

# **DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DO RIO CRICIÚMA, CRICIÚMA, SANTA CATARINA**

**FUNDAÇÃO DE MEIO AMBIENTE DE CRICIÚMA - FAMCRI**

**Criciúma, junho de 2012**

## **UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE – UNESC**

Prof. Dr. Gildo Volpato - *Reitor*

Prof. Dr. Márcio Fiori - *Vice-Reitor*

## **PARQUE CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO - IPARQUE**

Prof. Dr. Elídio Angioletto - *Diretor*

## **INSTITUTO DE PESQUISAS AMBIENTAIS E TECNOLÓGICAS - IPAT**

Prof. MSc. Clóvis Norberto Savi - *Gerente*

Prof. MSc. Sérgio Luciano Galatto - *Coordenador do Setor de Projetos Ambientais*

## **PREFEITURA MUNICIPAL DE CRICIÚMA - PMC**

Clésio Salvaro - *Prefeito Municipal*

Márcio Búrigo - *Vice-prefeito Municipal*

## **FUNDAÇÃO DE MEIO AMBIENTE DE CRICIÚMA - FAMCRI**

Giovano Izidoro - *Presidente*

Tarciso Pereira - *Diretor Administrativo e Financeiro*

Anequésselen Bitencourt Fortunato - *Assessoria Jurídica*

Salésio Nolla - *Chefe de Departamento*

## EQUIPE TÉCNICA

Biól. MSc. Jader Lima Pereira  
*Coordenador do Projeto*

Quím. MSc. Nadja Zim Alexandre

Eng. Civil e Agrimensor Vilson Paganini Bellettini

Biólogo MSc. Miguel Vassiliou

Biól. Tamiles Borsatto Patrício

Biól. Roberto Buss Stringari

Eng. Ambiental Ives Fiegenbaum

Eng. Ambiental Tiago Alexandre Manenti Silvestrini

Acadêmica de Geografia Aline Pires Mateus

## SUMÁRIO

<b>1 APRESENTAÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2 ÁREA DE ESTUDO .....</b>	<b>15</b>
<b>3 MAPEAMENTO DAS ÁREAS COM DEPOSIÇÃO DE REJEITOS .....</b>	<b>18</b>
3.1 RESULTADOS .....	18
3.1.1 Alto rio Criciúma.....	18
3.1.2 Médio rio Criciúma.....	21
3.1.3 Baixo rio Criciúma.....	26
3.2 CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	29
<b>4 CARACTERIZAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS .....</b>	<b>31</b>
4.1 QUALIDADE DAS ÁGUAS.....	31
4.1.1 Definição dos pontos de amostragem da água.....	33
4.1.2 Indicadores de qualidade da água .....	34
4.1.3 Definição dos pontos de coleta de sedimento .....	35
4.1.4 Resultados e discussões .....	36
4.2 QUALIDADE DOS SEDIMENTOS.....	54
<b>5 CARACTERIZAÇÃO DA BIOTA .....</b>	<b>64</b>
5.1 FLORA.....	64
5.1.1 Situação original e atual.....	64
5.1.2 As áreas de preservação permanente .....	65
5.1.3 Metodologia .....	69
5.1.4 Resultados.....	71
5.1.5 Considerações gerais .....	83
5.2 FAUNA.....	84
5.2.1 Fauna Terrestre .....	89
5.2.2 Ecossistemas aquáticos (Fauna Aquática) .....	94
5.2.3 Resultados e discussão .....	95
5.2.4 Considerações gerais .....	111
<b>6 AVALIAÇÃO DA PERCEPÇÃO DA POPULAÇÃO EM RELAÇÃO AO RIO CRICIÚMA .....</b>	<b>113</b>
6.1 METODOLOGIA .....	113
6.2 RESULTADOS.....	113
<b>7 PROPOSTAS E MEDIDAS A SEREM ADOTADAS .....</b>	<b>118</b>
<b>8 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>122</b>

**ANEXO 1: Mapas**

**Anexo 1.1: Mapa de localização**

**Anexo 1.2: Mapa hipsométrico**

**Anexo 1.3: Mapa de declividade**

**Anexo 1.4: Mapa das áreas com deposição de rejeitos**

**Anexo 1.5: Mapa das áreas de preservação permanente**

**Anexo 1.6: Mapa dos pontos de monitoramento**

**Anexo 1.7: Mapa de uso do solo e cobertura vegetal**

**Anexo 1.8: Mapa de ocupação da APP**

**ANEXO 2: Relatórios de análises**

**Anexo 2.1: Águas superficiais**

**Anexo 2.2: Sedimentos**

**ANEXO 3: Modelagem para a reoxigenação do rio Criciúma**

**ANEXO 4: Relatório de Pesquisa - Avaliação da percepção da população local em relação ao rio Criciúma**

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da microbacia do rio Criciúma no município de Criciúma, Santa Catarina. ....	15
Figura 2 - Trecho do rio identificado como Alto rio Criciúma. ....	19
Figura 3 - Rejeito exposto na margem direita do rio Criciúma, próximo a Rua Araranguá, Criciúma, Santa Catarina. ....	20
Figura 4 - Trecho do rio identificado como Médio rio Criciúma. ....	21
Figura 5 - Aspecto geral do trecho do rio Criciúma onde observa-se a presença de vegetação. ....	22
Figura 6 - Locais onde foram observados os rejeitos carbonosos expostos. Em A e B, vista das margens esquerda (A) e direita (B) do rio, a montante da ponte na Av. Centenário; em C, margem direita do rio, a jusante da ponte na Av. Centenário; e em D, vista do material exposto junto à cabeceira da ponte em construção no bairro Santo Antônio. ....	24
Figura 7 - Vista parcial da margem direita do rio Criciúma, a jusante da ponte sobre a Rua Olívio Antunes (bairro Santo Antônio), onde se observa áreas pontuais com a presença de rejeitos carbonosos (área em destaque). ....	25
Figura 8 - Limite do Baixo Rio Criciúma. ....	26
Figura 9 - Áreas em processo de recuperação ambiental observadas ao longo das margens do rio Criciúma. ....	27
Figura 10 - Rejeito carbonoso exposto nas margens esquerda e direita, a montante da ponte na Rua Silvino Rovaris. ....	28
Figura 11 - Rejeito carbonoso exposto na margem direita do rio, a montante da ponte da Avenida dos Italianos. (B): Rejeito exposto na margem direita do rio, compreendido entre as pontes da Avenida dos Italianos e da Rua Arcângelo Meller. (C e D): Rejeito exposto nas margens esquerda e direita, a jusante da ponte da Rua Arcângelo Meller. ....	29
Figura 12 - Vista do rio Criciúma entre as ruas Henrique Lage e Cônego Miguel Giacca. Observa-se a canalização do curso d'água com paredes de pedra e construção em sua APP. ....	32
Figura 13 - Delimitação das 17 microbacias do rio Criciúma. ....	33

