram demarcadas uma estação à montante dos principais processos produtivos (ponto branco), que representa as características naturais da área e, uma antes da confluência do rio principal de cada sub-bacia com o Rio Tubarão, o que possibilita avaliar a qualidade das águas que desaguam neste. Além destas, em cada sub-bacia, foram locadas estações à montante e à jusante da confluência dos rios mais representativos, em termos de quantidade e qualidade. Os resultados obtidos no ponto branco serviram de referência para a interpretação dos dados obtidos nas demais estações. Foram, também, demarcadas estações ao longo da calha principal do Rio Tubarão e no Sistema Lagunar. Com o intuito de facilitar a identificação, as estações de amostragem foram relacionadas por convenções, de acordo com a sub-bacia a que pertencem, conforme apresentado na tabela 9.

#### TABELA 9 - CONVENÇÕES DAS SUB-BACIAS

#### 4.2 PARÂMETROS ANALISADOS

Existe um elevado número de poluentes que podem afetar os cursos d'água, alterando a sua qualidade. A determinação de todos os poluentes nem sempre é possível, tendo-se que adotar critérios para que, através da determinação dos principais parâmetros, obtenha-se uma avaliação do grau de comprometimento dos mananciais (BENDER, 1998).

Neste estudo, procurou-se detectar a influência dos principais processos produtivos de cada sub-bacia sobre os recursos hídricos, selecionando os parâmetros mais representativos. Para tal, os parâmetros selecionados para análise foram:

- Sub-bacia do Rio Jaguaruna: temperatura da água, temperatura do ar, pH, condutividade, oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), coliformes totais e fecais, nitrogênio total, fosfato, sólidos totais, turbidez, óleos e graxas, pesticidas organoclorados, ABS, demanda química de oxigênio (DQO).
- Sub-bacia do Rio Bonito: temperatura da água, temperatura do ar, pH, condutividade, oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), coliformes totais e fecais, nitrogênio total, fosfato, sólidos totais, turbidez, sulfatos, ferro, manganês, chumbo, cobre, cromo e zinco.
- Sub-bacia do Rio Rocinha: temperatura da água, temperatura do ar, pH, condutividade, oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), coliformes totais e fecais, nitrogênio total, fosfato, sólidos totais, turbidez, sulfatos, ferro, manganês, chumbo, cobre, cromo e zinco.
- Sub-bacia do Rio Oratório: temperatura da água, temperatura do ar, pH, condutividade, oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), coliformes totais e fecais, nitrogênio total, fosfato, sólidos totais, turbidez, sulfatos, ferro, DQO.
- Sub-bacia do Rio Laranjeiras: temperatura da água, temperatura do ar, pH, condutividade, oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), coliformes totais e fecais, nitrogênio total, fosfato, sólidos totais, turbidez.
- Sub-bacia do Rio Palmeiras: temperatura da água, temperatura do ar, pH, condutividade, oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), coliformes totais e fecais, nitrogênio total, fosfato, sólidos totais, turbidez, sulfatos, ferro, manganês, chumbo, cobre, cromo e zinco.
- Sub-bacia do Rio Novo: temperatura da água, temperatura do ar, pH, condutividade, oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), coliformes totais e fecais, nitrogênio total, fosfato, sólidos totais, turbidez.
- Sub-bacia do Rio Braço do Norte: temperatura da água, temperatura do ar, pH, condutividade, oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), coliformes totais e fecais, nitrogênio total, fosfato, sólidos totais, turbidez, fluoreto,

nitrito, nitrato, óleos e graxas, ABS e DQO.

- Sub-bacia do Rio Capivari: temperatura da água, temperatura do ar, pH, condutividade, oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), coliformes totais e fecais, nitrogênio total, fosfato, sólidos totais, turbidez, fluoreto, dureza, nitrito, nitrato, sulfatos, ferro, manganês, cobre, cromo, zinco, óleos e graxas e ABS.

- Sub-bacia do Rio Estiva dos Pregos: temperatura da água, temperatura do ar, pH, condutividade, oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), coliformes totais e fecais, nitrogênio total, fosfato, sólidos totais, turbidez.

- Sistema Lagunar: temperatura da água, temperatura do ar, pH, condutividade, oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), coliformes totais e fecais, nitrogênio total, fosfato, sólidos totais, turbidez.

- Rio Tubarão: temperatura da água, temperatura do ar, pH, condutividade, oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), coliformes totais e fecais, nitrogênio total, fosfato, sólidos totais, turbidez, fluoreto, dureza, nitrito, nitrato, sulfatos, ferro, manganês, chumbo, cobre, cromo, zinco, óleos e graxas, DQO e ABS.

Além disto, foram determinados o Índice de Qualidade de Água e a Vazão em estações previamente definidas e coincidentes, na medida do possível, para estabelecer a carga poluidora, em termos de DBO 5.

#### 4.2.1 Cálculo de Vazão

Foram medidas as vazões para calcular a carga poluidora, visando a avaliar o comprometimento em direção à foz do rio e sua contribuição para as águas do Rio Tubarão.

As medições de descarga líquida ou vazão realizada nos cursos d'água servem, entre outras finalidades, para determinar a relação cota x descarga, isto é, saber para cada cota ou nível d'água no ponto em estudo, a descarga líquida correspondente (SANTA CATARINA, 1997).

A capacidade de diluição da carga poluidora de um curso d'água é diretamente proporcional à quantidade (vazão) que flui neste curso d'água, no momento de seu lançamento (SANTA CATARINA, 1997).

São necessárias diversas medições em diferentes cotas (níveis d'água) para determinar a relação cota x descarga em uma determinada seção do rio. Com esta relação conhecida, sabe-se, a cada instante, a vazão na seção em estudo, com uma simples leitura da cota (SANTA CATARINA, 1997).

As medições de vazão foram realizadas pela equipe da CPRM, utilizando molinete marca PRICE, ou micro-molinete, conforme a profundidade da lâmina d'água na seção em estudo.

A importância da medida de vazão durante uma programação de monitoramento é dada pelo fato de se poder com isso determinar a carga poluente, realizando um balanço de massa no recurso hídrico.

#### Índice de Qualidade de Água – IQA

Com o intuito de facilitar a interpretação das informações de qualidade de água de forma abrangente e útil, foi aplicado o Índice de Qualidade de Água - IQA, por sub-bacia, e em estações localizadas na calha principal do Rio Tubarão.

Este índice, desenvolvido a partir de um estudo realizado pela Nacional Sanitation Foundation, incorpora 9 parâmetros relevantes para a avaliação da qualidade das águas, tendo como determinante principal a utilização dessas para abastecimento público.

O IQA é determinado pelo produto ponderado dos parâmetros: temperatura da amostra, pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio (5 dias, 20?), coliformes fecais, nitrogênio total, fosfato total, sólidos totais e turbidez.

A seguinte fórmula é utilizada para o cálculo:  $IQA = \frac{\sum q_i}{n}$  onde:

IQA = Índice de Qualidade das Águas, um número entre 0 e 100;

$q_i$  = qualidade do  $i$ -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido do respectivo

gráfico de qualidade, em função de sua concentração ou medida;  
 $w_i$  = peso correspondente ao  $i$ -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da importância desse parâmetro para a conformação global de qualidade, sendo que  $\sum w_i = 1$ ; e

$n$  = número de parâmetros que entram no cálculo.

No caso de não se dispor do valor de algum dos 9 parâmetros, o cálculo do IQA é inviabilizado. A partir do cálculo efetuado, pode-se determinar a qualidade das águas brutas que, indicada pelo IQA numa escala de 0 a 100, pode ser classificada para abastecimento público, segundo a tabela 10.

#### TABELA 10 - ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA

#### 4.3 PROCEDIMENTOS DE COLETA E PRINCÍPIO DOS MÉTODOS DE ANÁLISE

As coletas foram realizadas segundo o Guia Técnico de Coleta de Amostras de Água da CETESB (1987), no mês de abril de 1998, que corresponde ao período de baixa precipitação na área. Segundo BENDER (1998), a análise dos dados pluviométricos do DNAEE, para o período de 1939 a 1996, para a Estação Pluviométrica localizada no Município de Orleães, coloca em evidência a baixa precipitação para o período abril/maio/junho.

FIGURA 1 - MÉDIAS MENSAIS DE PRECIPITAÇÃO - ESTAÇÃO ORLEÃNS - (1939 - 1996)

#### MAPA 2: SITUAÇÃO LEGAL DOS RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TUBARÃO

Nos pontos de amostragem foram coletadas as amostras de água e obtidos valores de temperatura, condutividade e pH. Para isso foi utilizado um pHmetro digital Horiba, Mod. D-24. A condutividade foi medida por processo eletrométrico e representa, aproximadamente, a quantidade de sólidos dissolvidos na água.

A amostra de água para análise de oxigênio dissolvido foi coletada em frasco de vidro próprio para OD, de boca estreita, com rolha de vidro esmerilhada, terminada em bisel, com capacidade variando de 250 a 300 ml. O frasco foi mergulhado a uma profundidade aproximada de 15 cm abaixo da superfície em sentido contrário, enchendo-o completamente para evitar a entrada de bolhas de ar. Considerando que o período entre a coleta e a análise ultrapassaria a 1 (uma) hora, precipitou-se o oxigênio, adicionando 2 ml de sulfato manganoso e a mesma quantidade de iodeto de potássio alcalino.

Para a análise de metais, foram coletadas amostras de água em frascos de vidro com capacidade para 1 litro. As amostras foram preservadas com HN03 1:1 até atingir pH menor que 2, com posterior homogeneização. Este procedimento foi repetido várias vezes, até a medida de pH estabilizar-se a valores inferiores a 2.

Para a determinação de sólidos dissolvidos, sólidos em suspensão, fosfato, nitrato/nitrito e nitrogênio total foram coletadas, em cada ponto, amostras em frascos plásticos de 5 litros, sem conservante.

As amostras, acondicionadas em isopor e refrigeradas à temperatura de aproximadamente 4°C, foram encaminhadas ao Laboratório de Química da UNISUL para determinação dos parâmetros. Os prazos máximos para análise correspondem a 6 (seis) meses para metais e 7 (sete) dias para os demais parâmetros, com exceção do pH.

A coleta para análise de pesticidas foi realizada utilizando um frasco especial, com cerca de  $\frac{3}{4}$  de litro, as amostras foram refrigeradas até chegar ao laboratório, onde foram congeladas.

A determinação dos metais foi realizada por espectrofotometria de absorção atômica, sendo empregada chama de ar/acetileno para ferro, zinco, chumbo, cobre e

manganês e de óxido nitroso/acetileno para cromo, a fim de minimizar efeitos de interferência. O espectrofotômetro é da marca Varian, modelo AA-1275. O princípio geral do método baseia-se na determinação da concentração do elemento na amostra, por espectrofotometria de absorção, medindo-se a quantidade da radiação, de comprimento de onda característico do elemento, absorvida pelos átomos vaporizados desse elemento na amostra. A quantidade de radiação absorvida é proporcional à concentração do elemento na amostra.

A determinação de sulfatos foi efetuada através do método condutimétrico, com leituras de condutividade feitas pelo equipamento Horiba mod. D24, utilizando titulação com pipeta digital e determinação gráfica do ponto de viragem para cálculo de concentração.

A DQO foi determinada por titulação, cujo princípio geral do método baseia-se na determinação da quantidade de oxigênio necessária para oxidar quimicamente a matéria orgânica, ou seja, sem auxílio de microorganismos. É um importante indicador, embora sua determinação não retrate um fenômeno natural, haja vista que, num corpo d'água, não há condições de oxidação tão enérgicas como as do método. É usado dicromato de potássio que, em meio fortemente ácido, age como oxidante forte. O sulfato de prata é usado como catalisador de reação para oxidação dos compostos nitrogenados, aromáticos e certas cadeias alifáticas. Leva-se a refluxo por duas horas. Após este período de refluxo (onde parte do dicromato é usado para oxidar a matéria orgânica), titula-se o excesso de dicromato com sulfato ferroso amoniacal, obtendo-se, assim, a quantidade de dicromato que foi reduzido.

A turbidez foi medida por observação ótica, na qual se procura a semelhança da interferência na passagem dos raios solares através da amostra em análise, com padrões de turbidez conhecida, utilizando o Turbidímetro Micronal, modelo B250.

A DBO foi determinada pelo método da variação da pressão em aparelho OXITOP, através de sensores piezométricos.

Os coliformes totais e fecais foram determinados, usando tubos múltiplos, com caldo fluorocult-LMX modificado. A presença de coliformes totais é indicada por uma cor verde azulada (reação de x-gal) e a do E. coli, por uma fluorescência azul no caldo, quando exposto à luz UV (reação do MUG, visível sob a luz UV-366nm).

O método usado para determinação do nitrogênio total é o colorimétrico. O princípio do método baseia-se na formação de um complexo amarelo-pardo de  $I(NH_2)Hg$ , que se obtém quando se mistura o reativo de Nessler ( $I_2Hg_2IK$ ) com uma solução aquosa que contém o íon amônio. A determinação é feita por colorimetria no aparelho CELM, mod 225D.

O aparelho usado para determinação de fosfatos é o espectrofotometro UV/vis, marca CELM, modelo 225D. O método consiste na formação de um complexo de coloração azul com molibdato de amônio e ácido aminonaftol sulfônico.

O método usado para determinação de fluoreto é o colorimétrico, com leitura direta em colorímetro modelo 1200 portátil. Consiste na reação de flúor com zircônio, presente no complexo Zircônio-SPADN, formando um composto incolor. O grau de descoloração é proporcional à quantidade de fluoreto presente na amostra.

O método usado para determinação de dureza é complexométrico com EDTA. O processo consiste na titulação da dureza (incluindo todos os íons di e trivalentes) com uma solução padrão de EDTA - Etileno Diamino Tetracetato de Sódio. Esse composto forma complexos muito estáveis com íons di e trivalentes, incluindo o cálcio e o magnésio. O indicador de negro de eriocromo, revela quando todos os íons causadores da dureza foram complexados.

Os resíduos de pesticidas foram medidos por cromatografia gasosa, utilizando o cromatógrafo Varian – modelo 3700, com coluna DB5, e detector de captura eletrônica. O método consiste nas seguintes etapas:

1<sup>o</sup>- extração com solventes de alta pureza (éter de petróleo), e posterior secagem com sulfato de sódio;

2<sup>o</sup>- separação que consiste na passagem pela coluna em velocidades diferenciadas;

3<sup>o</sup>- identificação que é feita pela comparação do tempo de retenção com padrões de pesticidas pressupostos como presentes. Esta etapa corresponde ao cálculo comparativo da área de picos com o respectivo padrão. A etapa de extração é feita

em laboratório especializado, as demais são feitas no cromatógrafo, que possui um computador acoplado.

A determinação de óleos e graxas foi feita pelo processo de extração, por filtração, em filtro de fibra de amianto, em meio ácido, utilizando o solvente soxhlet. Os óleos e graxas podem ter origem em esgotos domésticos, provenientes de resíduos de graxas de alimentos, frituras, gorduras ou de modificações de oleatos ou outros detergentes / sabões. Podem, também, ter origem no efluente de postos de serviços para automóveis ou em indústrias.

O ABS foi determinado por colorimetria, utilizando espectrofotômetro UV/vis, marca CELM, modelo 225D. O método baseia-se na formação de um sal colorido azul, obtido quando o azul de metileno reage, em pH adequado, com surfactantes aniônicos. O sal é solúvel em clorofórmio e a intensidade de cor é proporcional à concentração.

## **5. INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS**

A interpretação dos resultados obtidos foi feita por sub-bacia, com base no Índice de Qualidade de Água - IQA e nos limites estabelecidos pela classificação proposta na Resolução CONAMA 20/86 e Decreto Estadual 14250/81.

A opção pela utilização de sub-bacias como unidades básicas para interpretação, deveu-se às características físicas e aos processos produtivos que são diferenciados para cada uma, de modo a formar um cenário da realidade atual e das perspectivas de evolução da situação evidenciada em cada sub-bacia e na Bacia Hidrográfica do Rio Tubarão como um todo.

### **5.1 SUB-BACIA DO RIO JAGUARUNA**

Os principais usos da água nesta sub-bacia estão relacionados ao abastecimento público para a cidade de Jaguaruna, recepção de efluentes domésticos gerados pelos Municípios de Tubarão e Jaguaruna, abastecimento e recepção de efluentes líquidos provenientes das feculárias, irrigação do arroz e balneabilidade.

A partir de um reconhecimento da área em estudo, a equipe técnica definiu os principais conflitos pelo uso da água, que estão descritos a seguir:

#### **- Lagoa do Arroio Corrente**

Conflitos decorrentes do uso da água para abastecimento público e recreação. A lagoa é uma fonte de captação de água para a cidade e para a Praia de Jaguaruna e, ao mesmo tempo, vem sendo utilizada por praticantes de sky aquático, banhistas e demais freqüentadores do camping, localizado em suas proximidades. Cabe salientar que o esgoto do camping está situado em terreno arenoso.

#### **- Lagoa do Laranjal (ou Encantada)**

No período que corresponde à liberação das águas contidas nas canchas do arroz irrigado, existe a possibilidade de conflitos entre a rizicultura e a captação de água para a Praia da Barra do Camacho.

#### **- Lagoas de Garopaba do Sul e do Camacho**

Conflitos entre rizicultores e pescadores pela abertura da Barra do Camacho. Para os pescadores, a abertura da barra implica a entrada de pescado, em especial o camarão; para os rizicultores, implica o aumento da salinização das águas. Por outro lado, a vazão das águas do Rio Jaguaruna pela Barra do Camacho implica a diminuição de vazão na Barra da Laguna, e em períodos de estiagem, maior sedimentação neste canal, segundo o especialista Colombo Machado Sales e o Eng<sup>o</sup>. Alberto Odon May. A seqüência de fotos apresentada a seguir mostra a tentativa de

abertura do canal da Barra do Camacho, em 1965.