Figura 14 - Evolução do pH ao longo do canal do rio Criciúma, destacando a faixa recomendada pela Resolução CONAMA n. 357/2005 para água doce (pH entre 6 e 9).....	38
Figura 15 - Comportamento da matéria orgânica ao longo do rio Criciúma e padrões de qualidade para água doce classe 2 e 3 (Resolução CONAMA n. 357/2005). .....	40
Figura 16 - Relação entre DQO e DBO nas estações de amostragem do rio Criciúma.....	41
Figura 17 - Concentração de fosfato e nitrogênio nas estações de amostragem do rio Criciúma.....	41
Figura 18 - Níveis de oxigenação da água no rio Criciúma e padrões de qualidade para classe 2, 3 e 4 (Resolução CONAMA n. 357/2005). .....	42
Figura 19 - Evolução da concentração de ferro total ao longo do rio Criciúma e padrões de qualidade para água doce classe 2 e 3 (Resolução CONAMA n. 357/2005).....	43
Figura 20 - Concentração de manganês ao longo do rio Criciúma e valores de referência: padrões de qualidade da água classe 2 e 3 conforme Resolução CONAMA n. 357/2005.....	44
Figura 21 - Resultados do IQA ao longo do canal do rio Criciúma.....	46
Figura 22 – Simulação da curva de concentração de oxigênio dissolvido no rio Criciúma, conforme modelo sugerido por Streeter e Phelps (1925), onde: a) trecho entre a estação RC02 e a foz; b) trecho entre a estação RC03 e a foz; c) trecho entre a estação RC04 e a foz e d) trecho entre a estação RC05 e a foz do rio Criciúma. ....	53
Figura 23 - Amostragem do sedimento nas estações RC02 (A), RC03 (B) e RC04 (C) e composição granulométrica da amostra composta (D). .....	58
Figura 24 - Amostragem do sedimento nas estações RC05 (A), RC06 (B) e RC07 (C) e composição granulométrica da amostra composta (D). .....	59
Figura 25 - Amostragem do sedimento nas estações RC08 (A), RC09 (B) e RC10 (C) e composição granulométrica da amostra composta (D). .....	60
Figura 26 - Localização das estações de amostragem utilizadas para a caracterização da cobertura vegetal da área de preservação permanente do rio Criciúma, Criciúma, Santa Catarina. ....	70
Figura 27 - Aspecto geral das formações vegetais na área de preservação permanente (APP) do rio Criciúma. Onde em A e B, aspecto geral das margens do	

- rio Criciúma próximo à confluência com o rio Sangão; em C e D, vista parcial das margens do rio próximo ao bairro Santo Antônio; e em E e F, margens do rio Criciúma no junto ao bairro Santa Bárbara. ....72
- Figura 28 - Vista parcial das margens do rio Criciúma onde se observa a deposição inadequada de rejeitos do beneficiamento de carvão mineral, Criciúma, Santa Catarina.....73
- Figura 29 - Vista da área em processo de reabilitação (hachura) as margens do rio Criciúma, localizada entre os bairros, Boa Vista, Santo Antônio e Paraíso, Criciúma, Santa Catarina. Em A, vista aérea; em B e C, vista das margens revegetadas com predomínio de gramíneas.....74
- Figura 30 - Distribuição das espécies registradas na área de estudo, em suas respectivas categorias sucessionais. Onde: Pio = pioneira, Sin = secundária inicial, Sta = secundária tardia, Cli = climácica. ....78
- Figura 31 - Distribuição do número de espécies registradas na área de estudo, de acordo com as síndromes de polinização. Onde, Ane = anomofilia e Zoo = zoofilia.79
- Figura 32 - Distribuição do número de espécies registradas na área de estudo, de acordo com as síndromes de dispersão. Onde, Ane = anomocoria, Zoo = zoocoria e Aut = autocoria. ....80
- Figura 33 - Distribuição espacial dos sítios de observação da fauna dispostos ao longo do rio Criciúma, observando-se em vermelho os segmentos do rio totalmente retificados (canalizado e fechado). Os segmentos em azul referem-se aos trechos onde o rio encontra-se em sua condição natural.....85
- Figura 34 - Segmentos do rio Criciúma onde foram realizadas as prospecções/observações dos componentes faunísticos, observando-se que áreas de APP são praticamente inexistentes, ou ocupadas por edificações. A vegetação marginal quando presente é constituída predominantemente por vegetação herbácea com enraizamento superficial, não apresentando capacidade de retenção do solo.....88
- Figura 35 - Espécies de aves registradas na área de entorno do rio Criciúma durante o monitoramento da fauna. A) Anú-preto (*Crotophaga ani*); B) Canário-da-terra-verdadeiro (*Sicalis flaveola*); C) Bico-de-lacre (*Estrilda astrild*); D) Bem-te-vi (*Pitangus sulphuratus*); E) Tapicuru-de-cara-pelada (*Phimosus infuscatus*); F) Maçarico-solitário (*Tringa solitaria*). ....102
- Figura 36 - figura 4. A) *Tadarida brasiliensis* (morcegozinho-do-sótão) e B) *Molossus molossus* (morcego de cauda-grossa). Fonte:FZB/RS. ....105



Figura 37 - Exemplar de <i>Rattus norvegicus</i> (rato-do-esgoto) registrado no bairro centro, às margens do rio Criciúma.....	107
Figura 38 - Distribuição do número de respostas à pergunta “ <i>Trabalha ou reside próximo ao rio Criciúma?</i> ”.....	115
Figura 39 - Distribuição das respostas às perguntas referentes ao conhecimento da população com relação ao rio. ....	115
Figura 40 - Distribuição das respostas às perguntas referentes à opinião da população com relação ao rio. ....	116
Figura 41 - Distribuição das respostas às perguntas referentes à percepção da população com relação ao rio .....	117

## ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 - Descrição das estações de amostragem para caracterização da qualidade da água do rio Criciúma. ....	34
Quadro 2 - Indicadores de qualidade da água utilizados para caracterização do rio Criciúma, limite detectável e método de análise para cada indicador. ....	35
Quadro 3 - Composição das amostras de sedimento do rio Criciúma. ....	36
Quadro 4 - Classificação do Índice de Estado Trófico em função da característica da água. ....	48
Quadro 5 - Classificação granulométrica do sedimento (Resolução CONAMA n. 344/2010). ....	56
Quadro 6 - Valores de referência (em mg/kg) para avaliar a contaminação por metais em sedimentos. ....	56
Quadro 7 - Distribuição do número de questionários (402) de acordo com as Regiões Administrativas do Plano Diretor Participativo (2007). Os questionários foram distribuídos conforme os dados populacionais do Censo Demográfico do IBGE de 2010. ....	114