- Rio dos Correias

Conflitos decorrentes do uso da água para feculárias e agricultura.

Para a avaliação da qualidade das águas superficiais na sub-bacia do Rio Jaguaruna foram coletadas amostras em 7 estações estrategicamente situadas, observando, entre outros aspectos, a captação e o lançamento de efluentes domésticos e industriais. As estações de amostragem e suas localizações estão expressas na tabela 11 e mapa 3.

#### FOTO 1: SEQÜÊNCIA DE FOTOS DO CANAL DA BARRA DO CAMACHO

foto 1A: Entrada do canal da Barra do Camacho, em 1965; fotos 1B e 1D: canal aberto pelo Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOS), em 1965, com DRAG-Line 8-V-385; foto 1E: altura do talude inicial (desmontado posteriormente); foto 1F: ponte sobre o canal; foto 1G: coloração da água que sai da lagoa; foto 1H: inundação de 1965.

Fonte: Empréstimo do Eng<sup>o</sup>. Alberto Odon May

#### TABELA 11 - COORDENADAS GEOGRÁFICAS DAS ESTAÇÕES DE AMOSTRAGEM NA SUB-BACIA DO RIO JAGUARUNA

A estação de amostragem designada por RJ 67, situa-se nas nascentes do Rio dos Correias, sobre a ponte de madeira que interliga Santa Cruz a Boa Vista. Representa as características naturais da área, uma vez que não são conhecidas fontes de poluição nas nascentes deste rio. Foi considerada o ponto branco, ou seja, a referência para as demais estações de amostragem para fins de interpretação. A estação de amostragem designada por RJ 68, situa-se no Rio dos Correias, no acesso sul da estrada da FEINVEST em direção a Tubarão. Sofre influência de plantações de arroz e criação de gado.

#### MAPA 3: QUALIDADE DAS ÁGUAS NA SUB-BACIA DO RIO JAGUARUNA

A estação de amostragem RJ 69 localiza-se no Rio Lajeado, cinqüenta metros à jusante da ponte da BR 101. Sofre influência de plantações de arroz e feculárias. Cabe salientar que, na ocasião das coletas, as feculárias encontravam-se no período de entressafra.

A estação de amostragem RJ 70 situa-se no Rio das Congonhas, sobre a ponte reformada de madeira, 900 metros à jusante da Estrada de Ferro, na divisa dos Municípios de Jaguaruna e Tubarão. Sofre influência de plantações de arroz e criação de gado.

A estação de amostragem RJ 71 situa-se no Rio Jaguaruna, sobre a ponte na cidade de Jaguaruna. Sofre influência de plantações de arroz, esgotos domésticos e material não aproveitado do posto de gasolina e oficina mecânica.

A estação de amostragem RJ 72 localiza-se na Lagoa do Arroio Corrente, depois do Chuveirão. Objetiva avaliar a qualidade da água que abastece a cidade de Jaguaruna e a balneabilidade do Arroio Corrente/Chuveirão.

A estação de amostragem RJ 73 objetiva avaliar a balneabilidade da Lagoa do Camacho, próximo à Barra. As águas são salobras e destinadas à pesca e aos banhistas.

As estações RJ68, RJ69, RJ70 e RJ71 foram demarcadas o mais próximo possível da foz e antes de terem a influência da rede de canais de drenagem, o que tornaria impossível avaliar os fluxos de água de forma adequada.

Os resultados das análises realizadas em março de 1998 são apresentados na tabela 12.

Os cursos d'água da sub-bacia do Rio Jaguaruna estão enquadrados pela Portaria GAPLAN 024/79 como classe 2. Isto significa que as águas coletadas para análise têm seus usos pretendidos e limites fixados pela Portaria MINTER 013/76, que são coincidentes com os estabelecidos pelo Decreto Estadual 14250/81. Segundo estas legislações, as águas da sub-bacia do Rio Jaguaruna são destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional, à irrigação de hortaliças ou plantas frutíferas e à recreação de contato primário (natação, esqui-aquático e mergulho).

#### TABELA 12 - RESULTADOS OBTIDOS PARA AS AMOSTRAS DA SUB-BACIA DO RIO JAGUARUNA, ANALISADAS PELA UNISUL

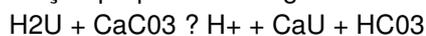
A figura 2 apresenta a variação de pH na sub-bacia do Rio Jaguaruna, cujos valores estão situados dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 20/86, embora as estações RJ73 e RJ72 apresentem valores relativamente elevados.

#### FIGURA 2 - VARIAÇÃO DE PH NA SUB-BACIA DO RIO JAGUARUNA

As águas da estação RJ73 são salobras provenientes da Lagoa do Camacho, com uma concentração de sólidos totais de aproximadamente 40.000 ppm, o que influencia no valor medido de pH, já que a concentração de sólidos dissolvidos totais pode ser determinada pela condutividade específica de uma solução que, por sua vez, está relacionada com a quantidade de moléculas dissociadas e, conseqüentemente, com a concentração de íons hidrogênio.

A correção de pH em função da salinidade diminuiu o valor medido de pH de 8,05 para 7,3.

A lagoa apresenta cor escura, aparentemente devido à solubilização de ácidos fúlvicos e húmicos, provenientes da decomposição de matéria orgânica oriunda das áreas de turfa misturada a conchas calcárias presentes em jazimentos antigos. A reação proposta é a seguinte:



O ácido úmico ou fúlvico diácido, H<sub>2</sub>U, é significativamente complexante para Ca<sup>++</sup>; que é proveniente de conchas marinhas. A solubilização ocorre com relativa intensidade, uma vez que o pH é elevado. A coloração das águas decorrente deste processo é escura, conforme pode ser visto no Rio Jaguaruna (fotos 2 e 3), próximo a estação RJ69, que apresentou um pH medido experimentalmente de 6,97. A análise de DQO, realizada nas estações RJ67, RJ68 e RJ69 confirmou a presença de substâncias redutoras em valores significativos, confirmando a importância da solubilização.

#### FOTO 2: COLORAÇÃO MARROM TÍPICA DA PRESENÇA DE ÁCIDOS HÚMICOS NA MARGEM DO RIO JAGUARUNA

#### FOTO 3: COLORAÇÃO MARROM TÍPICA DA PRESENÇA DE ÁCIDOS HÚMICOS NA MARGEM DO RIO DOS CORREIAS

Tanto as legislações federais (Portaria MINTER 13/76 e Resolução CONAMA 20/86) como a estadual (Decreto Estadual 14.250/81) estabelecem que, para águas de classe 2, o oxigênio dissolvido não deve ser inferior a 5 ppm, o que não se verificou nas estações RJ69, RJ70 e RJ73 (tabela 12). Nestas, a condição de qualidade está em desacordo com o enquadramento. Esta situação pode ser decorrente do lançamento de esgotos domésticos das populações vizinhas, hipótese mais provável, quanto da presença de fertilizantes aplicados nas lavouras de arroz. As estações RJ68 e RJ72 têm boa disponibilidade de oxigênio, em função da agitação das águas, um dos fatores responsáveis pelo fornecimento natural de oxigênio dissolvido aos corpos d'água. O valor detectado de oxigênio dissolvido na estação RJ70, localizada no Rio das Congonhas, na divisa entre as cidades de Jaguaruna e Tubarão,

evidencia restrições à vida de organismos aeróbios. A estação recebe esgotos domésticos oriundos de alguns bairros da cidade de Tubarão; além disto existem abrigos para animais domésticos, que possuem canais de drenagem direto para o rio, à montante do local escolhido para coleta de amostras de água. As condições excepcionais de oxigênio dissolvido na estação RJ72, localizada no Arroio Corrente, possivelmente são decorrentes do Chuveirão, que aumenta a concentração de oxigênio dissolvido pela agitação. Os valores medidos de oxigênio dissolvido nas estações desta sub-bacia podem ser visualizados na figura 3.

#### FIGURA 3 - VARIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO NA SUB-BACIA DO RIO JAGUARUNA

O padrão estabelecido para DBO, pela Resolução CONAMA 20/86 e Decreto Estadual 14.250/81 é o mesmo para as águas de classe 2 e não deve ser inferior a 5 ppm de O<sub>2</sub>.

Através da análise de DBO é possível estimar o nível de poluição, basicamente matéria orgânica, a que está sujeito um curso d'água.

Os valores encontrados para este parâmetro nas estações de amostragem superaram em muito o limite fixado, com exceção da estação RJ67, que se situa nas nascentes do Rio dos Correias e corresponde ao ponto branco da sub-bacia do Rio Jaguaruna, conforme mostra a figura 4.

#### FIGURA 4 - VARIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE DBO NA SUB-BACIA DO RIO JAGUARUNA

A tabela 13 apresenta a carga poluente em termos de DBO para todas as estações desta sub-bacia.

#### TABELA 13 - CARGA POLUENTE EM TERMOS DE DBO - SUB-BACIA DO RIO JAGUARUNA

Pode-se constatar um aumento na carga poluente, de montante para jusante, resultante da não assimilação do corpo receptor, superando, em muito, os limites máximos estabelecidos pelos padrões de qualidade.

Pode-se deduzir, através dos cálculos apresentados na tabela 8, que para as estações RJ67 e RJ68, ambas localizadas no Rio dos Correias, a cultura do arroz irrigado, um dos processos produtivos da área, de acordo com o cadastro de usuários, utiliza água de boa qualidade e que seu impacto sobre esta é muito grande. A estação RJ70, localizada no Rio das Congonhas, à montante da confluência com o Rio Jaguaruna, recebe a contribuição da vertente norte da sub-bacia e por isso apresenta uma carga poluente elevada.

No que concerne a coliformes totais, a condição de qualidade das águas está em desacordo com o enquadramento estabelecido nas estações RJ68, RJ69, RJ70, e RJ71 (tabela 12 e figura 5). Para os coliformes fecais, apenas as estações RJ67, RJ69 e RJ73, que correspondem, respectivamente, ao ponto branco, ao Rio Lajeado e à Lagoa do Camacho, apresentaram resultados compatíveis com a Resolução CONAMA 20/86.

Os números observados, nas estações RJ70 e RJ71, ultrapassaram, em muito, os valores estipulados em lei, tendo em vista que a primeira recebe o esgoto doméstico de alguns bairros da cidade de Tubarão e a segunda da cidade de Jaguaruna. Convém ressaltar que os resultados apresentados são referentes a apenas uma coleta.

Com relação aos sólidos totais, vale a pena comentar que o resultado obtido na estação RJ73, foi de 40.430 ppm e que pode ser explicado pela localização da estação, na Lagoa do Camacho próximo à barra, que apresenta águas salobras.

## FIGURA 5 - NÚMERO MAIS PROVÁVEL (NMP) DE COLIFORMES TOTAIS NA SUB-BACIA DO RIO JAGUARUNA

Os cálculos do Índice de Qualidade de Água (IQA) revelaram que a estação RJ67 foi classificada para fins de abastecimento público como ÓTIMA, por apresentar um valor extremamente próximo à classe de melhor qualidade. A estação RJ71 foi classificada como IMPRÓPRIA PARA TRATAMENTO CONVENCIONAL, enquanto que os índices obtidos para as demais classificaram as mesmas como ACEITÁVEL. A tabela 14 apresenta o índice obtido em cada estação de amostragem, bem como sua classificação.

O mapa 3 apresenta a localização da sub-bacia do Rio Jaguaruna na Bacia Hidrográfica do Rio Tubarão e os índices de qualidade de água para as estações desta sub-bacia.

## TABELA 14: QUALIDADE DE ÁGUA PARA AS ESTAÇÕES DA SUB-BACIA DO RIO JAGUARUNA

### 5.2 SUB-BACIAS DO RIO BONITO, DO RIO ROCINHA, DO RIO ORATÓRIO E DO RIO PALMEIRAS

A degradação ambiental nestas sub-bacias é devida, principalmente, à exploração do carvão mineral. Por este motivo, os resultados obtidos nas estações de amostragem, localizadas nestas sub-bacias, serão discutidos em conjunto.

Os conflitos decorrentes dos impactos ambientais produzidos pelos efluentes da mineração e beneficiamento do carvão mineral sobre a qualidade das águas destas sub-bacias comprometem os usos da água, tanto para as comunidades locais, que vivenciam os conflitos, como para a Bacia Hidrográfica do Rio Tubarão como um todo, já que os problemas de poluição que ocorrem nas nascentes, prejudicam as demais atividades à jusante desenvolvidas na bacia (BENDER, 1998).

Cabe salientar que o Rio Tubarão inicia-se na altura da cidade de Lauro Müller, após a confluência dos rios Rocinha e Bonito, seus formadores, que nascem na Serra Geral, no limite entre os Municípios de Lauro Müller e Bom Jardim da Serra.

Os principais usos da água nestas sub-bacias estão relacionados ao abastecimento público, recepção de efluentes domésticos, gerados pelos Municípios de Lauro Müller e Siderópolis, abastecimento e recepção de efluentes líquidos provenientes da mineração/ beneficiamento do carvão mineral e agropecuária.

Para uma melhor compreensão das condições ambientais das águas influenciadas pelas atividades de mineração e beneficiamento do carvão mineral, é oportuno comentar a respeito do processo poluidor nas regiões carboníferas, conforme descrito por BENDER (1998).

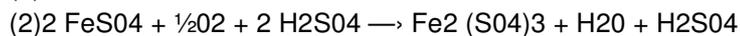
Os problemas de poluição hídrica nas regiões carboníferas são qualitativamente similares em todos os locais de lavra e beneficiamento e se devem, na maior parte, à oxidação da pirita ( $\text{FeS}_2$  - sulfeto de ferro) que ocorre associada ao carvão e que, quando exposta ao ar e à umidade, se oxida, gerando ácido sulfúrico e compostos de ferro que acabam sendo, de alguma forma, carregados até os cursos d'água.

As águas sulfurosas procedem diretamente das minas de sub-solo (drenagem), dos processos de beneficiamento e da disposição de rejeitos. A drenagem e a água de infiltração levam combinações de enxofre para as águas superficiais.

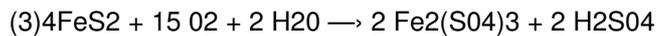
Existem dois tipos principais de resíduos, o material estéril e o rejeito do beneficiamento. O material estéril, removido para atingir o minério, é depositado em pilhas localizadas nas proximidades da mina. A principal característica deste material é a heterogeneidade do tamanho das partículas, variando desde frações argilosas até blocos de vários metros (SHINOBE, SRACEK, 1998). Esta heterogeneidade resulta em alta permeabilidade na pilha de estéril até a base. O outro tipo de resíduo de mina é o rejeito do beneficiamento, resultante do tratamento do minério. Este tipo de

material é britado e moído antes do tratamento, resultando em grãos relativamente pequenos, do tamanho silte (SHINOBE, SRACEK op cit.). Na mineração, tanto no caso do estéril como no do rejeito, a oxidação da pirita é responsável pela geração de acidez.

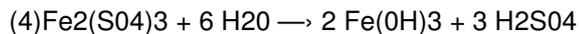
Tão logo a pirita entra em contato com o oxigênio e a água, inicia-se o processo de oxidação. Para tanto, bastará o oxigênio atmosférico e a umidade contida no ar, bem como o oxigênio dissolvido nas águas subterrâneas ou superficiais. A primeira etapa da oxidação é a transformação em sulfato ferroso e ácido sulfúrico, a qual ocorre em presença de pouco oxigênio (equação 1). O ferro, presente na forma bivalente e hidrossolúvel, revela-se pela sua coloração esverdeada e é, então, oxidado a sua forma trivalente e insolúvel, uma reação relativamente lenta, que pode ser catalisada pela bactéria *Thiobacillus Ferroxidans* (equação 2), como acentua o Instituto de Biociências da UFRGS (1978).



Sob condições especiais, por exemplo durante fases de altas concentrações de oxigênio, principalmente em águas superficiais, a primeira etapa da reação pode conduzir ao sulfato de ferro III.



Quando a concentração de ácido sulfúrico diminui na água, o ferro é hidrolisado, formando-se hidróxido de ferro III (equação 4).



Na dependência do pH, o ferro pode estar presente na forma de hidróxido de ferro III ou de óxido de ferro III. Estas substâncias geram uma cobertura castanho-amarelada na superfície do substrato nas águas superficiais poluídas (foto 1). A cor amarelada típica dos rios que sofrem os efeitos dos rejeitos ou da lavagem do carvão é decorrência da precipitação do ferro insolúvel.

Se o pH é acima de 3,0, pode haver a precipitação de hidróxido férrico  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ . Por outro lado, se o pH é menor que 3,0 e o ferro trivalente encontra-se em contato com a pirita não oxidada, este ferro trivalente é consumido pela oxidação da pirita, por se tratar de um forte oxidante. Isto significa que o oxigênio é somente necessário para se iniciar a oxidação da pirita. Contudo, se um acúmulo de resíduos de mina apresentar altas quantidades de  $\text{Fe}^3$  de períodos de oxidação anteriores, então a oxidação da pirita ocorrerá por um longo período de tempo, mesmo se não houver mais oferta de oxigênio (SHINOBE e SRACEK, 1998, apud BENDER, 1998). Todas as etapas de oxidação da pirita podem se dar tanto em pilhas de estéril como em bacias de rejeito.

FOTO 4 - COBERTURA CASTANHO-AMARELADA NOS SEIXOS DO LEITO DO RIO ROCINHA, 1998. EMPRÉSTIMO DE M. BENDER.

De acordo com GOTHE (1993) in BENDER (1998), “equações são úteis para ilustrar a produção de acidez pelos materiais piritosos, contudo podem dar a impressão de que apenas compostos de ferro e ácido sulfúrico estejam presentes. Na verdade, reações secundárias ocorrem entre os sulfatos, ácidos e demais compostos presentes nas argilas, calcários, arenitos, siltitos, folhelhos e outros estratos que, em geral, sempre se encontram associados à camada de carvão mineral.”

A partir destas reações há liberação de elementos ditos “traços” ou “menores”, pois aparecem em concentrações pequenas, da ordem de partes por milhão (ppm) na composição do carvão. A tabela 15 apresenta as concentrações dos elementos menores para o carvão CE 4500.

**TABELA 15 - CONCENTRAÇÃO DE ELEMENTOS MENORES (EM PPM OU % QUANDO INDICADO)**

Resumidamente, são aqui apresentados, de forma esquemática, os principais problemas associados à mineração, ao beneficiamento e aos usos do carvão mineral nos recursos hídricos (figura 6).

**FIGURA 6 - PRINCIPAIS PROBLEMAS ASSOCIADOS À MINERAÇÃO, AO BENEFICIAMENTO E AOS USOS DO CARVÃO MINERAL NOS RECURSOS HÍDRICOS.**

Para a avaliação da qualidade das águas superficiais nas sub-bacias do Rio Bonito, do Rio Rocinha e do Rio Palmeiras, foram locadas 2 estações de amostragem em cada uma das sub-bacias. Na do Rio Oratório, foram coletadas amostras em 4 estações de amostragem. As estações foram situadas à montante e à jusante das atividades de mineração e beneficiamento do carvão mineral. As estações de amostragem e suas localizações estão expressas na tabela 16 e mapa 4.

**TABELA 16 - COORDENADAS GEOGRÁFICAS DAS ESTAÇÕES DE AMOSTRAGEM NAS SUB-BACIAS DO RIO BONITO, DO RIO ROCINHA, DO RIO ORATÓRIO E DO RIO PALMEIRAS**

A estação de amostragem designada por RB01 situa-se no Rio Bonito, sobre uma ponte de madeira para passagem de pedestres, à montante da poluição provocada pela mineração do carvão. Representa as características naturais da área, uma vez que não são conhecidas fontes de poluição nas nascentes deste rio. Foi considerada o ponto branco, ou seja, a referência para as demais estações de amostragem para fins de interpretação nesta sub-bacia.

A estação de amostragem designada por RB02, situa-se nas proximidades da foz do Rio Bonito, na área urbana do Município de Lauro Müller, à montante da confluência com o Rio Rocinha. Sofre influência da mineração de carvão e esgotos domésticos.

A estação de amostragem RR03 localiza-se no Rio Rocinha, próximo à primeira porteira, à montante da poluição provocada pela mineração e beneficiamento do carvão. Representa as características naturais da área e foi considerada o ponto branco, ou seja, a referência para as demais estações de amostragem para fins de interpretação nesta sub-bacia.

A estação de amostragem RR04 situa-se nas proximidades da foz do Rio Rocinha, sobre a ponte de madeira, na área urbana do Município de Lauro Müller, à montante da confluência com o Rio Bonito. Sofre influência da mineração de carvão e esgotos domésticos.

A estação de amostragem RO05 situa-se no Rio do Rastro, sobre a ponte de madeira, à montante da confluência com o Rio Oratório. Sofre influência de mineração de argila, esgotos domésticos e rejeitos da mineração /beneficiamento do carvão proveniente da localidade de Guatá. A estação de amostragem RO06 localiza-se no Rio Oratório, à montante da confluência com o Rio do Rastro. Representa as características naturais da área, uma vez que não são conhecidas fontes de poluição nas nascentes deste rio. Foi considerada o ponto branco, ou seja, a referência para as demais estações de amostragem para fins de interpretação nesta sub-bacia.

A estação de amostragem RO07 situa-se nas proximidades da foz do Rio Oratório, à montante da confluência com o Rio Capivaras e objetiva avaliar a influência da mineração de argila e de carvão.

A estação de amostragem RO08 situa-se nas proximidades da foz do Rio Capivaras, à montante da confluência com o Rio Oratório e objetiva avaliar a influência da mineração de carvão e suinocultura.

A estação de amostragem RP17 situa-se nas proximidades da foz do Rio Armazém, à montante da confluência com o Rio Palmeiras, próximo a localidade de Pindotiba. Representa as características naturais da área, uma vez que as nascentes da sub-

bacia do Rio Palmeiras estão poluídas pela mineração a céu aberto. Assim, esta estação foi considerada o ponto branco, ou seja, a referência para as demais estações de amostragem para fins de interpretação nesta sub-bacia.

A estação de amostragem RP18 localiza-se no Rio Palmeiras, cerca de 1 Km à jusante da cascata, nas proximidades da antiga Hidrelétrica de Pindotiba, à montante da confluência com o Rio Tubarão. Recebe toda a contribuição proveniente da mineração de carvão em suas nascentes, além da poluição oriunda da suinocultura e das lavouras.

Os resultados das análises realizadas em março de 1998 são apresentados na tabela 17.

Os cursos d'água das sub-bacias do Rio Bonito, do Rio Rocinha e do Rio Oratório à montante da curva hipsométrica de 500 metros estão enquadrados pela Portaria GAPLAN 024/79 como classe 1, à jusante desta cota como classe 2. De acordo com esta legislação, os cursos d'água da sub-bacia do Rio Palmeiras são considerados como classe 2.

As estações de amostragem estão todas situadas à jusante da cota de 500 metros; isto significa que as águas coletadas para análise estão enquadradas como classe 2, com os usos pretendidos e limites fixados pela Portaria MINTER 013/76, que são coincidentes com o Decreto Estadual 14.250/81.

A figura 7 apresenta a variação de pH nas sub-bacias influenciadas pela mineração/beneficiamento do carvão mineral, cujos valores estão situados dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 20/86, com exceção dos observados nas estações RB02, RR04 e RP18 que correspondem, respectivamente, aos rios Bonito, Rocinha e Palmeiras à jusante da área degradada pela mineração. Nestas sub-bacias, observa-se a diminuição abrupta no valor do índice de pH, de montante para jusante, com reflexos na concentração de metais.

MAPA 4: QUALIDADE DAS ÁGUAS NAS SUB-BACIAS DO RIOROCINHA, DO RIO BONITO, DO RIO ORATÓRIO E DO RIO PALMEIRAS.

TABELA 17 - RESULTADOS OBTIDOS PARA AS AMOSTRAS DAS SUB-BACIAS DO RIO BONITO, DO RIO ROCINHA, DO RIO ORATÓRIO E DO RIO PALMEIRAS, ANALISADAS PELA UNISUL

FIGURA 7 - VARIAÇÃO DE PH NAS SUB-BACIAS DO RIO BONITO, DO RIO ROCINHA, DO RIO ORATÓRIO E DO RIO PALMEIRAS

Águas ácidas representam um sério problema ambiental. Seu impacto está relacionado ao fato de que a maior parte dos organismos se encontram adaptados a águas tamponadas por carbonatos e não conseguem tolerar forte acidez.

Segundo DALL'ALBA (1986), houve grande mortandade de peixes quando lançaram o primeiro efluente de carvão nos rios do Município de Lauro Müller.

A maior parte dos metais tóxicos se tornam móveis em condições de baixo pH.

A solubilidade máxima da maioria dos metais ocorre a pH de 1,0 e decai logaritmicamente até o pH de mínima solubilidade, em geral entre 8 e 10, como apontado pela FUNDATEC (1987, apud BENDER, 1998). No caso da drenagem de mineração, o pH é baixo, ocorrendo a solubilização de metais, principalmente cromo, cobre, ferro, manganês e zinco na forma de sulfatos.

De acordo com BENDER (1998), a correlação entre pH e os metais acima citados é inversamente proporcional, ou seja, quando decresce o valor de pH a concentração de metais aumenta.

Os índices de pH, observados nas estações localizadas na sub-bacia do Rio Oratório, apresentaram valores dentro dos limites estabelecidos em lei, possivelmente em virtude da recuperação de algumas áreas degradadas pela mineração no Distrito de Guatá.

Elevadas concentrações de ferro são restritivas à vida aquática, estimulam o crescimento de bactérias oxidantes (ferro-bactérias), provocam modificações estéticas na água, além de outras influências indesejáveis (ELETROSUL, 1990). O ferro aparece normalmente associado ao manganês.

A Resolução CONAMA 20/86 estabelece o limite máximo de 0,3 ppm para ferro solúvel em águas de classe 2, já o Decreto Estadual 14250/81 não fornece valores para este metal em sua classificação. Os valores detectados são sempre superiores ao limite fixado pela legislação federal em todas as estações de amostragem, com exceção dos valores registrados anteriormente pela UNISUL para as águas das estações RB01 e RR03, que são consideradas como referência para as amostragens realizadas nas sub-bacias do Rio Bonito e do Rio Rocinha, com valores respectivamente de 0,03 ppm e 0,04 ppm. As estações RO05, RO07, RO08 e RP18, apesar de serem enquadradas como classe 2, apresentaram condição de qualidade compatível com o limite fixado para ferro na classe 3 (5,0 ppm) da Resolução CONAMA 20/86, que apresenta usos menos restritivos do que a classe 2 (tabela 17). Mas, para as estações RB02 e RR04, a coleta realizada forneceu valores maiores para este elemento do que aqueles previstos na classe 3. A figura 8 mostra a variação da concentração de ferro para as estações localizadas nas sub-bacias do Rio Bonito, do Rio Rocinha, do Rio Oratório e do Rio Palmeiras.

#### FIGURA 8 - VARIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE FERRO NAS SUB-BACIAS DO RIO BONITO, DO RIO ROCINHA, DO RIO ORATÓRIO E DO RIO PALMEIRAS.

Analisando a figura 8, pode-se constatar que na estação RR04, a concentração de ferro foi muitas vezes acima do que o estipulado pela legislação, tornando estas águas extremamente restritivas quanto a sua aplicação. Os valores detectados por BENDER (1998), nas coletas de maio/outubro de 1995 para esta estação foram, respectivamente, de 87,84 ppm e 81,90 ppm contra um padrão fixado pela legislação federal de 0,3 ppm.

A foto 5 mostra a coloração avermelhada proveniente do efluente do beneficiamento do carvão na Usina Rocinha, localizada nas proximidades da foz do Rio Rocinha. A coloração é típica da presença de ferro, na forma de óxido férrico.

FOTO 5 - USINA DE BENEFICIAMENTO ROCINHA. Foto tirada em 1986, quando ainda estava em operação (cedida por I. Bortoluzzi - UNISUL)

Segundo BENDER (1998), o ferro mostra forte correlação positiva com zinco (0,9474), manganês (0,9366), cromo (0,9199), níquel (0,9351), sulfatos (0,9276), sólidos dissolvidos (0,9651) e acidez (0,9363), ou seja, a concentração de ferro aumenta concomitantemente com esses parâmetros. Por outro lado, apresenta correlação negativa com pH e oxigênio dissolvido (-0,8157), ou seja, quando diminui o valor de pH e a concentração de oxigênio dissolvido, aumenta a concentração de ferro. Elevadas concentrações de ferro estão presentes nos carvões catarinenses e de acordo com a HIDROQUÍMICA (1989, apud BENDER, 1998), a concentração de ferro detectada foi de 7956mg/Kg de carvão.

A aplicação do coeficiente de correlação apresentado por BENDER (1998) ratifica as reações de oxidação da pirita que ocorrem em águas provenientes da mineração/beneficiamento do carvão mineral.

De acordo com a autora acima citada, os índices de correlação evidenciam a importância das reações químicas que consomem o oxigênio dissolvido para oxidação da pirita, com a liberação de ácido sulfúrico aumentando a acidez da água e diminuindo o pH, o que favorece a solubilização de diversos metais associados ao carvão.

O manganês, como cátion metálico, é semelhante ao ferro em seu comportamento químico e é freqüentemente encontrado em associação com este, justificando a correlação de 0,9366 encontrada por BENDER (1998) entre estes dois elementos. O manganês é essencial para nutrição de animais, incluindo os seres humanos. A falta deste elemento, como seu excesso, produzem efeitos colaterais. O

envenenamento por manganês ocasiona problemas semelhantes aos da doença de Parkinson, distúrbios psicológicos e falta de coordenação motora, conforme citado pela SOPHS (1997, apud BENDER, 1998). Para a proteção da vida aquática, a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA) recomenda o valor de 0,05 ppm. O CONAMA, para águas doces classes 1 e 2, fixa o valor limite em 0,1 ppm de manganês, enquanto que o Decreto Estadual 14250/81 não fornece valores para manganês em sua classificação.

As estações RB02, RR04 e RP18 acusaram teores sempre acima do recomendado para águas de classe 2 (Res CONAMA 20/86), sendo que as estações RR04 e RP18 apresentaram condição de qualidade incompatível também com o limite fixado para manganês na classe 3 (0,5 ppm - Res CONAMA 20/86), conforme apresentado na tabela 17.

Os registros anteriormente realizados pela BORTOLUZZI/UNISUL não detectaram a presença de manganês para as águas da estação RB01, sendo que para a estação RR03 o valor registrado foi de 0,005 ppm, não ultrapassando o limite estabelecido pela legislação federal.

As análises realizadas por BENDER (1998), na sub-bacia do Rio Rocinha, detectaram a presença de concentrações acentuadas de manganês nas proximidades das áreas de disposição de rejeitos do beneficiamento do carvão, com valores em torno de 5 ppm, na coleta realizada em maio de 1995.

O padrão estabelecido para zinco pela Resolução CONAMA 20/86 para águas de classes 1 e 2 é de 0,18 ppm e para águas de classe 3 é de 5,0 ppm, já o Decreto Estadual 14250/81 e a Portaria MINTER 013/76 estabelecem o limite de 5,0 ppm para águas de classe 2. De acordo com a legislação estadual, este valor não foi ultrapassado em nenhuma das estações amostradas.

A qualidade da água nestas estações (RB02, RR04 e RP18) está de acordo com o enquadramento previsto pela Portaria GAPLAN 024/79, embora os valores detectados nas estações RR04 e RP18 localizadas, respectivamente, na foz do Rio Rocinha e na foz do Rio Palmeiras ultrapassem o limite estabelecido pela Resolução CONAMA 20/86, para águas de classe 2, conforme mostra a tabela 17.

As coletas realizadas por BENDER (1998) em maio/outubro de 1995, detectaram concentrações de zinco, na sub-bacia do Rio Rocinha, que aumentam de montante para jusante, sendo que os registros de maio correspondem a concentrações mais elevadas, uma vez que o período abril/maio/junho se caracteriza como de baixa precipitação.

O zinco está presente na composição dos carvões catarinenses e de acordo com a HIDROQUÍMICA (1989, apud BENDER, 1998), a concentração detectada foi de 63,4 mg/kg.

Ainda de acordo com BENDER (1998), os índices de correlação entre zinco x sólidos dissolvidos (0,9966) e zinco x acidez (0,9979) são muito próximos a 1, o que significa que a solubilidade do zinco aumenta com a concentração de acidez.

No que concerne à análise de cromo, a condição de qualidade das águas das estações RB02, RR04 e RP18 localizadas, respectivamente, na foz dos rios Bonito, Rocinha e Palmeiras, está de acordo com o enquadramento estabelecido para estas sub-bacias, ou seja, em nenhuma das estações foram detectadas concentrações superiores ao limite estabelecido para águas de classe 2, conforme estabelecido pela Portaria MINTER 013/76. As concentrações detectadas estão de acordo tanto com a legislação estadual, quanto com a legislação federal, embora tenha sido registrada na estação RR04 (0,011), o dobro daquela constatada no ponto RB02 (0,006).

O valor detectado por BENDER (1998) para a estação localizada na foz do Rio Rocinha em maio de 1995 foi de 0,012 ppm, ou seja, praticamente coincidente com o valor registrado pela BORTOLUZZI/UNISUL, no mesmo local, na análise realizada em março de 1998 (0,011 ppm).

O relatório sobre a caracterização do carvão, realizado pela HIDROQUÍMICA (1989), apresentou um teor de cromo da ordem de 21,2 mg/kg, inferior apenas às concentrações detectadas de ferro, manganês e zinco.

Para a análise de cobre a legislação federal estabelece padrões bem mais restritivos (0,02 ppm) do que a legislação estadual (1,0 ppm), o que causa certa estranheza,

uma vez que a Resolução CONAMA 20/86 (art.15) diz que os órgãos de controle ambiental poderão acrescentar outros parâmetros, ou torná-los mais restritivos, tendo em vista as condições locais. Em nenhuma das estações, onde este elemento foi analisado (RB02, RR04 e RP18), os limites fixados, tanto pela legislação federal como pela estadual, foram ultrapassados, embora tenham sido registradas concentrações muito próximas nas estações RR04 (0,010 ppm) e RP18 (0,011 ppm), com valores que correspondem praticamente ao dobro do detectado na estação RB02 (0,006 ppm), conforme mostra a tabela 17.

A correlação entre cobre e alguns dos parâmetros analisados por BENDER (1998) apresenta índices positivos, mas não muito significativos, como por exemplo, Cu x Fe (0,79), Cu x Zn (0,81), Cu x Mn (0,85) e Cu x Ni (0,78). Salienta, ainda a autora acima, que as concentrações de ferro, manganês e zinco no carvão são, respectivamente, de 7956 mg/kg, 60 mg/kg e 63,4 mg/kg, enquanto o cobre é de 12,2 mg/kg.

O chumbo foi detectado em todas as estações de amostragem nas quais foi analisado (RB02, RR04 e RP18), embora em concentrações abaixo do estabelecido pela legislação federal e estadual.