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Dados de campo relativos à amostragem de água no rio Criciúma. Amostragem realizada em 05/03/2012.....	37
Tabela 2 - Qualidade da água nas estações localizadas no rio Criciúma e valores de referência (Resolução CONAMA n. 357/2005).....	39
Tabela 3 - Classificação da água do rio Criciúma de acordo com os índices de qualidade para preservação da vida aquática.....	49
Tabela 4 - Resumo das condições de qualidade da água quanto ao IQA, IPMCA, IET, IVA e porcentagem dos parâmetros em desacordo com as classe 2 e 3 da Resolução CONAMA n. 357/2005.....	50
Tabela 5 – Resultado do ensaio granulométrico das estações amostrais para caracterização do sedimento do rio Criciúma.....	58
Tabela 6 - Resultados físico-químicos das análises realizadas nas amostras compostas de sedimento do rio Criciúma. ....	61
Tabela 6 - Localização das nove (09) estações amostrais utilizadas para a caracterização da cobertura vegetal existente na área de preservação permanente (APP) do rio Criciúma, Criciúma, Santa Catarina.....	69
Tabela 7 - Lista das espécies vegetais observadas ao longo das nove (09) estações amostrais utilizadas para a caracterização da cobertura vegetal existente na área de preservação permanente (APP) do rio Criciúma, Criciúma, Santa Catarina. ....	75
Tabela 8 – Classes de uso do solo e cobertura vegetal observadas ao longo da área de preservação permanente do rio Criciúma, Criciúma, Santa Catarina.....	82
Tabela 9 - Indicação das coordenadas UTM e bairros onde foram realizadas as observações da fauna. ....	86
Tabela 10 - Registros ornitofaunísticos (presença e ausência) para as áreas para os 15 sítios prospectados ao longo do rio Criciúma, com indicação dos táxons/espécies, ordens e famílias. ....	97
Tabela 11 - Parâmetros límnicos relacionados à qualidade da água em 10 estações de amostragem distribuídas ao longo do rio Criciúma destacando-se a reduzida concentração de oxigênio dissolvido.....	103

## 1 APRESENTAÇÃO

Atualmente as preocupações com a degradação ambiental tornam urgente a compreensão da temática ambiental. O índice de consumo e a consequente industrialização esgotam ao longo do tempo os recursos da Terra, que levaram milhões de anos para se compor. Muitos desastres naturais são causados pela ação do homem no meio ambiente. É importante haver um processo participativo e sustentável, cada um fazendo a sua parte e respeitando o ciclo de cada ser existente no planeta (BERRY, 1991 apud LIMA et al., 2010).

De acordo com a Lei da Política Nacional do Meio Ambiente, o conceito de degradação ambiental é “alteração adversa das características do meio ambiente” (art.3º, inciso II), conceito amplo que abrange vários casos como prejuízo à saúde, ao bem-estar das pessoas, às atividades sociais e econômicas, à biosfera, etc.

Assim, degradação ambiental pode ser conceituada como qualquer alteração adversa dos processos, funções ou componentes ambientais, ou como uma alteração adversa da qualidade ambiental. Em outras palavras, degradação ambiental corresponde ao impacto ambiental negativo (SÁNCHEZ, 2008).

Segundo Lima et al. (2010) nas últimas décadas, principalmente os ambientes aquáticos vêm sendo ameaçados pelas ações indevidas do ser humano. Entre as diversas ações antrópicas sobre os ambientes aquáticos pode-se destacar a retificação do leito dos rios e córregos, para que suas vazões fossem dirigidas para a jusante pelo caminho mais curto e com a maior velocidade de escoamento possível. Os objetivos principais de tais ações era ganhar novas terras para a agricultura, novas áreas para a urbanização e minimizar os efeitos locais das cheias (BINDER, 2001).

Contudo, a realização de obras com base nesta concepção teve consequências não consideradas ou avaliadas como, a redução alarmante da variedade da biota e as cheias que constituem um problema cada vez maior atualmente (BINDER, 2001).

No perímetro urbano, principalmente nas grandes e médias cidades, é perceptível o aumento do nível de poluição. A fumaça de veículos, lixo nas ruas e grandes lixões, rios, lagoas e córregos contaminados por resíduos, chaminés de fábricas despejando gases tóxicos, essas e outras são causas do desequilíbrio ambiental (LIMA et al, 2010).

Os rios formadores de bacias hidrográficas urbanas têm um caráter fundamental de diferenciação, quando comparados com os pertencentes às bacias hidrográficas florestais, rural ou mesmo agrícolas. A quantidade de superfície impermeável pode ser utilizada como um indicador para se prever o quão graves podem ser essas diferenças. Em muitas regiões urbanas, havendo um valor tão baixo quanto 10% de cobertura impermeável da bacia hidrográfica já é suficientes para ocorrer a degradação, sendo que se torna mais severa quando maior se torna a cobertura impermeável (SCHUELER, 1995 apud ARAÚJO et al., 2008).

Para Araújo et al. (2008), grande parte dos danos ambientais que ocorrem na superfície terrestre está situada nas bacias hidrográficas. Nesse sentido, é preciso conhecer a sua formação, constituição e dinâmica, para que as obras de recuperação não sejam apenas temporárias e sem grande eficácia.

O município de Criciúma tem sofrido constantemente com as consequências das cheias de bacias urbanas, onde a impermeabilização do solo, resultado do processo de urbanização, provoca uma redução da infiltração e um aumento do escoamento superficial, que por vezes não é suportado pelo rio, ocasionando o seu extravasamento. Entretanto, para que se possam promover melhorias em áreas urbanizadas por onde o rio Criciúma percorre, faz-se necessário o desenvolvimento de estudos visando estabelecer a importância deste corpo hídrico num contexto urbano. Diante do exposto a aplicação de metodologias que visem o conhecimento tanto da qualidade hídrica como também das áreas adjacentes ao rio (APP) fornecerão subsídios na tomada de decisão de futuras intervenções destinadas à melhoria da qualidade ambiental.

No dia 22 de março de 2012, Dia Internacional da Água, foi divulgado o resultado do “Programa Rede das Águas”, coordenado pelo SOS Mata Atlântica onde o rio Criciúma foi citado como um dos piores rios do Brasil.

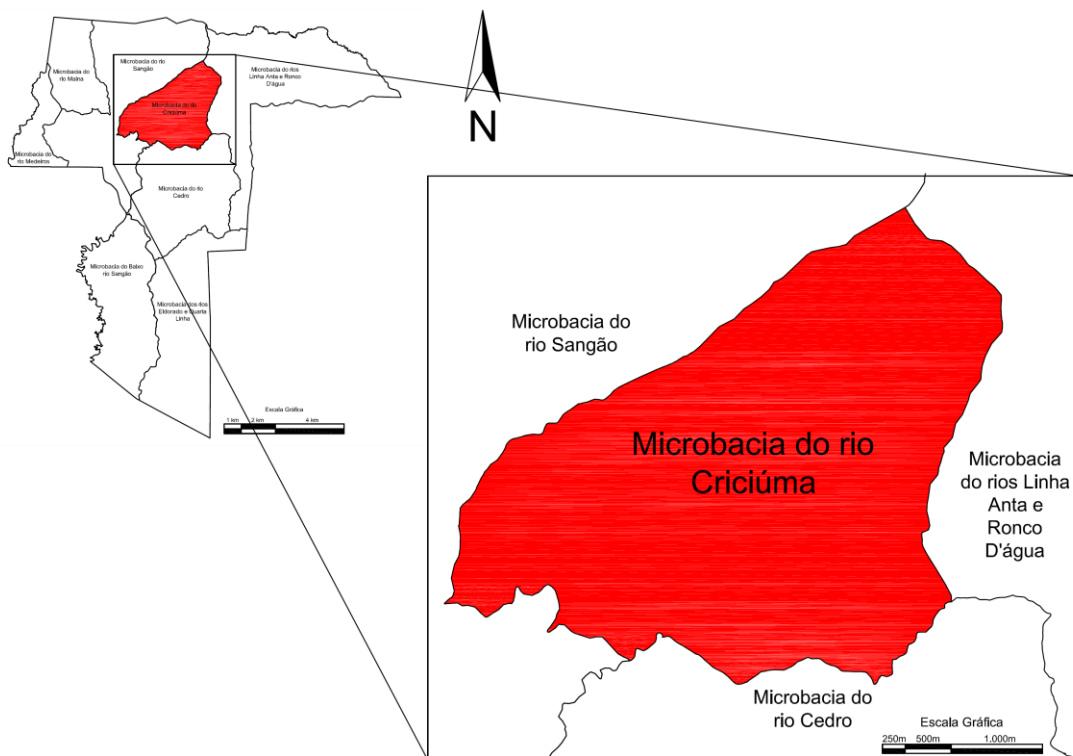
Segundo a Instituição na última rodada de análises, a melhor qualidade de água foi verificada na Bica da Marina, em Angra dos Reis (RJ). A pior ocorreu no rio Criciúma, na cidade de mesmo nome em Santa Catarina (Trecho retirado do site G1.globo.com).