Segundo BENDER (1998), as correlações entre chumbo e outros metais, como por exemplo, Pb x Fe (0,1107), Pb x Zn (0,2466), Pb x Mn (0,2486), Pb x Cu (0,2954) e Pb x Ni (0,2889) apresentaram índices sempre muito baixos, certamente derivados da grande frequência de valores abaixo do limite de detecção do método (0,02 ppm). Os resultados apresentados pela UNISUL para este trabalho, cujas análises foram realizadas por espectrofotometria de absorção atômica, também mostraram valores abaixo do limite de detecção do método (tabela 17).

Conforme acentua BENDER (1998), as drenagens de minas de carvão, comuns nesta região, contribuem com elevadas concentrações de sulfato, em virtude da oxidação do enxofre presente na pirita. Este parâmetro também pode provocar a formação de ácido sulfúrico, reduzindo o pH dos corpos d'água.

Concentrações de sulfato acima de 250 ppm, em águas de suprimento doméstico, produzem efeitos purgativos no ser humano. Este é o limite fixado pela Resolução CONAMA 20/86, para águas de classes 1, 2 e 3.

Como a oxidação da pirita ( $FeS_2$ ) resulta na produção de sulfato ferroso e ácido sulfúrico, é comum as elevadas concentrações deste parâmetro nas sub-bacias em estudo, onde a poluição é principalmente provocada pelas atividades de mineração/beneficiamento do carvão.

Os estudos realizados por BENDER (1998) constataram fortes correlações positivas de sulfato com ferro, manganês, zinco, níquel, acidez e sólidos dissolvidos. As correlações foram mais acentuadas entre sulfato x manganês (0,9739) e sulfato x níquel (0,9807).

As análises agora realizadas corroboram os resultados acima apresentados, uma vez que a concentração de manganês aumentou com a concentração de sulfatos nas estações RB02 e RR04, conforme pode ser visto na tabela 17.

A acidez presente nas águas provoca, certamente, um aumento substancial na concentração de sulfatos. Por este motivo, as estações localizadas na foz das sub-bacias em estudo, registraram valores elevados na concentração de sulfatos, como mostra a figura 9.

#### FIGURA 9 - VARIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE SULFATOS ( $SO_4$ ) NAS SUB-BACIAS DO RIO BONITO, DO RIO ROCINHA, DO RIO ORATÓRIO E DO RIO PALMEIRAS

A condição de qualidade para este parâmetro está em desacordo com o limite fixado pela legislação federal (250 ppm) nas estações RR04 e RP18, e que, junto com os demais parâmetros analisados, comprometem as águas para os usos previstos na classificação.

Nas estações localizadas nas sub-bacias do Rio Bonito e do Rio Palmeiras, constatou-se um declínio na concentração de oxigênio dissolvido, provavelmente,

resultante das reações de oxidação da pirita.

No que concerne a este parâmetro, a condição de qualidade das águas está de acordo com o enquadramento estabelecido para as águas das sub-bacias influenciadas pela mineração/beneficiamento do carvão, ou seja, em nenhuma das estações foram detectadas concentrações inferiores ao limite estabelecido para águas de classe 2, conforme mostra a figura 10.

#### FIGURA 10 - VARIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO (OD) NAS SUB-BACIAS DO RIO BONITO, DO RIO ROCINHA, DO RIO ORATÓRIO E DO RIO PALMEIRAS

Nos estudos realizados por BENDER (1998), a correlação entre OD e parâmetros, tais como, ferro, zinco, manganês, cobre, níquel, sólidos dissolvidos e acidez apresentou índices sempre negativos, com exceção de pH x OD, o que significa que, à medida que as reações químicas se processam, o oxigênio dissolvido vai sendo consumido, liberando ácido sulfúrico e alguns metais para o ambiente.

Conforme já mencionado no capítulo 3, os sólidos totais presentes na água são classificados como sólidos totais dissolvidos e sólidos totais suspensos.

Nas águas naturais, os sólidos dissolvidos são constituídos principalmente por carbonatos, cloretos e sulfatos. Elevadas concentrações de sólidos dissolvidos são indesejáveis pelos efeitos fisiológicos (laxativos, irritações na vesícula, intestinos,...), sabor e também pelas conseqüências econômicas, conforme comentado pela ELETROSUL 1990. Usualmente os limites recomendados variam em torno de 500 ppm para águas de abastecimento. Este é o padrão fixado pela Resolução CONAMA 20/86 para águas de classe 1, 2 e 3. A legislação estadual não fixa limites para sólidos em sua classificação.

Quando em suspensão, os sólidos aumentam a turbidez da água, interferindo na penetração da luz e na produção fotossintética aquática, além da vida da fauna aquática, conforme comentado pela ELETROSUL 1990. O lodo oriundo da sedimentação dos sólidos em suspensão também pode interferir na vida aquática do leito do rio, principalmente se o material for de origem orgânica, pois consumirá oxigênio dissolvido na sua decomposição.

De acordo com BENDER (1998), o teor de sólidos dissolvidos é menor durante períodos mais chuvosos, porque as águas pluviais permanecem menos tempo em contato com as pilhas de rejeitos, ou seja, a relação sólidos dissolvidos x chuva é inversamente proporcional. Salienta a autora que, inicialmente, as águas pluviais diminuem a concentração dos elementos presentes na água, mas em função da percolação destas pelas pilhas de rejeitos, carreando sólidos para o rio, o processo poluidor continua.

Os resultados das análises de sólidos totais realizadas pela UNISUL, nas sub-bacias do Rio Bonito e do Rio Rocinha mostram que as concentrações sofrem pequenas variações à montante da poluição da área e uma elevação abrupta à jusante. A foto 6 apresenta a área de disposição de rejeitos do beneficiamento do carvão na margem esquerda do Rio Rocinha, com aproximadamente 2 Km<sup>2</sup> de extensão.

#### FOTO 6 - DISPOSIÇÃO DE REJEITOS NA MARGEM ESQUERDA DO RIO ROCINHA. FOTO TIRADA EM 1998 (Empréstimo de M. Bender)

A figura 11 mostra a concentração de sólidos totais em amostras coletadas nas sub-bacias dos rios Bonito, Rocinha, Oratório e Palmeiras.

#### FIGURA 11 - VARIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS TOTAIS NAS SUB-BACIAS DO RIO BONITO, DO RIO ROCINHA, DO RIO ORATÓRIO E DO RIO PALMEIRAS

Em função dos processos produtivos desenvolvidos nestas sub-bacias, observa-se concentrações elevadas, principalmente, na foz dos rios Bonito (RB02), Rocinha

(RR04) e Palmeiras (RP18).

A tabela 18 apresenta a carga poluente em termos de sólidos totais para todas as estações amostradas.

#### TABELA 18 - CARGA POLUENTE EM TERMOS DE SÓLIDOS TOTAIS- SUB-BACIAS DO RIO BONITO, DO RIO ROCINHA, DO RIO ORATÓRIO E DO RIO PALMEIRAS

Pode-se constatar um aumento na carga poluente de cada uma das sub-bacias, de montante para jusante, resultante do comprometimento dos recursos hídricos pelas atividades de mineração/beneficiamento do carvão mineral.

Possivelmente, a variação na carga poluente observada nas estações RB02 e RR04, localizadas, respectivamente, na foz dos rios Bonito e Rocinha, que apresentam sub-bacias longilíneas, paralelas entre si, com disposição aproximada E-W e, cujo processo poluidor está, principalmente, associado à mineração e ao beneficiamento do carvão mineral, seja devido ao Rio Carvão, principal afluente do Rio Rocinha, que não evidencia problemas decorrentes da exploração do carvão mineral, mas poluição devido à localização de algumas pocilgas em sua área de drenagem, que certamente contribuem com teores de sólidos totais.

Os cálculos do Índice de Qualidade de Água (IQA) revelaram que a estação RB01 e RR03 foram classificadas para fins de abastecimento público como BOA. As estações RB02, RR04 e RP18 foram classificadas como IMPRÓPRIA PARA TRATAMENTO CONVENCIONAL, enquanto que os índices obtidos para as demais classificaram as mesmas como ACEITÁVEL. A tabela 19 apresenta o índice obtido em cada estação de amostragem, bem como sua classificação.

#### TABELA 19 - ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA PARA AS ESTAÇÕES DAS SUB-BACIAS DO RIO BONITO, DO RIO ROCINHA, DO RIO ORATÓRIO E DO RIO PALMEIRAS

A foto 7 mostra a coloração das águas na foz do Rio Rocinha, à montante da confluência com o Rio Bonito, no local onde foram coletadas amostras de água para o cálculo do IQA e demais parâmetros analisados na estação RR04, que classificaram suas águas como IMPRÓPRIA PARA TRATAMENTO CONVENCIONAL.

FOTO 7- RIO ROCINHA PRÓXIMO À CIDADE DE LAURO MÜLLER. (empréstimo de M. BENDER, 1998)

A coloração amarelada é decorrente da precipitação do ferro insolúvel, que gera uma cobertura castanho-amarelada nos seixos depositados no leito e nas margens do rio. A foto 8 mostra o efeito da contaminação com carvão e de matéria orgânica em uma cascata em Pindotiba no Rio Palmeiras, 1994. As faixas verdes ocorrem onde a matéria orgânica reduziu o Ferro a Ferro II. As Queimadas em várzeas e morros é ainda uma prática para limpeza de áreas de cultivo, na foto 9, um exemplo no Rio Armazém em Pindotiba, 1996.

FOTO 8 – CASCATA NO RIO PALMEIRAS EM PINDOTIBA, 1994.  
(Foto cedida I. P. Bortoluzzi).

FOTO 9 – QUEIMADA ÀS MARGENS DO RIO ARMAZÉM EM 1996.  
(Foto cedida por I. P Bortoluzzi).

### 5.3 SUB-BACIAS COM CARACTERÍSTICAS ORGÂNICAS

Os resultados analíticos obtidos nas estações de amostragem, localizadas nestas sub-bacias, serão discutidos em conjunto, uma vez que a degradação ambiental nestas sub-bacias é principalmente de natureza orgânica, devido à suinocultura e esgotos domésticos, entre outros.

As considerações referentes à poluição por esgotos domésticos serão abordadas neste item, mas gostaríamos de salientar que este é um problema comum a todas as demais sub-bacias, já que, conforme comentado anteriormente, a Bacia Hidrográfica do Rio Tubarão caracteriza-se pela precariedade de rede de esgotamento sanitário. Os conflitos decorrentes dos impactos ambientais produzidos pela suinocultura e efluentes domésticos sobre a qualidade das águas destas sub-bacias contribuí com concentrações de matéria orgânica, nitrogênio, fosfato e índice de coliformes totais e fecais, que poderão ser analisados nas discussões apresentadas a seguir.

Os principais usos da água nestas sub-bacias estão relacionados ao abastecimento público, recepção de efluentes domésticos, abastecimento e recepção de efluentes líquidos provenientes da suinocultura, agropecuária e os problemas de poluição já citados na sub-bacia do Rio Capivari.

Para uma melhor compreensão das condições ambientais das águas influenciadas pela poluição orgânica, é oportuno comentar a respeito do processo poluidor.

O objetivo do controle da poluição orgânica é, principalmente, impedir que predominem os organismos patogênicos e, ao mesmo tempo, eliminar a cor e a turbidez que dão aos corpos d'água aspecto e odor desagradáveis, devido às emissões de H<sub>2</sub>S e outros materiais reduzidos.

A matéria orgânica tem características redutoras e, portanto, é consumidora de oxigênio, implicando diversas consequências. Entre elas, a presença de turbidez, que indica que existem sólidos em suspensão e que tendem a se depositar no fundo, em forma de lama anaeróbia, a qual fermenta na ausência de oxigênio, com desprendimento de bolhas de gases como H<sub>2</sub>S e metano. Essa mesma lama pode reduzir a penetração de luz nos corpos d'água, interferindo na produção fotossintética e na vida da fauna aquática. Outras reações possíveis são a redução de íons como nitrato e sulfato. A água, na ausência de oxigênio, apresenta odor e aparência desagradáveis com boas possibilidades de desenvolver microrganismos patogênicos (OTTAWAY, 1982).

O grau de saturação de oxigênio dissolvido em corpos d'água depende de diversos fatores: temperatura, pressão, teor de salinidade. Para fins de comparação, a tabela 20 lista os valores máximos em águas doces e salgadas (20g/l), a diversas temperaturas e com ar normal e pressão de uma atmosfera.

#### TABELA 20 - NÍVEL DE SATURAÇÃO DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO EM ÁGUAS DOCES E SALGADAS A DIVERSAS TEMPERATURAS

A temperatura é um fator importante na retirada de oxigênio de um curso d'água, alterando a velocidade do desenvolvimento dos microrganismos consumidores e produtores de oxigênio.

Os processos de eliminação de matéria orgânica do meio aquoso envolvem ações físicas, químicas e biológicas. Os processos físicos naturais são: adsorção, flutuação, flotação e sedimentação. Alguns fatores naturais ou antrópicos podem gerar sólidos através de reações de precipitação ou, ainda, através de reações químicas, que podem degradar a matéria orgânica. Os microrganismos, de certa forma, provocam reações químicas através de enzimas, fazendo, assim, a ação biológica (IMHOFF, 1986). O metabolismo de bactérias é ativo na formação de CO<sub>2</sub> e água, nos sistemas aquáticos. Quanto mais aeróbico esse sistema, mais rápidas são essas reações, inibindo a liberação de gases reduzidos, como é o caso da amônia, do metano, do hidrogênio e do H<sub>2</sub>S. Como em muitos casos o oxigênio não é suficiente para consumir todo o carbono disponível, há dois mecanismos possíveis de alteração em meio redutor com atividade de bactérias anaeróbicas: a digestão ácida e a digestão mecânica.

A digestão ácida envolve o uso de oxigênio dos compostos orgânicos e da água, com possível liberação de hidrogênio como gás e de carbono como CO<sub>2</sub>, que, por sua

vez, dependendo do pH, pode ser liberado ou não. Nesta fase ainda, há pouca liberação de gases reduzidos, além do hidrogênio. Os compostos reduzidos são os ácidos acético e butírico, daí a denominação de fermentação ácida ou fase ácida. Segue-se a fermentação ou fase metânica com formação de metano e outros compostos em maior quantidade. Essa fase pode ser útil em alguns casos, porém deve ser evitada em cursos d' água pelo odor que produziria.

No caso das pocilgas e efluentes de lixões ou esgoto urbano, deveria ser seguida uma seqüência que envolvesse as seguintes fases de tratamento de efluentes proposta por IMHOFF(1985):

- 1 - Para sólidos grosseiros em suspensão: crivos e grades;
- 2 - Para sólidos grosseiros sedimentáveis: caixas de areia;
- 3 - Para óleos, graxas e substâncias flutuantes análogas: caixas de gordura, tanques de flotação e tanques decantadores e removedores de espumas;
- 4 - Para material miúdo em suspensão: decantadores, tanques precipitadores, filtros de areia, micropeneiras;
- 5 - Para substâncias orgânicas dissolvidas e semidissolvidas: instalações biológicas, irrigação de grandes superfícies, campos agrícolas, filtros biológicos, leitos de contato, lagoas de estabilização, lodos ativados, tanques sépticos;
- 6 - Para controle de epidemias e combate ao mau cheiro: Cloro, e outros reagentes esterilizantes, ou instalações biológicas;
- 7 - Para remoção de fertilizantes: tratamento terciário.

De modo geral a anaerobiose é conveniente pela economia e recuperabilidade de materiais que servem de adubos. A digestão aeróbia tende a produzir menor quantidade de matéria orgânica útil como fertilizante e exige maior esforço de oxigenação, mas não apresenta mau cheiro dos gases reduzidos.

Há testes simples para avaliar quantitativamente o trabalho que um rio deve realizar para que suas águas se tornem potáveis, como por exemplo a demanda bioquímica de oxigênio (DBO), que determina a quantidade de oxigênio consumido por uma amostra de água do rio em dado intervalo de tempo (geralmente cinco dias). Existem testes mais sofisticados, como a demanda extrema de oxigênio (DEO) que mede o oxigênio consumido pela amostra durante um curto período de tempo. AQUARONE et al (1975) sugerem os valores da tabela 21 para diferentes tipos de líquidos.

#### TABELA 21 - NÍVEL DE DBO EM DIFERENTES TIPOS DE LÍQUIDOS

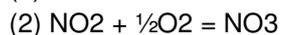
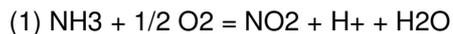
Um fator importante é o comportamento de todos os componentes em relação ao oxigênio. Sob o ponto de vista químico, a atividade biológica pode verificar-se em dois sentidos: a combinação com o oxigênio (oxidação) ou a perda de oxigênio (redução). O tratamento biológico dos efluentes é um caso de oxidação (combustão úmida); a digestão do lodo é um caso de redução. O oxigênio tem a tendência de transformar a matéria orgânica perecível presente nos efluentes em produtos estáveis (óxidos). O tratamento biológico se compõe quase que exclusivamente de processos aeróbios. A depuração em si, isto é, a retirada das impurezas orgânicas dos efluentes, não deve ser atribuída somente às bactérias. Tal fato se dá também pela adsorção de materiais solúveis sobre flocos de materiais insolúveis.

Outro dado importante que pode ser utilizado para comparação é a capacidade de produção de matéria orgânica. Segundo AQUARONE et al (1975), uma pessoa elimina o equivalente a 54g de DBO por dia, em média. Esse é um parâmetro utilizado para avaliar a capacidade de produção de uma população. Os suínos liberam entre 4 e 8 vezes mais matéria orgânica, equivalendo portanto a mais de 216g de DBO/dia. Esse fator de 54g/dia.hab serve, também, para comparar indústrias com população urbana. IMHOFF (1986), propõe que 1 porco equivale a três pessoas, que uma vaca corresponde a 5-10 pessoas e que uma galinha entre 0,12-0,25 pessoa.

O uso da bactéria coliformes fecais para indicar poluição sanitária mostra-se mais significativa que o uso da bactéria coliformes totais, porque as bactérias fecais estão restritas ao trato intestinal de animais de sangue quente.

A determinação da concentração dos coliformes assume importância como parâmetro indicador da possibilidade da existência de microorganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica. Quanto maior a relação coliformes fecais/coliformes totais mais anaeróbio está sendo o processo e portanto, com tendências redutoras. Se essa situação perdurar por um período significativo, pode levar ao desprendimento de odores. Quando a relação for muito pequena a situação deve ser claramente aeróbica e pode levar a efeitos indesejáveis em termos de oxidação de íons como amônio.

Um dos princípios bioquímicos fundamentais do tratamento de esgotos é que o oxigênio é consumido para oxidar a amônia, numa primeira etapa, a nitrito (equação 1) e depois a nitrato (equação 2).



Essas reações podem se inverter em meio anaeróbico como é o caso dos lodos e o resultado é a presença de amônia e não de nitrito e nitrato. Os processos têm uma dinâmica dependente da disponibilidade de oxigênio dissolvido, o qual por sua vez depende da agitação do meio aquoso.

As nitrossomas catalizam a reação 1 e a nitrobacter a reação 2; ambos são obrigatoriamente aeróbios. O princípio de depuração de esgotos baseia-se nestes processos e, portanto, é necessário evitar o excesso de matéria orgânica em suspensão ou sedimentada que provoca reações anaeróbicas (OTTAWAY, 1982). A figura 12 apresenta a velocidade de transformação da amônia em nitrito e nitrato, para uma quantidade de oxigênio de 8 mg/l.

Na seqüência ideal, o  $\text{NH}_3$  desaparece completamente, sendo substituído por nitrito, o qual, por sua vez, é substituído por nitrato. Mas, há fatores que podem prejudicar o processo, como a formação de espumas devida aos detergentes de uso doméstico, que podem reduzir a eficiência da aeração e disponibilização de oxigênio.

O nitrato e o nitrito podem formar-se em função da oxidação das aminas, criando em fases intermediárias as nitrosaminas que são cancerígenas e os complexos com hemoglobina que causam anemia. O efeito nocivo mais conhecido do nitrito é a sua capacidade de causar a metahemoglobina. Ele oxida o ferro II da hemoglobina dos glóbulos vermelhos do sangue a ferro III. O complexo  $(\text{Hb}) \text{Fe}^{+3}$  é uma representação da etahemoglobina, que é incapaz de transportar o oxigênio no sangue.

FIGURA 12 - VELOCIDADE DE TRANSFORMAÇÃO DA AMÔNIA EM NITRITO E NITRATO. (Fonte KNOWLES apud OTTAWAY, 1982)

Para a avaliação da qualidade das águas superficiais foram locadas 6 estações na sub-bacia do Rio Laranjeiras, 24 na do Rio Braço do Norte, 15 na sub-bacia do Rio Capivari e 1 na foz de cada uma das seguintes sub-bacias: Rio Novo, Rio Azambuja, Rio do Pouso e Rio Caruru.

MAPA 5: QUALIDADE DAS ÁGUAS NAS SUB-BACIAS DO RIO LARANJEIRAS E DO RIO NOVO.

#### 5.3.1 Sub-bacias do Rio Laranjeiras e do Rio Novo

As estações de amostragem da sub-bacia do Rio Laranjeiras e suas localizações estão expressas na tabela 22 e mapa 5.

TABELA 22 - COORDENADAS GEOGRÁFICAS DAS ESTAÇÕES DE AMOSTRAGEM NA SUB-BACIA DO RIO LARANJEIRAS E NOVO

A estação de amostragem, designada por RL10, situa-se no Rio Hipólito, sobre uma

ponte pênsil, à montante da confluência com o Rio Cafundó. Sofre influência de pocilgas.

A estação de amostragem designada por RL11, situa-se no Rio Cafundó, sobre a ponte, à montante da confluência com o Rio Hipólito. Recebe contribuição de mineração de carvão desativada.

A estação de amostragem RL12 localiza-se no Rio Laranjeiras, próximo a Brusque do Sul e representa as características naturais da área. Foi considerada o ponto branco, ou seja, a referência para as estações de amostragem da sub-bacia do Rio Laranjeiras para fins de interpretação.

A estação de amostragem RL13 situa-se na localidade de Brusque do Sul, à montante da foz de um rio sem denominação pelas cartas topográficas do IBGE com o rio Laranjeiras (ver mapa 2). Recebe contribuição de mineração de carvão e lavouras de milho.

A estação de amostragem, designada por RL14, situa-se sobre uma ponte pênsil no Rio Laranjeiras, à montante da foz com o Rio Tubarão. Recebe contribuição de pocilgas e mineração de carvão, localizadas aproximadamente 20 Km à montante do local de amostragem.

A estação de amostragem RL15, situa-se na sub-bacia do Rio Novo, sobre a ponte, à montante da foz com o Rio Tubarão. Recebe influência de aviários e criação de gado.

É o local onde a SAMAE realiza a captação de água para o Município de Orleães.

Os resultados das análises realizadas em abril de 1998 são apresentados na tabela 23.

De acordo com a Portaria GAPLAN 024/79, o Rio Hipólito, afluente da margem direita do Rio Laranjeiras, e seus afluentes, das nascentes até a cota 500 estão enquadrados como classe 1. Os trechos dos cursos d'água superior a cota 600, do Rio Hipólito até o Rio Espreado ou Pequeno, na sub-bacia do Rio Braço do Norte também estão enquadrados como classe 1. À jusante da cota 600, os cursos d'água da sub-bacia do Rio Laranjeiras são considerados classe 2.

A estação de amostragem localizada no Rio Hipólito situa-se à jusante da curva hipsométrica de 500 metros, as demais estações desta sub-bacia situam-se à jusante da cota de 600 metros; isto significa que as águas coletadas para análise estão enquadradas como classe 2, com os usos pretendidos e limites fixados pela Portaria MINTER 013/76, que são coincidentes com o Decreto Estadual 14.250/81. O bom aspecto da paisagem representada na foto 10 também é um alerta sobre o Rio Laranjeiras, pois trata-se de um rio bastante preservado, de bom volume de água e que, tanto ele como seus afluentes são cruzados por acessos aos lençóis aquáticos subterrâneos. Caso não haja uma preservação adequada, pode-se perder a qualidade da água superficial como subterrânea. A foto 10 citada, está situada numa área de exposição das camadas sedimentares. No caso, ela mostra o vazamento, entretanto existem locais de exposição do acesso de alimentação do aquífero.

FOTO 10 – ÁREA SEDIMENTAR EXPOSTA, COM ACESSO AOS AQUÍFEROS.

TABELA 23 - RESULTADOS OBTIDOS PARA AS AMOSTRAS DAS SUB-BACIAS DO RIO LARANJEIRAS E DO RIO NOVO, ANALISADAS PELA UNISUL

FIGURA 13 - VARIAÇÃO DE PH NAS SUB-BACIAS DO RIO LARANJEIRAS E DO RIO NOVO

A figura 13 apresenta a variação de pH nas sub-bacias do Rio Laranjeiras e do Rio Novo, cujos valores estão situados dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 20/86, com exceção do observado na estação RL11 (3,68) que se situa no Rio Cafundó e recebe as drenagens ácidas provenientes de uma mina de encosta, localizada próximo as nascentes.

No que concerne a oxigênio dissolvido, a condição de qualidade das águas está de acordo com o enquadramento estabelecido para as águas destas sub-bacias, ou seja, em nenhuma das estações foram detectadas concentrações inferiores ao limite

estabelecido para águas de classe 2 (5 ppm), apesar de algumas sofrerem influência de pocilgas e esgotos domésticos (figura 14).

#### FIGURA 14 - VARIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE OD NAS SUB-BACIAS DO RIO LARANJEIRAS E DO RIO NOVO

Os valores encontrados para coliformes totais e fecais na estação RL15, localizada à montante da foz do Rio Novo com o Rio Tubarão, merecem ser comentados, porque são elevados e em desacordo com as legislações federal e estadual, além do que esta estação corresponde ao ponto de captação de água para a cidade de Orleães. A figura 15 mostra a variação abrupta no número mais provável de coliformes fecais desta estação em relação às demais localizadas na sub-bacia do Rio Laranjeiras. As observações de campo indicaram a influência de aviários e criação de gado; atividades que a princípio não alterariam tanto os números de coliformes quanto dejetos de suínos e esgotos domésticos, observados em outras estações.

#### FIGURA 15 - VARIAÇÃO DO NÚMERO MAIS PROVÁVEL DE COLIFORMES FECALIS NAS SUB-BACIAS DO RIO LARANJEIRAS E DO RIO NOVO

Os cálculos do Índice de Qualidade de Água (IQA) revelaram que a estação RL12, que corresponde ao ponto branco, foi classificada para fins de abastecimento público como BOA, por apresentar um valor extremamente próximo a esta classe. A estação RL10 também foi classificada como BOA, enquanto que os índices obtidos para as estações RL13, RL14 e RL15 classificaram as mesmas como ACEITÁVEIS. A estação RL11, que recebe contribuição da mineração de carvão, com índice de pH de 3,68 foi classificada como IMPRÓPRIA PARA TRATAMENTO CONVENCIONAL. A tabela 24 apresenta o índice obtido em cada estação de amostragem, bem como sua classificação.

#### TABELA 24 - ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA PARA AS ESTAÇÕES DAS SUB-BACIAS DO RIO LARANJEIRAS E DO RIO NOVO

De acordo com a tabela 10, a escala que corresponde à classificação ACEITÁVEL varia de 37 a 51, enquanto que para a BOA de 52 a 79. Analisando os resultados apresentados na tabela 18, podemos observar que o índice obtido para a estação RL12, considerada como o ponto branco da sub-bacia do Rio Laranjeiras, obteve um índice entre as duas classificações e foi considerada como BOA, de acordo com os critérios adotados para o arredondamento.

Digno de comentário é o índice obtido na estação RL14, situada à montante da confluência com o Rio Tubarão, que apresentou um valor próximo da classe considerada BOA. Isto quer dizer que apesar de alguns parâmetros em algumas estações apresentarem resultados indesejáveis, em função das fontes de poluição, há um processo de autodepuração de montante para jusante.

#### 5.3.2 Sub-bacia do Rio Braço do Norte

As estações de amostragem da sub-bacia do Rio Braço do Norte e suas localizações estão expressas na tabela 25 e mapa 6.

A estação de amostragem designada por BN21, situa-se no Rio dos Pinheiros, à montante da confluência com o Rio Braço do Norte, em seu alto curso, na localidade de Rio dos Pinheiros, próximo a Capela de São Paulo. Nas proximidades da estação, localiza-se uma área de mineração de rochas alcalinas (fosfato), desativada há vários anos.

A estação de amostragem, designada por BN22, situa-se no Rio Braço do Norte, em seu alto curso, à montante da confluência com o Rio dos Pinheiros, na localidade de

mesmo nome, próximo a Capela de Santo Antônio. As águas são cristalinas, sem fonte de poluição aparente.

A estação de amostragem BN23 localiza-se no Rio Povoamento, à jusante da confluência com o Rio Maracujá, sobre uma ponte de madeira. Recebe contribuição de um aviário e de uma pocilga. As águas são aparentemente cristalinas.

#### TABELA 25 - COORDENADAS GEOGRÁFICAS DAS ESTAÇÕES DE AMOSTRAGEM DA SUB-BACIA DO RIO BRAÇO DO NORTE

A estação de amostragem BN24 situa-se no Rio do Meio, na localidade de mesmo nome, à montante da confluência com o Rio Faxinal. Não há evidências de fontes de poluição.

A estação de amostragem, designada por BN25, situa-se no Rio Povoamento, à montante da confluência com o Rio Braço do Norte, nas proximidades de uma área de mineração de fosfato desativada. Recebe contribuição do esgoto doméstico da cidade de Anitápolis.

A estação de amostragem designada por BN26, situa-se no Rio Braço do Norte, sobre uma ponte, à montante da confluência com o Rio Povoamento. Recebe contribuição de esgotos domésticos.

#### MAPA 6: QUALIDADE DAS ÁGUAS NA SUB-BACIA DO RIO BRAÇO DO NORTE.

A estação de amostragem BN27 situa-se no Rio do Meio, à montante da confluência com o Rio Braço do Norte. Recebe a contribuição de pocilgas.

A estação de amostragem BN28 situa-se no Rio dos Índios, sobre uma ponte de madeira, à montante da confluência com o Rio Braço do Norte. Influência de pocilgas e mineração de fluorita.

A estação de amostragem BN29 situa-se no Rio dos Bugres, sobre uma ponte de madeira, à montante da confluência com o Rio Braço do Norte. Recebe influência de pocilgas e mineração de fluorita.

A estação de amostragem, designada por BN30, situa-se no Rio Bravo, sobre uma ponte, à montante da confluência com o Rio Braço do Norte, na direção da estrada Rio Fortuna/Santa Rosa de Lima. Recebe contribuição de várias fontes de poluição, como esgotos domésticos, aviários, pocilgas e mineração de fluorita.

A estação de amostragem, designada por BN31, situa-se no Rio Fortuna, sobre uma ponte, à montante da confluência com o Rio Braço do Norte, na localidade próxima a Rio Fortuna. Recebe contribuição de esgotos domésticos, aviários e pocilgas.

A estação de amostragem BN32 situa-se no Rio Braço do Norte, à montante da confluência com o Rio Fortuna.

A estação de amostragem BN33 localiza-se à montante da foz do Rio Espreado ou Pequeno, nas proximidades da localidade de Aiurê. Águas cristalinas, aparentemente sem presença de poluição.

A estação de amostragem, designada por BN34 situa-se no Rio Pequeno, sobre uma ponte, à montante da confluência com o Rio Espreado ou Pequeno, na localidade de Aiurê. Recebe contribuição de esgotos domésticos e pocilgas.

A estação de amostragem BN35 situa-se sobre uma ponte no Rio Capivaras, à montante da confluência com o Rio Espreado ou Pequeno, nas proximidades da localidade de Praia Grande. Recebe contribuição de esgotos domésticos e pocilgas.

A estação de amostragem BN36 situa-se sobre uma ponte no Rio Morto, à montante da confluência com o Rio do Meio. Recebe contribuição de esgotos domésticos e pocilgas.

A estação de amostragem BN37 situa-se sobre uma ponte de madeira no Rio do Meio, à montante da confluência com o Rio Morto. Recebe contribuição de esgotos domésticos e pocilgas.

A estação de amostragem, designada por BN38, situa-se no Rio Braço Esquerdo, à jusante da confluência dos rios Invernada e do Meio, na propriedade particular do Sr.

Clésio. Recebe contribuição de esgotos domésticos e pocilgas.

A estação de amostragem designada por BN39, situa-se no Rio Espraiado, à montante da confluência com o Rio Braço do Norte.

A estação de amostragem, designada por BN40, situa-se sobre uma ponte de concreto no Rio dos Cachorrinhos, à montante da confluência com o Rio Braço do Norte. Recebe contribuição de esgotos domésticos e pocilgas.

A estação de amostragem, designada por BN41, situa-se sobre uma ponte de madeira no Rio Bonito, à montante da confluência com o Rio Braço do Norte. Recebe contribuição de esgotos domésticos e pocilgas.

A estação de amostragem, designada por BN42, situa-se sobre uma ponte de madeira no Rio Pinheiros, à montante da confluência com o Rio Braço do Norte.

Recebe contribuição de esgotos domésticos e pocilgas.

A estação de amostragem BN44 situa-se sobre uma ponte no Rio Braço do Norte, à montante da confluência com o Rio Tubarão. Recebe contribuição de todas as fontes de poluição localizadas na sub-bacia do Rio Braço do Norte.

Os cursos d'água da sub-bacia do Rio Braço do Norte enquadrados como classe 1, de acordo com a Portaria 024/79, são os especificados a seguir:

- Trechos (nascentes) dos cursos d'água da vertente Atlântica da Serra Geral, superior à quota 600 (seiscentos), do Rio Hipólito, sub-bacia do Rio Laranjeiras, até o Rio Espraiado ou Pequeno, sub-bacia do Rio Braço do Norte;
- Rio Espraiado ou Pequeno, afluente da margem direita do Rio Braço do Norte, os seus afluentes, das nascentes até a quota 600 (seiscentos);
- Trechos (nascentes) dos cursos d'água da vertente Atlântica da Serra Geral, superior à quota 800 (oitocentos), do Rio Espraiado ou Pequeno, até o Rio do Salto, afluente da margem direita do Rio do Meio;
- Rio Itiriba, afluente da margem direita do Rio do Meio, das nascentes até a foz do Rio do Meio, e seus afluentes;
- Rio do Meio, afluente da margem direita do Rio Braço do Norte, das nascentes até a foz do Rio Itiriba e seus afluentes neste trecho.

Os demais cursos d'água da sub-bacia do Rio Braço do Norte são enquadrados como classe 2, com os usos pretendidos e limites fixados pela Portaria MINTER 013/76, que são coincidentes com o Decreto Estadual 14.250/81. Há muitos rios com bom aspecto no Braço do Norte, como mostra a foto 11 de uma cascata próximo a Anitápolis.

FOTO 11 – CASCATA NO RIO BRAÇO DO NORTE. FOTO DE ABRIL DE 1998.