Deste modo, o presente estudo tem por objetivo estabelecer o quadro de criticidade do rio Criciúma com relação à qualidade de suas águas, grau de degradação/conservação de suas margens, fauna associada, além da percepção e anseios da população do município.

## 2 ÁREA DE ESTUDO

A microbacia do rio Criciúma situa-se no noroeste do município de Criciúma, no extremo sul catarinense entre as coordenadas geográficas 28° 29' 22,59" e 28° 42' 14,8" de latitude sul e 49° 21' 01,98" e 49° 24' 46,7" de longitude oeste (ADAMI, 2010) (Figura 1).

Segundo Adami (2010), o rio Criciúma tem suas nascentes localizadas no morro Cechinel, a uma altitude de 270 metros, e nos morros do bairro Pio Corrêa e São Simão a 210 metros. O rio principal é formado pela confluência de dois afluentes, um situado a nordeste e outro situado a noroeste. A partir da confluência nasce o rio Criciúma, localizada entre as ruas Cel. Pedro Benedet e Marechal Deodoro.



**Figura 1 - Localização da microbacia do rio Criciúma no município de Criciúma, Santa Catarina.**

A bacia do rio Criciúma é constituída por 78 nascentes (IPAT/UNESC, 2010) e pequenos cursos d'água que drenam uma área de 18,59 km<sup>2</sup>, onde se situa a área urbana do município de Criciúma, abrangendo os bairros Próspera, Pio Corrêa, São

Simão, Mina Brasil, Cruzeiro do Sul, Lote 6, Vera Cruz, Santa Catarina, Centro, São Cristovão, Comerciário, Michel, Operária Nova, Santo Antônio, Santa Bárbara, Boa Vista, São Francisco, Paraíso, Teresa Cristina, Pinheirinho, Santa Augusta, Milanese, São Luiz, Fábio Silva e Bosque do Repouso.

No que diz respeito a geologia, a microbacia do rio Criciúma é constituída pelas Formações Rio Bonito, Palermo, Irati, Serra Geral e Depósitos Aluvionares.

A Formação Rio Bonito caracteriza-se por apresentar um conjunto de rochas areníticas (arenitos finos a grossos - cinza-esbranquiçados, localmente conglomeráticos, com estratificações paralelas, cruzadas tabular e acanalada; arenitos sigmoidais; e arenitos quartzosos) associados à pelitos e camadas de carvão. Na microbacia do rio Criciúma a Formação Rio Bonito está representada pelo Membro Siderópolis - Sequências Média e Superior.

A Formação Palermo, litologicamente é caracterizada por um espesso pacote de ritmitos, com interlaminação de areia, silte e argila, com intenso retrabalhamento por ondas. A alternância de tonalidades claras e escuras evidencia a intercalação de leitos arenosos e siltico-argilosos, respectivamente.

A Formação Irati do ponto de vista litológico caracteriza-se por ser essencialmente pelítica, sendo constituída, na sua base, por folhelhos e siltitos cinza-escuro, eventualmente cinza-claro a azulados. Quando intemperizados, os folhelhos adquirem tons amarelados, micáceos, mostrando desagregação conchoidal. No seu topo é formada por um pacote de folhelhos cinza-escuro a pretos, intercalados com folhelhos pirobetuminosos associados a lentes de margas creme a cinza-escuro, dolomíticas.

A Formação Serra Geral se faz representar por um sill básico de extensão regional. O relevo do tipo mesa é resultado de processos de intemperismo e erosão que atuaram sobre estas rochas de resistência diferencial. São encontrados nos Morros Chechinel e Casagrande.

Os Depósitos Aluvionares possuem areias e lamas, eventualmente em cascalheiras, que preenchem as calhas dos rios e suas planícies de inundação. São expressivos e predominantemente argilosos ou areno-siltico-argilosos.



Quanto a geomorfologia a microbacia está representada pela Depressão da Zona Carbonífera, Cristas e Mesas da Zona Carbonífera e Baixada Alúvio-Coluvionar.

A Depressão da Zona Carbonífera Catarinense caracteriza-se por um relevo de colinas e morros, com média a alta densidade de drenagem. Nestes locais predominam solos profundos, de baixa fertilidade natural e horizonte B textural, onde se destacam os Podzólicos Vermelho-Amarelos álicos (KER et al, 1986).

As Cristas e Mesas da Zona Carbonífera caracterizam-se por um relevo de platôs com baixa densidade de drenagem, ou elevações isoladas de rochas básicas mantidos por erosão diferencial, que se elevam sobre a superfície de colinas da Depressão da Zona Carbonífera Catarinense. São encontradas nas porções dos Morros Casagrande e Cechinel. Predominam solos de textura argilosa, destacando-se Cambissolos e Terra Roxa Estruturada, principalmente sobre os derrames básicos.

O domínio das Baixadas Alúvio-Coluvionares é caracterizada pelos leques aluviais, situados em locais com relevo plano a ondulado, junto às drenagens do rio Criciúma.

### **3 MAPEAMENTO DAS ÁREAS COM DEPOSIÇÃO DE REJEITOS**

Nesta etapa do presente estudo foram realizadas incursões a campo com o objetivo de mapear antigos depósitos de rejeitos carbonosos e/ou porções de rejeito ainda presentes na APP do rio, que acarretam no aumento da carga poluidora.

Para fins da realização do mapeamento dividiu-se o trajeto do rio Criciúma em três trechos, sendo estes identificados como Alto rio Criciúma, Médio rio Criciúma e Baixo rio Criciúma.