#### TABELA 26 - RESULTADOS OBTIDOS PARA AS AMOSTRAS DA SUB-BACIA DO RIO BRAÇO DO NORTE

Os resultados das análises realizadas, em abril de 1998, são apresentados na tabela 26.

A figura 16 apresenta a variação de pH nas estações localizadas no Rio Braço do Norte, cujos valores estão situados dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 20/86, apesar de apresentarem uma discreta tendência alcalina, decorrente da mineração de fosfato (desativada), no alto vale, e da mineração de fluorita, no médio vale.

#### FIGURA 16 - VARIAÇÃO DE PH NAS ESTAÇÕES LOCALIZADAS NO RIO BRAÇO DO NORTE

Na estação BN22, o valor registrado de pH foi de 8,1, em virtude da mineração de rochas alcalinas (fosfato), decrescendo para 7,2 na estação BN26, devido ao aporte

de águas com índices mais baixos de pH, tornando a crescer na estação BN32, devido à mineração de fluorita.

Nas estações que sofrem influência da mineração de fluorita, foram detectadas concentrações de fluoreto, embora em nenhuma delas os limites fixados pelas legislações federal e estadual, que são coincidentes, tenham sido ultrapassados.

No que concerne a oxigênio dissolvido, é possível visualizar, através da figura 17, que as concentrações na calha principal do rio, situam-se em torno de 7, uma vez que as observações de campo indicaram que, na estação BN22, as águas apresentaram características de transparência e nas estações BN26 e BN32, não foi registrada a presença de pocilgas, que possuem um odor característico. Já na estação localizada no Rio Braço do Norte, à montante da foz com o Rio Tubarão (BN44), houve uma diminuição abrupta na concentração de oxigênio dissolvido (4,6 ppm), porque é a estação que recebe toda a carga poluidora da sub-bacia do Rio Braço do Norte, inclusive a proveniente da suinocultura, que é uma atividade característica desta sub-bacia.

#### FIGURA 17 - VARIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO NAS ESTAÇÕES LOCALIZADAS NO RIO BRAÇO DO NORTE

Ao longo do Rio Braço do Norte, constata-se um declínio na concentração de DBO, de montante para jusante, conforme pode ser visto na figura 18, o que leva a crer em um processo natural de autodepuração. Ainda assim, a concentração obtida na estação BN44, situada próximo a foz do Rio Braço do Norte, acusou um valor acima do recomendado para águas de classe 2 (5 ppm O<sub>2</sub> - Res. CONAMA 20/86), embora apresente condição de qualidade compatível com o limite fixado para DBO na classe 3 (10 ppm O<sub>2</sub> - Res. CONAMA 20/86).

#### FIGURA 18 - VARIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO NAS ESTAÇÕES LOCALIZADAS NO RIO BRAÇO DO NORTE

Os cálculos do Índice de Qualidade de Água (IQA) revelaram que a maioria das estações foi classificada para fins de abastecimento público como ACEITÁVEL, com exceção das estações BN28, BN33, BN34 e BN38 que foram classificadas como BOA. A tabela 27 apresenta o índice obtido em cada estação de amostragem, bem como sua classificação.

#### TABELA 27 - ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA PARA AS ESTAÇÕES DA SUB-BACIA DO RIO BRAÇO DO NORTE

Os índices obtidos nas estações foram semelhantes em função da constância dos resultados analíticos, com variações significativas apenas no teor de sólidos totais, decorrente das chuvas ocorridas em dias anteriores a coleta, que, certamente, contribuíram com turbidez e sólidos em suspensão nos corpos d'água.

#### 5.3.3 Sub-bacias do Rio Azambuja, Rio Caruru e do Rio do Pouso

As estações de amostragem das sub-bacias do Rio Azambuja, do Rio Caruru e do Rio do Pouso e suas localizações estão expressas na tabela 28 e mapa 8.

A estação de amostragem, designada por RPO45, situa-se no Rio do Pouso, à montante da confluência com o Rio Tubarão, na estrada que liga Tubarão a Rio do Pouso, próximo à Estação de Águas Termas da Guarda. Influência de lavouras e criação de gado.

#### TABELA 28 - COORDENADAS GEOGRÁFICAS DAS ESTAÇÕES DE

## AMOSTRAGEM DAS SUB-BACIAS DO RIO AZAMBUJA, DO RIO CARURU E DO RIO DO POUSO

A estação de amostragem RCRU46 situa-se no Rio Caruru, à montante da confluência com o Rio Tubarão. Recebe contribuição de lavouras, criação de gado, esgotos domésticos e serraria.

A estação de amostragem, designada por RA, situa-se no Rio Azambuja, à montante da confluência com o Rio Tubarão. Influência de fecculárias, viticultura e fruticultura. Os resultados das análises realizadas em abril de 1998 são apresentados na tabela 29.

### TABELA 29 - RESULTADOS OBTIDOS PARA AS SUB-BACIAS DO RIO DO POUSO, DO RIO CARURU E DO RIO AZAMBUJA

Os cursos d'água das sub-bacias do Rio do Pouso, do Rio Caruru e do Rio Azambuja estão enquadrados pela Portaria GAPLAN 024/79 como classe 2. Isto significa que as águas coletadas para análise têm seus usos pretendidos e limites fixados pela Portaria MINTER 013/76, que são coincidentes com os estabelecidos pelo Decreto Estadual 14250/81. Segundo estas legislações, as águas destas sub-bacias são destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional, à irrigação de hortaliças ou plantas frutíferas e à recreação de contato primário (natação, esqui-aquático e mergulho).

A figura 19 apresenta a variação de pH nas estações RPO45, RCRU46, RA-19, cujos valores estão situados dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 20/86.

### FIGURA 19 - VARIAÇÃO DE PH NAS SUB-BACIAS DO RIO DO POUSO, DO RIO CARURU E DO RIO AZAMBUJA

Através da figura 20, pode-se visualizar a variação da concentração de oxigênio dissolvido, que em todas as estações supera o limite mínimo estabelecido em lei (5 ppm O<sub>2</sub>), o que é um bom indicativo, principalmente para a estação RPO45, que se localiza nas proximidades da estação de águas termais da Guarda.

### FIGURA 20 - VARIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO NAS SUB-BACIAS DO RIO DO POUSO, DO RIO CARURU E DO RIO AZAMBUJA

No que concerne a coliformes totais e fecais, a condição de qualidade das águas da estação RA19, localizada na foz do Rio Azambuja está em desacordo com o enquadramento estabelecido pela Portaria GAPLAN 024/79 e com os limites fixados para classe 2 pelas legislações federal e estadual. Convém salientar que para este estudo foi realizada 1 amostragem e que os valores estabelecidos por lei referem-se a 80% (oitenta por cento) ou mais, de pelo menos, 5 amostra colhidas, num período de até 5 semanas consecutivas.

Os cálculos do Índice de Qualidade de Água (IQA) revelaram que as estações RPO45, RCRU46 e RA19 foram classificadas para fins de abastecimento público como ACEITÁVEL, sendo que a estação RPO45 apresentou um índice muito próximo da classe BOA, como pode ser visto na tabela 30.

### TABELA 30 - ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA PARA AS ESTAÇÕES DAS SUB-BACIAS DO RIO DO POUSO, RIO CARURU E RIO AZAMBUJA

#### 5.3.4 Sub-bacia do Rio Capivari

A sub-bacia do Rio Capivari apresenta, além das fontes de poluição já citadas, problemas de poluição inorgânica, devido à localização das bacias de sedimentação

de cinzas do Complexo Termelétrico Jorge Lacerda e das bacias de sedimentação de finos de carvão do Lavador de Capivari, que está desativado desde 1989.

As bacias de sedimentação de cinzas se localizam à margem direita do Rio Capivari, próximo à foz e são utilizadas como um método de remoção por via hidráulica de cinzas pesadas e leves, geradas na combustão do carvão mineral em uma usina termelétrica. As cinzas possuem características alcalinas e, de acordo com os resultados apresentados pela ELETROSUL em 1990, os elevados índices de pH propiciam a precipitação da maioria dos metais presentes em sua composição. Na margem esquerda do Rio Capivari, também próximo à foz, localizam-se as bacias de sedimentação de finos de carvão do Lavador de Capivari (LAVACAP), que se caracterizam por uma fração fina, proveniente da britagem do carvão, que é arrastada pelas águas, conferindo-lhe cor preta com grande quantidade de sólidos finos em suspensão. Devido às características do carvão de Santa Catarina e ao sistema de tratamento que era empregado no LAVACAP, o efluente caracterizou-se por elevados teores de sulfatos e sólidos, decorrentes do processo de britagem, jigagem e outros que compreendiam o beneficiamento do carvão pré-lavado, associado com o sistema de tratamento dos efluentes do lavador de Capivari, que não retinha esses poluentes. Os resíduos sólidos provenientes tanto das bacias de sedimentação de cinzas quanto das de sedimentação de finos de carvão podem contaminar em maior ou menor grau as águas superficiais e sub-superficiais, devido à composição química das cinzas e do carvão, às condições de lixiviação e à eficiência dos sistemas de tratamento destes efluentes.

O uso intensivo de bacias de sedimentação, como método de remoção de sólidos, deve-se à grande quantidade de rejeito, que é intrínseco ao carvão catarinense, à sua eficiência e ao seu baixo custo, pois os sólidos decantados já estão dispostos definitivamente e não precisam ser transportados para sua deposição final (VILLELA, 1989). As bacias são construídas com alturas variáveis, sendo sua conformação determinada pelas características topográficas locais. Apesar de desativado, o processo de poluição das bacias de sedimentação do LAVACAP continua, uma vez que não houve recuperação da área, de acordo com as recomendações do DNPM. As estações de amostragem e suas localizações estão expressas na tabela 31 e mapa 7.

#### TABELA 31 – COORDENADAS GEOGRÁFICAS DAS ESTAÇÕES DE AMOSTRAGEM NA SUB-BACIA DO CAPIVARI.

#### MAPA 7: QUALIDADE DAS ÁGUAS NA SUB-BACIA DO RIO CAPIVARI.

A estação de amostragem, designada por RCA48, situa-se no alto vale do Rio Capivari, à montante da cidade de São Bonifácio. As águas são aparentemente limpas.

A estação de amostragem, designada por RCA49, situa-se no Rio da Serraria, à montante da confluência com o Rio Capivari, acima da cidade de São Bonifácio.

A estação de amostragem RCA50 localiza-se no alto vale do Rio Capivari, à jusante da cidade de São Bonifácio.

A estação de amostragem RCA51 situa-se no alto vale do Rio Capivari, à jusante da cidade de São Bonifácio. É considerado um ponto intermediário.

A estação de amostragem, designada por RCA52, situa-se no alto vale do Rio Capivari, sobre uma ponte, à montante da confluência com o Rio dos Ponches e 2Km acima da localidade de Santa Maria, ao lado de uma madeireira. As águas são aparentemente limpas e cristalinas.

A estação de amostragem designada por RCA53, situa-se no Rio do Ponche, à montante da confluência com o Rio Capivari, na localidade de Santa Maria. À montante está sendo construída uma usina hidrelétrica. As águas são aparentemente limpas e cristalinas.

A estação de amostragem RCA54 situa-se no Rio Sete, afluente da margem direita do Rio Capivari, à montante da confluência com este. Localiza-se próximo a uma

escolinha de madeira cor-de-rosa. Influência de lavouras, águas com leve presença de turbidez.

A estação de amostragem RCA55 situa-se no Rio Capivaras, sobre uma ponte, à montante da confluência com o Rio Capivari, próximo à cidade de São Martinho. Influência de pocilgas, serraria, lavouras e pecuária.

A estação de amostragem RCA56 situa-se no Rio Gabiroba, sobre uma ponte, à montante da confluência com o Rio Capivari. Recebe influência de pocilgas.

A estação de amostragem, designada por RCA57, situa-se no médio vale do Rio Capivari, sobre uma ponte, na localidade de Bom Jesus, na estrada Armazém/São Martinho. Recebe contribuição de esgotos domésticos, pocilgas e agricultura.

A estação de amostragem, designada por RCA58, situa-se sobre uma ponte à jusante da confluência dos rios Sanga Morta e das Corujas e à montante da confluência com o Rio Capivari. Recebe contribuição de esgotos domésticos, pocilgas, agricultura e abatedouro de animais (gado e porco).

A estação de amostragem RCA59 situa-se no Rio Cachoeira dos Macacos, à montante da confluência com o Rio Capivari.

A estação de amostragem RCA60 localiza-se sobre uma ponte, no Rio Gravatal, à montante da confluência com o Rio Capivari, a 50 metros do trevo da estrada para Armazém, na cidade de Gravatal. Recebe contribuição de pocilgas, águas termais e esgotos domésticos.

A estação de amostragem, designada por RCA61, situa-se no baixo vale do Rio Capivari, sobre uma ponte, à jusante da confluência com o Rio Batateiras. Recebe contribuição de pocilgas, rizicultura, feculares, efluentes dos hotéis das Termas do Gravatal, criação de gado e extração de areia.

A estação de amostragem RCA63 situa-se sobre uma ponte no baixo vale do Rio Capivari, à montante da confluência com o Rio Tubarão, na divisa dos municípios de Capivari de Baixo e Tubarão. Recebe contribuição dos efluentes provenientes das bacias de sedimentação de cinzas da GERASUL (ELETROSUL) e das bacias de finos de carvão do Lavador de Capivari, desativado em 1989.

Os cursos d'água da sub-bacia do Rio Capivari enquadrados como classe 1, de acordo com a Portaria 024/79, são os incluídos dentro da área do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro, delimitada no mapa 1.

Os demais cursos d'água da sub-bacia do Rio Capivari são enquadrados como classe 2, com os usos pretendidos e limites fixados pela Portaria MINTER 013/76, que são coincidentes com o Decreto Estadual 14.250/81.

Os resultados das análises realizadas em abril de 1998 são apresentados na tabela 32.

#### TABELA 32 - RESULTADOS OBTIDOS PARA AS AMOSTRAS DA SUB-BACIA DO RIO CAPIVARI

Vale a pena comentar os baixos índices de oxigênio dissolvido nas estações RCA60, RCA61 e RCA63, que apresentaram condição de qualidade em desacordo com o enquadramento, porém acima do limite estabelecido para a classe 3 que é de 4 ppm. A poluição orgânica proveniente da suinocultura, em grande parte responsável pelo baixo índice de OD na estação RCA60, confirma os conflitos existentes pelo uso da água entre os hotéis das Termas do Gravatal e os criadores de suínos.

Já nas estações RCA61 e RCA63, localizadas nas proximidades da confluência com o Rio Tubarão, é possível que os baixos índices observados sejam decorrentes de todo o processo de poluição que ocorre nesta sub-bacia.

Digno de nota, também, são os resultados de sulfatos, ferro e manganês observados nas estações localizadas à montante e à jusante das bacias de sedimentação de cinzas da GERASUL e das bacias de finos de carvão do LAVACAP.

A concentração de sulfatos sofreu uma variação abrupta entre as estações RCA61 (19,2 ppm) e RCA63 (115,2 ppm), confirmando os resultados obtidos pelo monitoramento realizado pela GERASUL (antiga ELETROSUL), nos anos de 1987/1988. A figura 21 mostra a variação de sulfatos nestas estações.

As concentrações de ferro e manganês, parâmetros característicos de poluição proveniente do carvão, também sofreram acréscimo, sendo que os valores de ferro ultrapassaram o limite estabelecido pela Resolução do CONAMA 20/86, conforme pode ser visto na tabela 32.

Os cálculos do Índice de Qualidade de Água (IQA) revelaram que a maioria das estações foi classificada para fins de abastecimento público como BOA, sendo que as estações RCA53, RCA60, RCA61 e RCA62 apresentaram índice de qualidade ACEITÁVEL, como pode ser visto na tabela 33.

#### FIGURA 21 - VARIAÇÃO DE SULFATOS NAS ESTAÇÕES RCA61 E RCA63 - SUB-BACIA DO RIO CAPIVARI

#### TABELA 33 - ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA PARA AS ESTAÇÕES DA SUB-BACIA DO RIO CAPIVARI

As estações que apresentaram índice de qualidade de água ACEITÁVEL, foram aquelas que revelaram baixos teores de oxigênio dissolvido, conforme já mencionado anteriormente.

Encerrando os comentários a respeito das sub-bacias predominantemente influenciadas pela poluição de natureza orgânica, a tabela 34 apresenta a carga poluente, em termos de sólidos totais, para as estações localizadas na foz dos rios Laranjeiras (RL14), Novo (RL15), Braço do Norte (RBN44), do Pouso (RPO45), Caruru (RCRU35), Azambuja (RA19) e Capivari (RCA63).

#### TABELA 34 - CARGA POLUENTE, EM TERMOS DE SÓLIDOS TOTAIS, PARA AS ESTAÇÕES LOCALIZADAS NA FOZ DOS RIOS LARANJEIRAS, NOVO, BRAÇO DO NORTE, DO POUSO, CARURU, AZAMBUJA E DO CAPIVARI

Através da análise dos dados apresentados na tabela 34, podemos observar a carga poluente, em termos de sólidos totais, proveniente de cada uma das sub-bacias e avaliar suas contribuições para a calha principal do Rio Tubarão.

### 5.4 SUB-BACIA DA ESTIVA DOS PREGOS

Os aspectos referentes à poluição ambiental da área do Banhado da Estiva dos Pregos tem por base a dissertação de Eliane dos Santos (1992).

A degradação ambiental nesta sub-bacia é devida, principalmente, ao depósito de rejeitos carbonosos situado no Banhado da Estiva dos Pregos, que iniciou no ano de 1943, operado pela Companhia Siderúrgica Nacional.

A intensificação do processo de degradação das áreas à jusante do banhado ocorreu principalmente no início das atividades de recuperação e concentração da pirita em 1978, realizada pela Carbonífera Metropolitana S.A., e posteriormente, em 1986, pela Coque Catarinense, para recuperação dos finos de carvão, a partir da porção emersa do depósito.

Visando isolar a área do depósito de rejeitos carbonosos e lagoas de decantação, de modo a não comprometer a área à jusante do banhado, foi construído um dique circundando a área minerada.

Com a construção do dique, as águas fluviais que atravessavam a área de lavra foram desviadas por meio de canais que passam ao seu redor e desaguam à jusante do Rio Tubarão.

Entretanto, a ausência de impermeabilização do fundo das lagoas de decantação e rompimentos localizados no dique que circunda as áreas de lavra/beneficiamento podem possibilitar a ocorrência de acidez nas águas superficiais e sub-superficiais. As águas que, via de regra, escapam do interior do dique, são coletadas pelo Córrego dos Matutos, que une-se ao Canal da Pirita, e drena para o Rio Tubarão, na sua

porção final. Segundo SANTOS (1992), é neste local que ocorrem os maiores teores de cádmio e cobalto de toda a área do banhado.

Para a avaliação da qualidade das águas superficiais nesta sub-bacia foram locadas 2 estações de amostragem que, por convenção, foram denominadas de REP64 e REP74, cujas localizações estão expressas no mapa 8.

Os resultados das análises realizadas em maio de 1998 são apresentadas na tabela 35.

#### TABELA 35 - RESULTADOS OBTIDOS PARA AS AMOSTRAS DA SUB-BACIA DA ESTIVA DOS PREGOS

A figura 22 apresenta a variação de pH nas estações REP64 e REP74, cujos valores estão situados fora dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 20/86.

#### FIGURA 22 - VARIAÇÃO DE PH NA SUB-BACIA DA ESTIVA DOS PREGOS

Através da análise da figura 23 é possível verificar que os valores obtidos para sulfatos foram elevados, sendo que para a estação REP74 ultrapassou o padrão estabelecido em lei.

#### FIGURA 23 - VARIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE SULFATOS NA SUB-BACIA DA ESTIVA DOS PREGOS

Os problemas de poluição hídrica decorrentes da mineração/ beneficiamento do carvão e/ou rejeitos são qualitativamente similares em todos os locais e não serão detalhados neste item, uma vez que foram exaustivamente comentados no item 5.2. Entretanto, cabe mostrar a gravidade do problema nesta área, o que se evidencia na foto 12.

FOTO 12 – MOSTRA O EFEITO SOBRE A VEGETAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO QUE VAZA DA BACIA DE CONTENÇÃO DO BANHADO DA ESTIVA DOS PREGOS. FOTO DE 1996 (cedida por I. P. Bortoluzzi).

FOTO 13 – ÁREA COM CRISTAIS DE SULFATO FERROSO, NO BANHADO DA ESTIVA DOS PREGOS: O VOLUME DE CONTAMINANTE FICA BEM EVIDENCIADO. NOVEMBRO DE 1998

Os cálculos do Índice de Qualidade de Água (IQA) revelaram que estas estações foram classificadas para fins de abastecimento público como IMPRÓPRIAS PARA TRATAMENTO CONVENCIONAL, conforme mostra a tabela 36.

#### TABELA 36 - ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA PARA AS ESTAÇÕES DA SUB-BACIA DA ESTIVA DOS PREGOS

De acordo com SANTOS (1992), o Banhado da Estiva dos Pregos caracteriza-se como um foco de poluição, onde valores de ferro, cobre, cromo, níquel e alumínio são extremamente elevados.

### 5.5 RIO TUBARÃO

O Rio Tubarão inicia-se na altura da Cidade de Lauro Müller, após a confluência dos rios Rocinha e Bonito, seus formadores, e comporta-se como um sistema fluvial meandrante, caracterizando-se no seu alto curso por apresentar vales profundos em

forma de “v”, encostas íngremes e leito com corredeiras (PIMIENTA, 1958). Drena a região de mineração em suas nascentes, onde ocorrem extensas áreas de mineração e depósitos de rejeitos do beneficiamento do carvão, que contribuem com elevadas concentrações de poluentes, ultrapassando os padrões de qualidade estabelecidos na legislação ambiental vigente, devido às baixas vazões. No seu médio curso, apresenta vertentes suavizadas pelo modelado de dissecação em colinas. Nesta porção, recebe seus principais afluentes, os rios Braço do Norte e Capivari, que amenizam a poluição em função da capacidade de diluição. No baixo curso, predominam os processos de deposição, dando origem a amplas planícies. Nesta porção, estão em operação usinas termelétricas que utilizam o carvão mineral como insumo para geração de energia elétrica, localizadas no Município de Capivari de Baixo e uma unidade desativada para o beneficiamento de rejeitos piritosos, localizada no Banhado da Estiva dos Pregos (BENDER, 1994). As contribuições recebidas da bacia do Rio Tubarão, do Banhado da Estiva dos Pregos, das feculárias e das áreas agricultáveis, tem contribuído para a degradação do sistema lagunar formado pelas lagoas de Santo Antônio, Imaruí e Mirim (BENDER, 1994). Para a avaliação da qualidade das águas superficiais na calha principal do Rio Tubarão, foram coletadas amostras em 6 estações estrategicamente situadas, observando, entre outros aspectos, a foz das principais sub-bacias da bacia hidrográfica. As estações de amostragem e suas localizações estão expressas na tabela 37 e mapa 8.

#### TABELA 37 - COORDENADAS GEOGRÁFICAS DAS ESTAÇÕES DE AMOSTRAGEM NO RIO TUBARÃO

A estação RT09 localiza-se no Rio Tubarão, depois da ponte que dá acesso à cidade de Lauro Müller, à jusante da confluência dos rios Rocinha e Bonito. Influência da mineração/beneficiamento do carvão mineral e esgotos domésticos.

A estação RT16 situa-se no Rio Tubarão, no Município de Orleães, à jusante da confluência do Rio Novo com o Rio Tubarão. Influência da mineração/beneficiamento do carvão mineral, esgotos domésticos, pocilgas e serrarias.

A estação RT20 localiza-se no Rio Tubarão, à jusante da confluência do Rio Tubarão com o Rio Braço do Norte, próximo à localidade de Pedrinhas. Influência de pocilgas, serrarias, plantações diversas com predominância de fumo e milho.

A estação RT47 situa-se no Rio Tubarão, no município de mesmo nome, junto a captação de água da CASAN para abastecimento das cidades de Tubarão e Capivari de Baixo.

A estação RT62 situa-se no Rio Tubarão, à jusante da confluência do Rio Tubarão com o Rio Capivari e à jusante do canal de fuga da água de refrigeração da GERASUL (antiga ELETROSUL). Recebe contribuição do esgotamento sanitário da Cidade de Tubarão.

A estação RT95 situa-se na foz do Rio Tubarão e permite avaliar a qualidade da água que deságua no sistema lagunar. Influência de lavouras de arroz e dos rejeitos piritosos depositados no Banhado da Estiva dos Pregos.

As águas do Rio Tubarão estão enquadradas como classe 2, de acordo com a Portaria GAPLAN 024/79 e, portanto, as estações de amostragem situadas na calha principal do rio, devem atender os padrões de qualidade estabelecidos para águas de classe 2.

Os resultados da coleta realizada em abril de 1998 estão apresentados na tabela 38 e mapa 8.

#### TABELA 38 - RESULTADOS OBTIDOS PARA AS AMOSTRAS DO RIO TUBARÃO

#### MAPA 8: QUALIDADE DAS ÁGUAS NO RIO TUBARÃO

Analisando a figura 24 constata-se que na estação RT09, localizada à jusante da confluência dos rios Rocinha e Bonito, seus formadores, o Rio Tubarão apresenta baixo pH, em função da mineração e dos depósitos de rejeitos do beneficiamento do carvão, solubilizando alguns metais como, ferro, manganês, chumbo, cobre, cromo e zinco que, conforme as análises agora realizadas, têm suas concentrações diminuídas somente nas proximidades da foz do Rio Tubarão, nas imediações do sistema lagunar. O valor de pH permanece abaixo do fixado pela legislação na estação RT16, devido ao aporte de águas da sub-bacia do Rio Laranjeiras, onde se localizam minas de encosta abandonadas e, neste sentido é oportuno comentar que o processo poluidor permanece, enquanto as áreas degradadas não forem devidamente recuperadas. Na estação RT20 o valor de pH sofre um acréscimo, devido as características alcalinas das águas da sub-bacia do Rio Braço do Norte, onde existe mineração de fluorita.

A partir desta estação, o Rio Tubarão recebe o aporte de águas de melhor qualidade, devido às características levemente alcalinas das sub-bacias do Rio Capivari e do Rio Braço do Norte, as maiores em volume d'água da bacia hidrográfica, que se reflete nos índices de pH observados nas estações RT47, RT60 e RT95, que estão de acordo com os limites fixados em lei.

#### FIGURA 24 - VARIAÇÃO DE PH AO LONGO DO RIO TUBARÃO

No que concerne a oxigênio dissolvido, as variações na concentração ao longo do Rio Tubarão (fig.25) são decorrentes dos processos produtivos desenvolvidos nas principais sub-bacias. Os índices são baixos quando o oxigênio é consumido para a oxidação da pirita e também quando é consumido para oxidação da matéria orgânica.

Assim, nas estações onde predomina a poluição proveniente da mineração/beneficiamento do carvão e/ou rejeitos, e também aquela proveniente da suinocultura e dos esgotos domésticos, os valores detectados são baixos e algumas vezes em desacordo com o enquadramento estabelecido em lei.

#### FIGURA 25 - VARIAÇÃO NA CONCENTRAÇÃO DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO AO LONGO DO RIO TUBARÃO

Com relação aos sólidos totais ao longo do rio, vale a pena comentar a variação abrupta na estação RT95 (fig. 26), que pode ser explicada pela localização da estação, à jusante da sub-bacia da Estiva dos Pregos, que recebe toda a poluição proveniente dos rejeitos piritosos depositados no Banhado da Estiva dos Pregos, além da contribuição das demais fontes de poluição localizadas na bacia.

#### FIGURA 26- VARIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS TOTAIS AO LONGO DO RIO TUBARÃO

Os cálculos do Índice de Qualidade de Água (IQA) revelaram que a estação RT09 foi classificada para fins de abastecimento público como IMPRÓPRIA PARA TRATAMENTO CONVENCIONAL, resultado obtido também para as estações localizadas na foz dos rios Rocinha e Bonito, formadores do Rio Tubarão. O índice é decorrente dos baixos valores de pH e oxigênio dissolvido associados à presença de coliformes fecais e concentrações elevadas de sólidos totais e DBO. As estações RT16 e RT20 que têm influência de mineração de carvão e suinocultura, apresentaram índice de qualidade ACEITÁVEL. A estação RT47, que situa-se no Rio Tubarão, na captação de água da CASAN para o abastecimento das cidades de Tubarão e Capivari de Baixo também apresentou índice de qualidade ACEITÁVEL. Na estação RT62 o índice de qualidade foi compatível com a classe BOA, uma vez que a mesma situa-se à jusante da sub-bacia do Rio Capivari, onde a maioria das estações apresentou este índice de qualidade, com exceção das situadas próximo à foz. Na estação RT95, situada à jusante da sub-bacia da Estiva dos Pregos, o índice decresceu, apresentando qualidade compatível com a classe ACEITÁVEL, uma vez

que as estações localizadas nesta sub-bacia apresentaram qualidade IMPRÓPRIA PARA TRATAMENTO CONVENCIONAL.

A tabela 39 apresenta o índice obtido em cada estação de amostragem, bem como sua classificação.

#### TABELA 39 - ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA PARA AS ESTAÇÕES DO RIO TUBARÃO

### 5.6 - SISTEMA LAGUNAR

O Sistema Lagunar inclui as lagoas de Santo Antônio, Imaruí e Mirim e as sub-bacias que desagüam diretamente dentro deste sistema, denominadas de bacia do Rio D'Una, do Rio Aratingaúba, do Rio Mané Chico, do Rio Tombo D'Água, do Rio do Siqueiro e o Ribeirão do Saco Grande.

O principal conflito pelo uso da água está relacionado à rizicultura, que consiste na semeadura em solo inundado com sementes pré - germinadas, e é uma atividade desenvolvida em parte da planície das bacias do Rio D'Una e do Rio Aratingaúba. Segundo LOPES (1998), a utilização de diversos produtos químicos, nas várias etapas do cultivo do arroz, vem gerando conflitos pelo uso da água com os pescadores do complexo lagunar (lagoas de Santo Antônio, Imaruí e Mirim), que afirmam que a pesca vem diminuindo devido à contaminação das águas; alvo de notícias em jornais desde 1993, quando houve grande mortandade de peixes e mau cheiro provenientes das águas da Lagoa do Mirim e da bacia do Rio D'Una.

Através da análise multitemporal da bacia do Rio D'Una, LOPES (1998) constatou que a área ocupada com o cultivo do arroz irrigado aumentou, de 1957 até 1994 (37 anos), quase 200%.

Outro fato importante citado por LOPES (1998), diz respeito à captação de água na bacia do Rio D'Una, para o abastecimento do Município de Imituba, que gerou conflitos entre a população e os rizicultores, culminando na Ação Civil Pública nº 213/95. A ação foi baseada nos possíveis problemas de saúde decorrentes de resíduos de produtos químicos contidos na água, e que eventualmente não são eliminados pelo tratamento de água.

A seguir serão apresentadas algumas considerações sobre o estudo realizado nas lagoas de Santo Antônio, Imaruí e Mirim pelo Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias - INPH em parceria com a UNISUL, em 1994.

A tabela 40 apresenta os resultados da análise de alguns parâmetros medidos na Lagoa do Mirim.

#### TABELA 40 - RESULTADOS DAS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS NA LAGOA DO MIRIM

A concentração de matéria orgânica e a presença de coliformes próximo à foz do Rio D'Una foi atribuída às populações de Roça Grande, Guaiúba, Itapeva, Mirim e Nova Brasília. Os coliformes têm um ambiente de razoável sustentação, devido à disponibilidade de matéria orgânica, baixa salinidade e pouca circulação das águas. A baixa turbidez e o teor relativamente alto de ferro encontrado no material de fundo da lagoa, podem ser explicados pelo poder coagulante do ferro, que precipita e transporta para o fundo microrganismos e material em suspensão.

A tabela 41 apresenta os resultados da análise de alguns parâmetros medidos na Lagoa do Imaruí.

#### TABELA 41 - RESULTADOS DAS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS NA LAGOA DO IMARUÍ

Na região de Cabeçuda e Imaruí, o ambiente é propício para a proliferação de

microrganismos redutores de sulfatos com produção de mau cheiro, devido às elevadas concentrações de matéria orgânica, presença de sulfatos e baixos índices de oxigênio dissolvido.

A tabela 42 apresenta os resultados da análise de alguns parâmetros medidos na Lagoa de Santo Antônio.

A Lagoa de Santo Antônio é o canal de comunicação de todo o sistema lagunar. Os poluentes carreados pelo Rio Tubarão, quando a maré é enchente, desviam-se para dentro da Lagoa de Santo Antônio e por intermédio dela para as lagoas de Imaruí e Mirim. Acredita-se que as concentrações de ferro, detectadas nos sedimentos de fundo das lagoas, e a de sulfatos sejam transportadas pelo Rio Tubarão. O transporte de ferro é através de mistelas em suspensão, com sucessivas deposições de fundo combinadas com o equilíbrio redox. Já o processo de difusão de sulfatos não é direcionado pela influência de retenções no retorno de maré e fica dependente do transporte por gradiente de concentração.

As figuras apresentadas a seguir mostram a variação de DBO, OD, sulfatos, ferro, coliformes totais e fecais nas lagoas de Santo Antônio, Imaruí e Mirim, de acordo com os resultados do INPH/UNISUL - 1994.

#### TABELA 42 - RESULTADOS DAS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS NA LAGOA DE SANTO ANTÔNIO

FIGURA 27 - VARIAÇÃO DE DBO NAS LAGOAS DE SANTO ANTÔNIO, IMARUÍ E MIRIM

FIGURA 28 - VARIAÇÃO DE OD NAS LAGOAS DE SANTO ANTÔNIO, IMARUÍ E MIRIM

FIGURA 29 - VARIAÇÃO DE SULFATOS NAS LAGOAS DE STO ANTÔNIO, IMARUÍ E MIRIM

FIGURA 30 - VARIAÇÃO DE FERRO NAS LAGOAS DE STO. ANTÔNIO, IMARUÍ E MIRIM

FIGURA 31 -VARIAÇÃO DE COLIFORMES TOTAIS E FECAIS NAS LAGOAS

A tabela 43 apresenta uma comparação entre o material de fundo do Complexo Lagunar, coletado nos anos de 1983 e 1994.

#### TABELA 43 - COMPARAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DO MATERIAL DE FUNDO DO COMPLEXO LAGUNAR, COLETADO NOS ANOS DE 1984E 1993

É evidente a correlação entre o material de fundo em termos de metais e a composição das águas. A proposta de mecanismo de transferência dos metais segue as seguintes etapas:

- A - chegada pelo canal do Rio Tubarão;
- B – mudança de valência;
- C - adsorção superficial à matéria orgânica;
- D - formação de flocos e coágulos;
- E – transporte por correntes de marés ascendentes;
- F – sedimentação e bloqueio de influência da maré vazante;
- G – mudança de valência;
- H – mudança na matéria orgânica;
- I – ressolubilização;
- J - transporte por corrente associado a transporte por difusão.