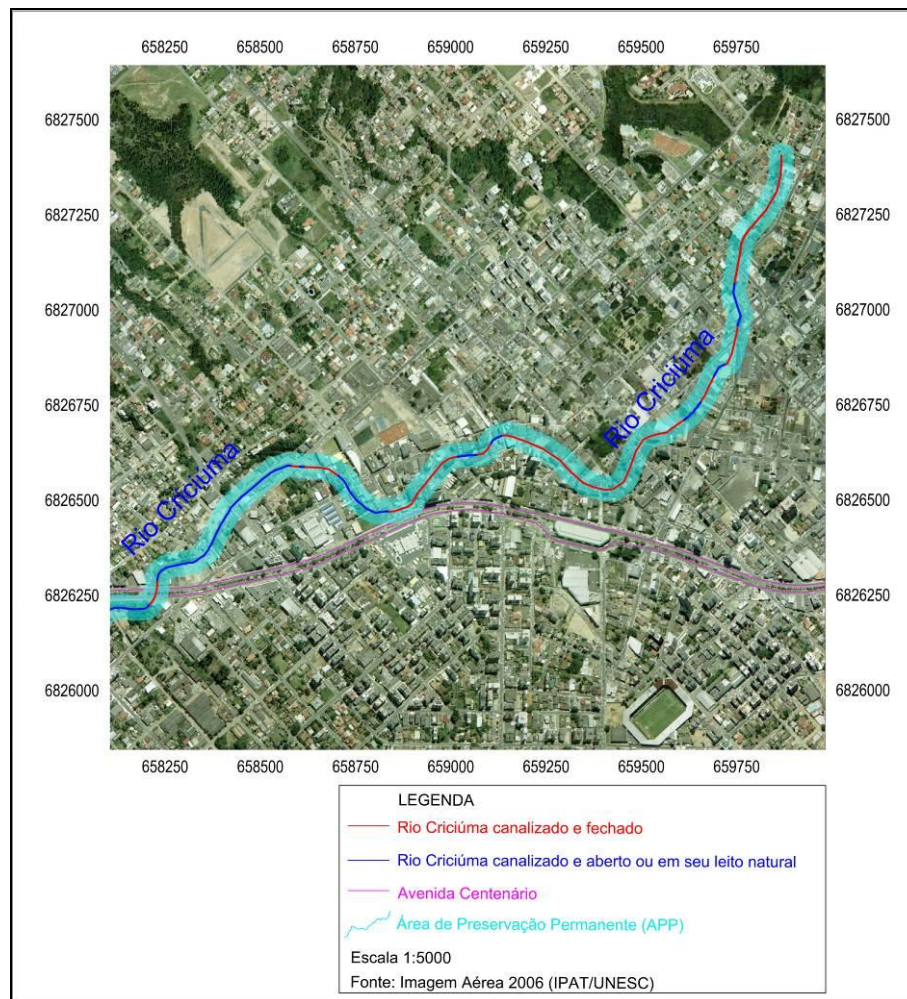
O mapeamento dos rejeitos carbonosos foi realizado de modo expedito, de maneira que se utilizou como parâmetro para a delimitação destes, os locais onde o mesmo encontrava-se exposto a céu aberto ou em cortes nas margens do rio, utilizando-se como limite a área de preservação permanente (APP) do rio Criciúma.

O documento resultado destas incursões a campo pode ser visualizado no ANEXO 1.4: Mapa das áreas com deposição de rejeitos, onde é possível identificar os locais onde ainda encontram-se rejeitos carbonosos nas margens do rio Criciúma.

#### **3.1 RESULTADOS**

##### **3.1.1 Alto rio Criciúma**

Situado na região central do município de Criciúma, o trecho denominado como Alto rio Criciúma, tem início no Criciúma Clube onde se observa uma das principais nascentes formadoras do rio Criciúma e estende-se até o cruzamento da Rua Henrique Lage com a Avenida Centenário (Figura 2).



**Figura 2 - Trecho do rio identificado como Alto rio Criciúma.**

O trecho constituído pelo Alto rio Criciúma apresenta ao longo da APP áreas residenciais, comerciais e industriais. Devido ao fato do rio se encontrar neste trecho quase que totalmente canalizado (aberto e/ou fechado), não foi possível observar a presença de rejeito carbonoso exposto.

Neste trecho fica evidenciada a presença de rejeito carbonoso exposto, apenas na margem direita do rio, no trecho compreendido entre a Rua Araranguá e a ponte da Rua Álvaro Catão (Figura 3).



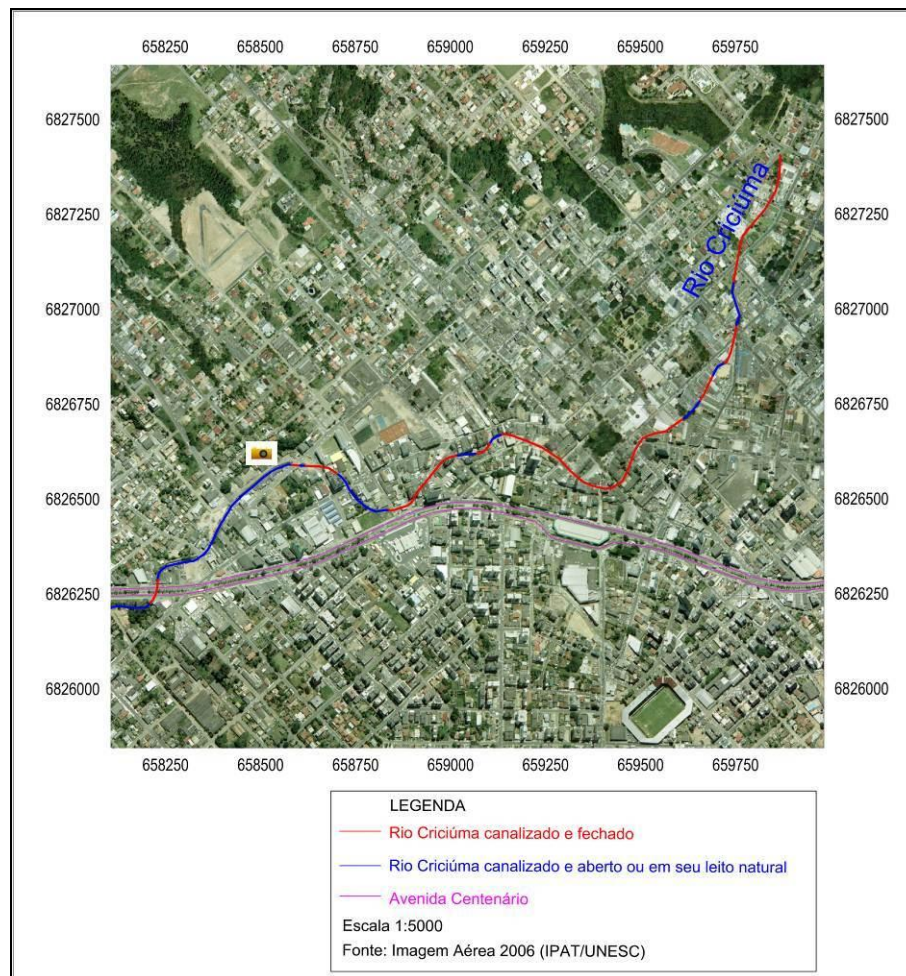


Figura 3 - Rejeito exposto na margem direita do rio Criciúma, próximo a Rua Araranguá, Criciúma, Santa Catarina.

### 3.1.2 Médio rio Criciúma

O trecho denominado como Médio rio Criciúma, tem início no cruzamento da Rua Henrique Lage com a Avenida Centenário e término na ponte da Rua Imigrante Thomé (Figura 4).

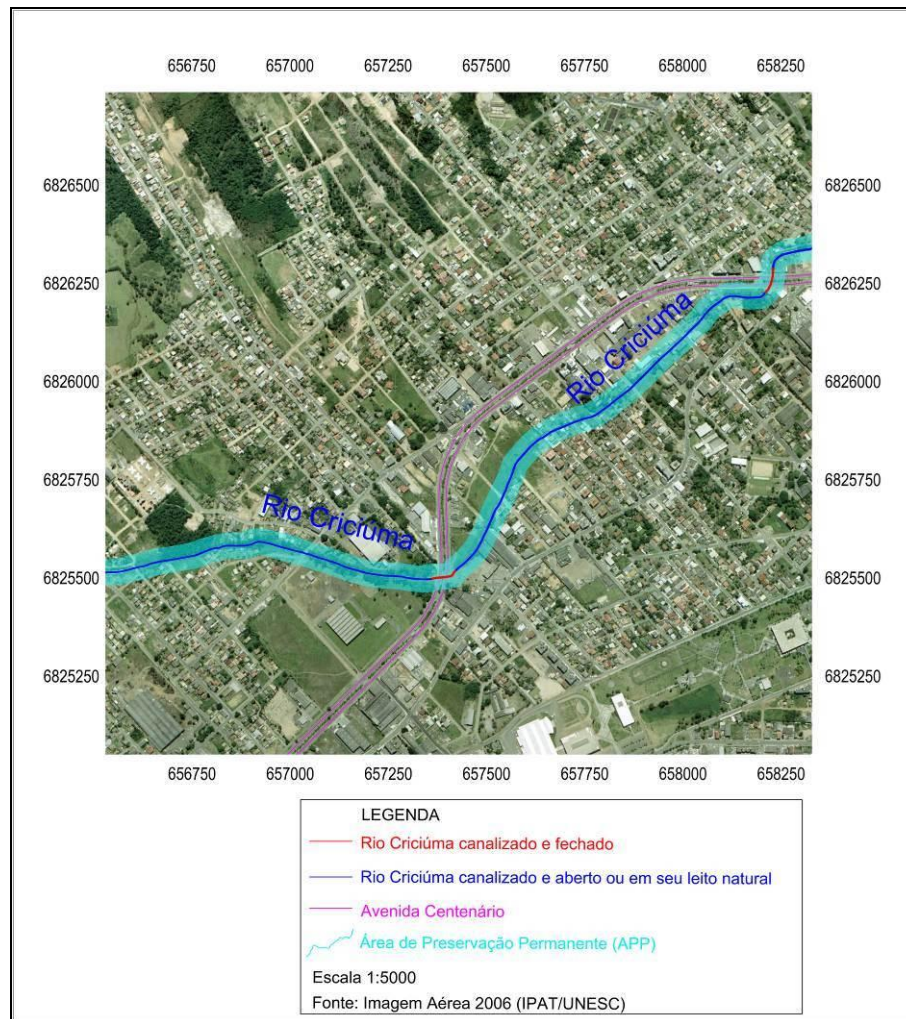


Figura 4 - Trecho do rio identificado como Médio rio Criciúma.

Este trecho apresenta ao longo de suas margens áreas predominantemente residenciais, sendo verificado também a presença de áreas industriais e áreas pontuais com presença de vegetação (Figura 5A e B).

No trecho do rio compreendido entre as Ruas Ângelo Peruchi e Vicente Nunes Barcelos, não foi possível observar a presença de rejeito exposto, uma vez que neste trecho o rio encontra-se canalizado e aberto.