A tabela 44 apresenta os resultados das análises realizadas na foz dos rios que desaguam no sistema lagunar e que podem ser comparados com os valores obtidos no presente estudo.

Nos resultados apresentados na tabela 44, podem estar as explicações para as alterações nas características do pescado, manifestadas pelos pescadores e motivo de muitas polêmicas na região. Segundo pesquisadores da UNISUL, qualquer uma das hipóteses apresentadas a seguir são viáveis:

- 1 - metais pesados, especialmente os trivalentes ou de valência superior, podem diminuir a capacidade motora e alterar o sabor do pescado;
- 2 - detergentes e óleos e graxas utilizados amplamente pela população ribeirinha. Vale a pena ressaltar que em 1993 houve denúncias de que postos de gasolina, localizados na BR101, estariam despejando na Lagoa Mirim esgoto com significativa quantidade de óleos e graxas e detergentes;
- 3 - teores de pesticidas clorados nas bacias dos rios D'Una e Aratingaúba. De acordo com a bibliografia consultada, os efeitos dos pesticidas sobre o pescado são semelhantes aos descritos pelos pescadores. A pressão dos pescadores sobre as autoridades culminou com a colocação de taipas nas lavouras, como forma de proteger os mananciais.

#### TABELA 44 - RESULTADOS DAS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS REALIZADAS NA FOZ DOS RIOS D'UNA, ARATINGAÚBA, MANÉ CHICO, SIQUEIRO E TUBARÃO NO INÍCIO DA DÉCADA DE 1990.

Para a avaliação da qualidade das águas superficiais, no presente estudo, foram coletadas amostras de água em 11 estações localizadas na bacia do Rio D'Una, 4 localizadas na bacia do Rio Aratingaúba, 1 no Ribeirão do Saco Grande, 1 no Rio Mané Chico e 1 no Rio Siqueiro.

As estações de amostragem e suas localizações estão expressas na tabela 44 e mapa 9.

#### TABELA 45 - COORDENADAS GEOGRÁFICAS DAS ESTAÇÕES DE AMOSTRAGEM DO SISTEMA LAGUNAR

A estação de amostragem SL75 situa-se no Rio Espraiado, à montante da localidade de Espraiado, que está praticamente abandonada. As observações de campo denotam que o rio apresenta águas claras e cristalinas, aparentemente não poluídas, com bastante fluxo entre os seixos rolados.

A estação de amostragem SL76 localiza-se sobre uma ponte, à montante da foz de um rio que não possui nome nas cartas topográficas do IBGE com o Rio D'Una. Recebe contribuição de esgotos domésticos e criação de animais. As águas são cristalinas e aparentemente sem poluição.

A estação de amostragem designada por SL77 situa-se sobre uma ponte, à montante da foz de um outro rio que não possui nome nas cartas topográficas do IBGE com o Rio D'Una, próximo à escola da Barrinha. Recebe contribuição de criação de gado e esgotos domésticos. As águas são cristalinas, com presença de pequenos lambaris.

A estação de amostragem SL78 situa-se sobre uma ponte no Rio Araçatuba, na localidade de Penha. Recebe contribuição de criação de gado e esgotos domésticos. As águas apresentam leve turbidez.

A estação de amostragem designada por SL79 situa-se no Rio Chicão, à montante da confluência com o Rio D'Una. O acesso a esta estação é através de uma estrada de taipa, coberta por gramíneas, que margeia o Rio Chicão até a foz com o Rio D'Una. Segundo observações de campo, existem extensas lavouras de arroz em ambas as margens do Rio Chicão.

A estação de amostragem SL80 localiza-se à montante da estação SL79, sobre uma ponte de madeira no Rio Chicão, na localidade de Laranjal. Influência de esgotos domésticos e criação de gado. As águas são cristalinas, com presença de pequenos e médios lambaris.

A estação SL81 localiza-se no Rio Forquilha, à jusante da confluência de dois rios não denominados nas cartas topográficas do IBGE. Não recebe contribuição do cultivo do arroz, mas sim de esgotos domésticos e criação de gado. As águas são cristalinas, com presença de pequenos e médios lambaris. A lâmina d'água apresenta profundidade aproximada de 102 metros, com pouco fluxo.

A estação de amostragem, designada por SL82, situa-se no médio vale do Rio D'Una, à montante da foz do Rio Araçatuba. Recebe influência da maré, de esgotos domésticos, da criação de gado e principalmente do arroz irrigado cultivado, tanto na margem direita, quanto na esquerda. A lâmina d'água é profunda, com pouco fluxo.

A estação de amostragem SL83 localiza-se à montante de áreas com plantio de arroz, sobre uma ponte de madeira no Rio Cachoeira dos Inácios, na localidade de mesmo nome. Influência de esgotos domésticos e criação de gado. As águas são cristalinas com presença de pequenos peixes.

A estação de amostragem SL84 situa-se sobre uma ponte de concreto no Riacho Ana Matias, na localidade de mesmo nome. Grande área cultivada com arroz à jusante da estação. Águas aparentemente limpas.

A estação de amostragem, designada por SL85, situa-se sobre uma ponte de concreto, à montante da foz do Rio D'Una com a Lagoa do Mirim. Recebe contribuição de todas as fontes de poluição da bacia, sendo o cultivo do arroz irrigado a mais expressiva.

A estação de amostragem SL86 situa-se sobre uma ponte no Ribeirão do Saco Grande, na localidade de Fazenda São Paulo, a 500 metros da Capela São Paulo. O acesso é pela estrada de asfalto Nova Brasília/Imaruí. Influência de esgotos domésticos e criação de gado. Apresenta pequena vazão e águas claras; grande plantação de arroz à jusante do ponto.

A estação de amostragem SL87 localiza-se no Rio 3 Cachoeiras, à montante da confluência com o Rio Aratingaúba, na localidade de mesmo nome. Influência de lavouras de arroz.

A estação de amostragem SL88 situa-se no Rio Aratingaúba, à montante da confluência deste com um rio não denominado nas cartas topográficas do IBGE.

A estação de amostragem SL89 situa-se no Rio Aratingaúba, à jusante da confluência deste com um outro rio não denominado nas cartas topográficas do IBGE. Influência de lavouras de arroz.

A estação de amostragem SL90 situa-se à montante da confluência de um rio não denominado nas cartas topográficas do IBGE com o Rio Aratingaúba, junto as lavouras de arroz.

A estação de amostragem SL91 situa-se 100 metros à jusante da ponte de madeira sobre o Rio Mané Chico, próximo a um coqueiral, na localidade que dá acesso a Gangeri de Fora. As observações de campo indicam que o Rio Mané Chico está totalmente assoreado e com águas paradas à montante da confluência com um afluente pela margem direita. À jusante da confluência, o rio apresenta boa vazão. Águas levemente turvas, com influência de esgotos domésticos e criação de gado.

A estação SL92 localiza-se no estreito entre as lagoas Mirim e Imaruí. Tem a finalidade de comparar os dados atuais com os obtido em 1994.

A estação SL93 situa-se no Rio Siqueiro, na localidade de mesmo nome. Influência de plantação de arroz e criação de gado.

A estação SL94 localiza-se no estreito entre as lagoas Imaruí e Santo Antônio, à montante da ponte de Cabeçuda. Tem a finalidade de comparar os dados atuais com os obtido em 1994.

Os cursos d'água do Sistema Lagunar enquadrados como classe 1, de acordo com a Portaria 024/79, são os do Rio D'Una e seus afluentes, das nascentes até a foz, na laguna Mirim.

Os demais cursos d'água do Sistema Lagunar são enquadrados como classe 2, com os usos pretendidos e limites fixados pela Portaria MINTER 013/76, que são coincidentes com o Decreto Estadual 14.250/81.

Os resultados das análises realizadas em maio de 1998 são apresentados na tabela 46.

#### TABELA 46 - RESULTADOS OBTIDOS PARA AS AMOSTRAS DO SISTEMA LAGUNAR

Os cálculos do Índice de Qualidade de Água (IQA) revelaram que a maioria das estações foi classificada para fins de abastecimento público como BOA, sendo que as estações SL79, SL82, SL85, SL90 e SI91 apresentaram índice de qualidade ACEITÁVEL, como pode ser visto na tabela 47.

#### TABELA 47 - ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA PARA AS ESTAÇÕES DO SISTEMA LAGUNAR

As estações que apresentaram índice de qualidade de água ACEITÁVEL, foram aquelas que sofrem influência da cultura do arroz irrigado.

Os estudos realizados por LOPES (1998), concluíram que em área de arroz, os metais mais encontrados são: cromo, cobalto, níquel, cobre, zinco, arsênio, cádmio, mercúrio, tálio e chumbo, sendo que alguns ultrapassam os limites estabelecidos pela legislação federal.

A tabela 48 apresenta as concentrações dos metais analisados por LOPES (1998) em estações localizadas, respectivamente, na foz do Rio Chicão e na foz do Rio D'Una, que são coincidentes com estações demarcadas pela UNISUL (1998), para este estudo.

#### TABELA 48 - METAIS ANALISADOS NA FOZ DO RIO CHICÃO E NA FOZ DO RIO D'UNA

As estações situadas na foz do Rio Chicão e na foz do Rio D'Una recebem intensa influência do cultivo do arroz e foram classificadas para fins de abastecimento público como ACEITÁVEL, de acordo com o cálculo do IQA.

## 6 - CONCLUSÕES

Neste estudo buscou-se alcançar uma visão da qualidade das águas superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio Tubarão, que possui agentes de degradação diferenciados, de acordo com as características físicas e uso do solo de cada uma das sub-bacias que a compõem.

Na porção oeste da bacia, onde se situa parte da bacia carbonífera sul-catarinense, os problemas ambientais são decorrentes da exploração do carvão, que ocasiona a disposição de grande quantidade de material estéril que, via de regra, não é recoberto e que resulta em poluição.

Segundo GOTHE (1993), o material estéril considerado como sem maior valor econômico, foi sendo depositado a menor distância de transporte possível, gerando extensas áreas cobertas com rejeitos piritosos ricos em enxofre e metais pesados, extremamente acidificantes quando em contato com o ar e a água, e sujeito à autocombustão com geração de gases tóxicos.

De acordo com BENDER (1998), esta situação é crítica nas sub-bacias do Rio Rocinha, do Rio Bonito, do Rio Oratório e do Rio Palmeiras, onde as empresas de mineração/beneficiamento livraram-se dos rejeitos sólidos empilhando-os a céu aberto e depois despejando-os em terrenos baixos próximo das margens dos rios, comprometendo os usos da água, tanto para as comunidades locais, que vivenciam os problemas, como para a bacia hidrográfica como um todo, já que os problemas de poluição que ocorrem nas nascentes prejudicam as demais atividades de jusante desenvolvidas na bacia.

Nestas sub-bacias, foram demarcadas 10 estações de amostragem para avaliar a qualidade das águas e os resultados mostraram que os problemas de poluição na foz dos rios Rocinha, Bonito e Palmeiras são evidenciados por baixos índices de pH e elevadas concentrações de sulfatos, sólidos totais e metais, como ferro, manganês e zinco.

Os cálculos do Índice de Qualidade de Água (IQA) revelaram que as estações localizadas nas nascentes dos rios Rocinha (RR03) e Bonito (RB01) foram classificadas para fins de abastecimento público como BOAS. As estações localizadas à jusante das atividades de mineração/beneficiamento do carvão, na foz dos rios Bonito (RB02), Rocinha (RR04) e Palmeiras (RP18) foram classificadas como IMPRÓPRIAS PARA TRATAMENTO CONVENCIONAL, enquanto que os índices obtidos para as demais classificaram as mesmas como ACEITÁVEL.

Nas sub-bacias do Rio Braço do Norte e do Rio Capivari, ambas localizadas na porção norte da bacia, a poluição é principalmente derivada da suinocultura, além de problemas ambientais específicos de cada uma, como por exemplo, os decorrentes da mineração de fluorita no médio vale do Rio Braço do Norte, e os provenientes dos efluentes das bacias de sedimentação de cinzas do Complexo Termelétrico Jorge Lacerda e das bacias de sedimentação de finos de carvão do Lavador de Capivari (desativado), no baixo vale do Rio Capivari.

Na sub-bacia do Rio Braço do Norte foram demarcadas 23 estações de amostragem e os resultados mostraram que as estações localizadas no alto e médio vale apresentam características alcalinas decorrentes das minerações de fosfato e fluorita, respectivamente. Constatou-se um declínio na concentração de DBO, de montante para jusante, o que leva a crer em um processo natural de autodepuração.

Os cálculos do Índice de Qualidade de Água (IQA) revelaram que a maioria das estações, nesta sub-bacia, foi classificada para fins de abastecimento público como ACEITÁVEL.

Na sub-bacia do Rio Capivari foram demarcadas 15 estações de amostragem para avaliar a qualidade das águas e os resultados apontaram baixos índices de oxigênio dissolvido na estação localizada no Rio Gravatal (RCA60), confirmando os conflitos existentes pelo uso da água entre os hotéis das Termas do Gravatal e os criadores de suínos.

Digno de nota, também, foram as variações abruptas nas concentrações de sulfatos, ferro e manganês, parâmetros característicos de poluição proveniente do carvão, nas estações localizadas no Rio Capivari à montante (RCA61) e à jusante (RCA63) das bacias de sedimentação de cinzas da GERASUL e das bacias de finos de carvão do LAVACAP.

Os cálculos do Índice de Qualidade de Água (IQA) revelaram que a maioria das estações foi classificada para fins de abastecimento público como BOA, sendo que as estações RCA53, RCA60, RCA61 e RCA62 apresentaram índice de qualidade ACEITÁVEL.

Na porção sul da bacia, a poluição é decorrente das feculárias localizadas na sub-bacia do Rio Jaguaruna, e principalmente da disposição dos rejeitos piritosos da mineração no Banhado da Estiva dos Pregos, que drena para a bacia do Rio Tubarão, através da sub-bacia da Estiva dos Pregos.

Na sub-bacia do Rio Jaguaruna foram demarcadas 7 estações de amostragem para avaliar a qualidade da água e os resultados mostraram que a estação localizada nas nascentes do Rio dos Correias foi classificada para fins de abastecimento público como ÓTIMA, por apresentar um valor extremamente próximo à classe de melhor qualidade. A estação localizada no Rio Jaguaruna (RJ71) foi classificada como IMPRÓPRIA PARA TRATAMENTO CONVENCIONAL, porque recebe o esgotamento sanitário da Cidade de Jaguaruna, com índices elevados de coliformes fecais. O cálculo efetuado para as demais estações classificaram as mesmas como ACEITÁVEL.

Na sub-bacia da Estiva dos Pregos foram demarcadas duas estações, ambas classificadas de acordo com o Índice de Qualidade de Água (IQA), como IMPRÓPRIA PARA TRATAMENTO CONVENCIONAL, em função de valores baixos de pH e oxigênio dissolvido, solubilizando diversos metais associados ao carvão.

Segundo SANTOS (1992), a baixa circulação das águas no banhado permite que substâncias tóxicas como os metais pesados, possam ser depositados e acumulados no sistema lagunar situado à jusante do Banhado da Estiva dos Pregos.

Na porção leste, os problemas ambientais estão relacionados à cultura do arroz irrigado nas sub-bacias do Rio D'Una e do Rio Aratingaúba.

Na calha principal do Rio Tubarão foram demarcadas 6 estações de amostragem, sendo que a estação localizada próximo as nascentes apresentou índice de qualidade IMPRÓPRIA PARA TRATAMENTO CONVENCIONAL, devido às atividades de mineração/beneficiamento do carvão em suas nascentes. A qualidade das águas no Rio Tubarão melhora de montante para jusante, em função do aporte de águas de melhor qualidade, apresentando índices de qualidade compatíveis com a classe ACEITÁVEL.

No sistema lagunar foram demarcadas 18 estações de amostragem; a maioria foi classificada para fins de abastecimento público como BOA, sendo que as estações que apresentaram índice de qualidade ACEITÁVEL, foram aquelas que sofrem influência dos produtos químicos aplicados no arroz irrigado.

Discussões acirradas têm sido realizadas entre arroteiros, pescadores artesanais e população abastecida pelas águas do Rio D'Una, em virtude do rio ser utilizado como escoadouro de descargas poluentes, inviabilizando seu acesso a todos os usuários, que acreditam que resíduos de produtos químicos contidos na água podem ter sérios reflexos na saúde da população. O uso de agrotóxicos, juntamente com outros fatores, como aumento do número de pescadores, pesca predatória e efluentes diversos, vem sendo apontado como uma das causas para a diminuição da quantidade e da qualidade do pescado, prejudicando um número considerável de famílias que vivem desta atividade (LOPES, 1998).

Salienta SANTOS (1992) que o ecossistema lagunar é reiteradamente referido como de equilíbrio frágil, sendo que qualquer alteração nas suas condições físico-químicas, pode mobilizar e tornar disponíveis os elementos químicos, como metais pesados, para incorporação na biota. Dentre os diversos poluentes de origem antrópica, estes elementos se caracterizam por um comportamento conservativo no meio, isto é, não são eliminados por processos naturais e eventualmente podem ser incorporados pelo homem através da sua translocação ao longo da cadeia alimentar costeira.

*Ao final deste estudo, chega-se à conclusão de que a falta de uma tradição política e educacional de preservação dos recursos hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Tubarão, como na maior parte das bacias hidrográficas do Estado de Santa Catarina, consolidou práticas conflitantes nos muitos e variados usos da água pela sociedade, incluindo o uso indiscriminado e o desperdício, que também fazem parte da nossa cultura.*

*Neste sentido, uma das contribuições deste estudo é servir de instrumento de conscientização, contribuindo para uma mudança de atitudes, de forma que cada cidadão assuma um compromisso com o ambiente em que vive.*

---