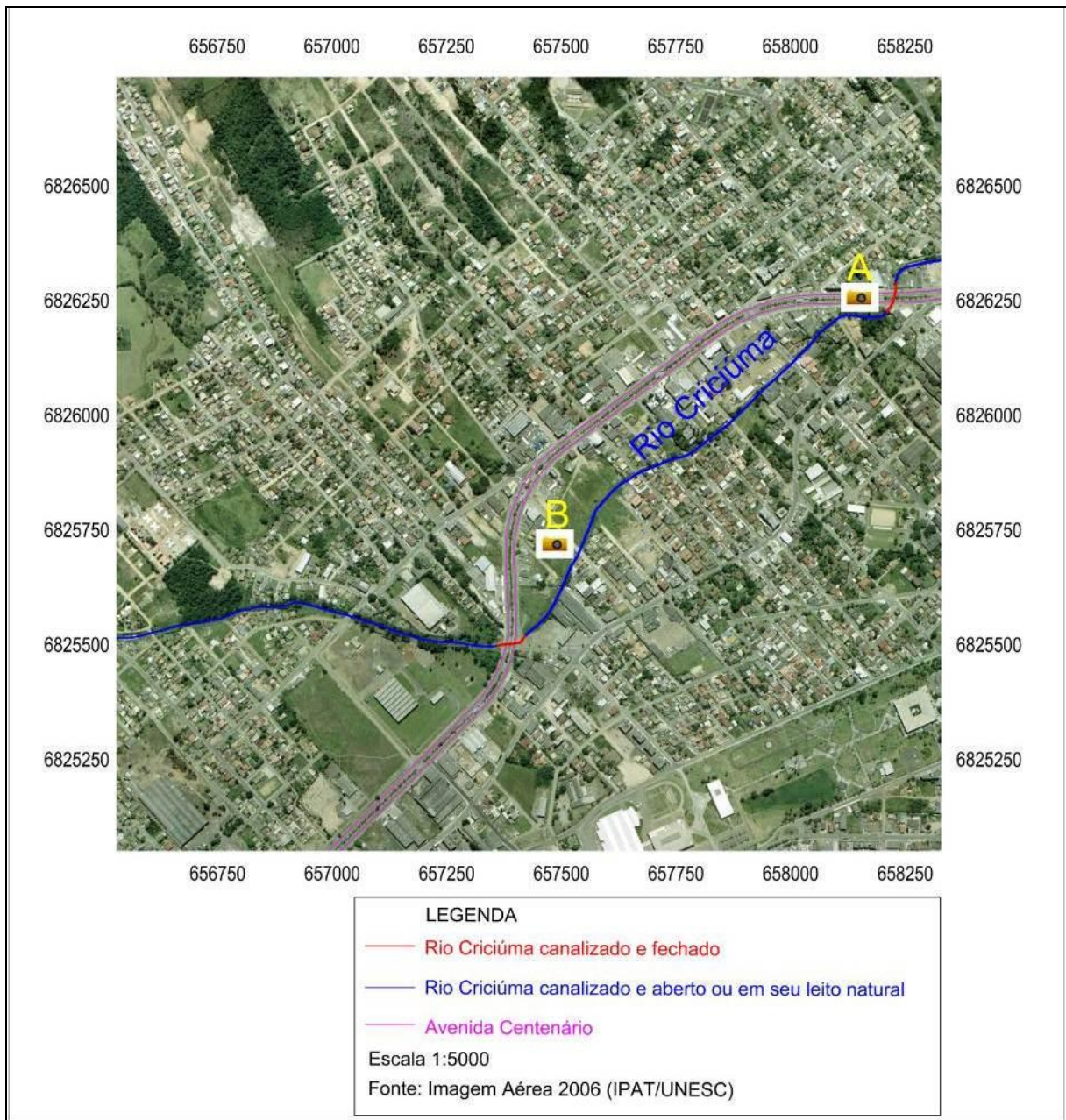


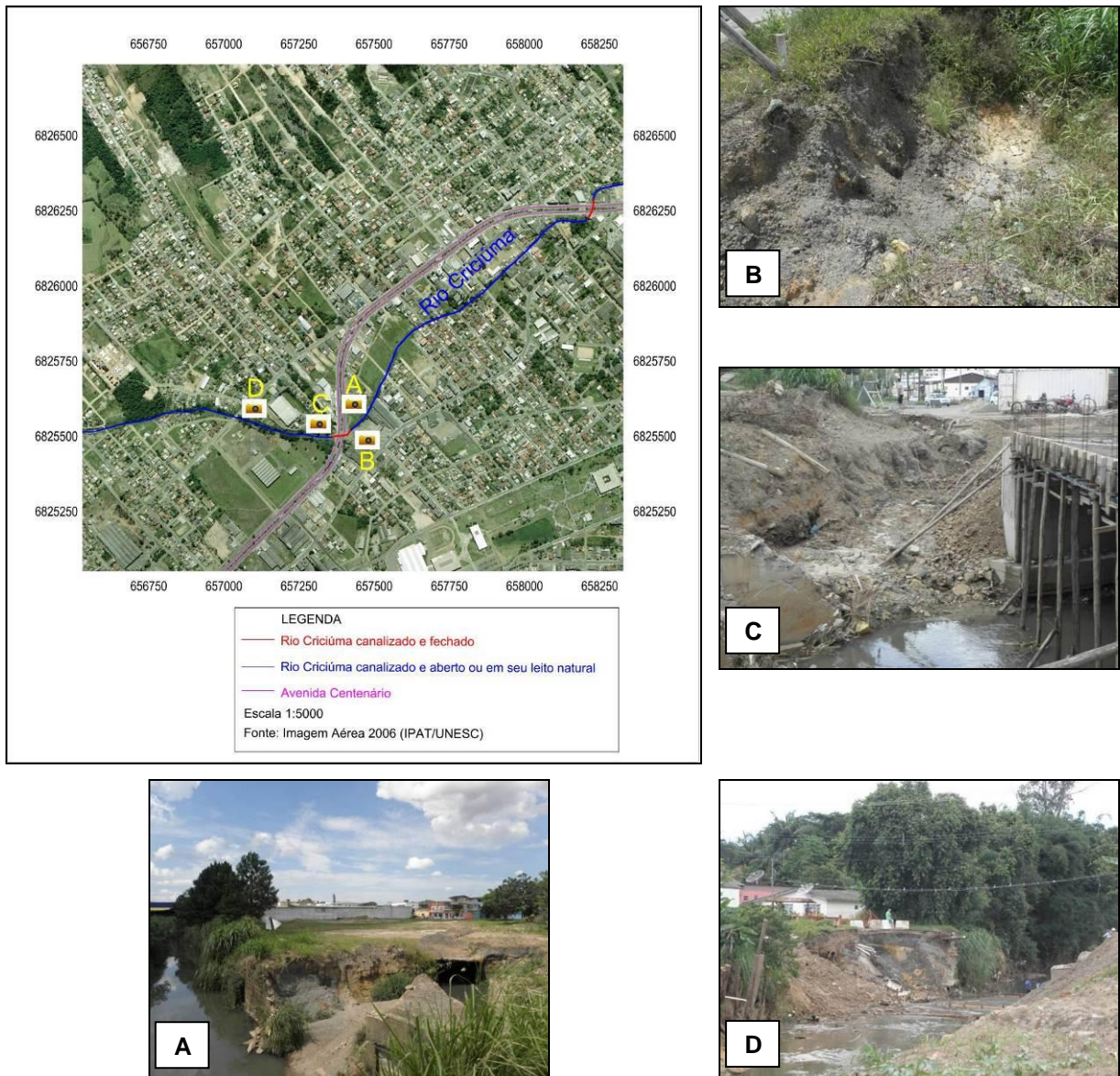
Figura 5 - Aspecto geral do trecho do rio Criciúma onde observa-se a presença de vegetação.

No trecho do rio compreendido entre a rua Vicente Nunes Barcelos até a Av. Centenário, não foi possível observar a presença de rejeito exposto, mesmo o rio encontrando-se canalizado e aberto ou em seu leito natural.

No trecho compreendido entre a Avenida Centenário e a Rua Imigrante Thomé, foi identificada a presença de rejeito exposto, junto as cabeceiras da ponte em construção sobre a Avenida Centenário (Figura 6A, B e C). A exemplo do observado junto a ponte em construção sobre a Avenida Centenário, foi verificado a existência de rejeito exposto junto a ponte em construção sobre a Rua Olívio Antunes (bairro Santo Antônio) (Figura 6D).

Cabe destacar que os rejeitos carbonosos oriundos do processo de beneficiamento de carvão foram durante muito tempo, utilizados como material de base (aterro) para a construção de vias e pontes. Por esta razão, este tipo de material é comumente observado junto a cabeceiras de pontes e estradas (vias).





**Figura 6 - Locais onde foram observados os rejeitos carbonosos expostos. Em A e B, vista das margens esquerda (A) e direita (B) do rio, a montante da ponte na Av. Centenário; em C, margem direita do rio, a jusante da ponte na Av. Centenário; e em D, vista do material exposto junto à cabeceira da ponte em construção no bairro Santo Antônio.**

A montante da ponte sobre a Rua Imigrante Thomé foi observado ao longo da margem direita, pequenos pontos (área em destaque) com ocorrência de rejeitos carbonosos (Figura 7).



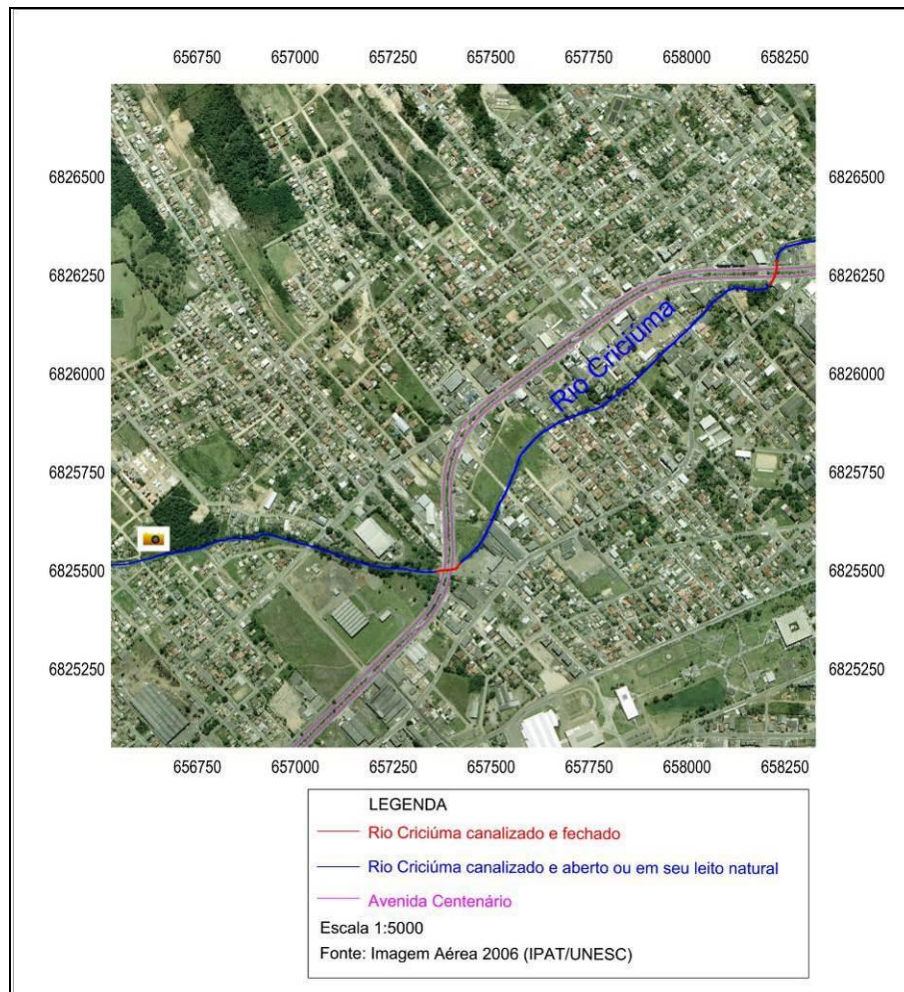


Figura 7 - Vista parcial da margem direita do rio Criciúma, a jusante da ponte sobre a Rua Olívio Antunes (bairro Santo Antônio), onde se observa áreas pontuais com a presença de rejeitos carbonosos (área em destaque).

### 3.1.3 Baixo rio Criciúma

Neste trecho, compreendido entre a ponte da Rua Imigrante Thomé e a foz do rio Criciúma junto ao rio Sangão (Figura 8), observa-se ao longo das margens do rio Criciúma áreas ocupadas, predominantemente, por residências e indústrias, áreas em processo de recuperação ambiental, além de áreas com vegetação (Figura 9A e B).

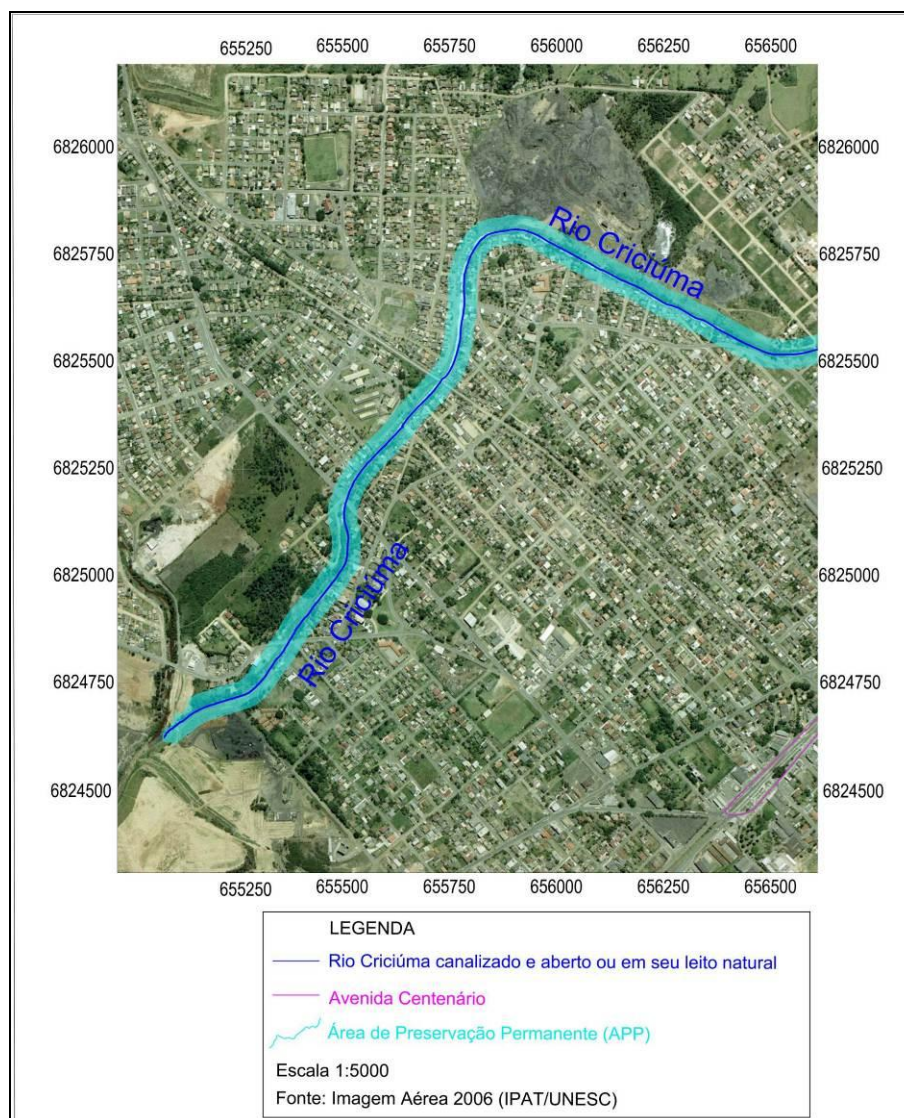


Figura 8 - Limite do Baixo Rio Criciúma.



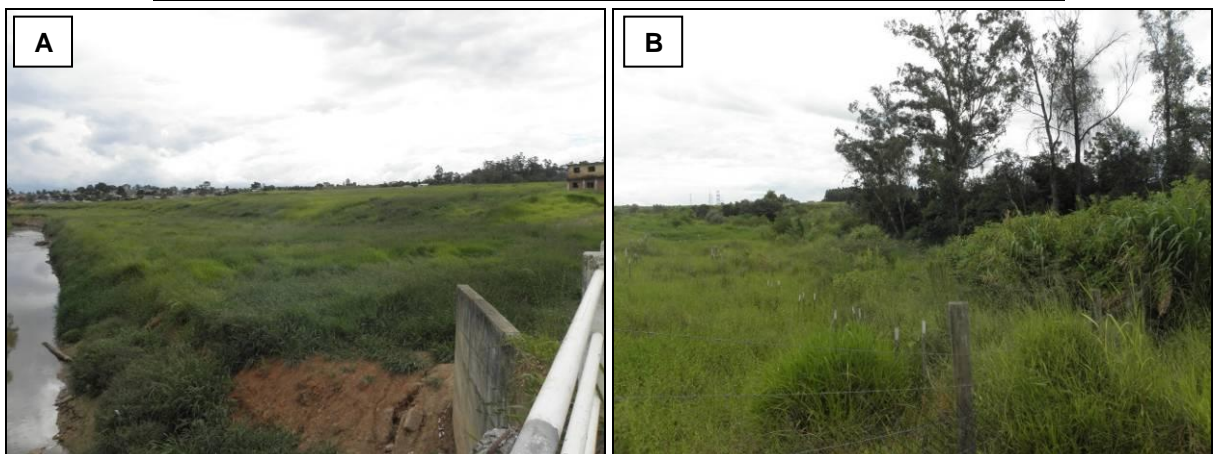
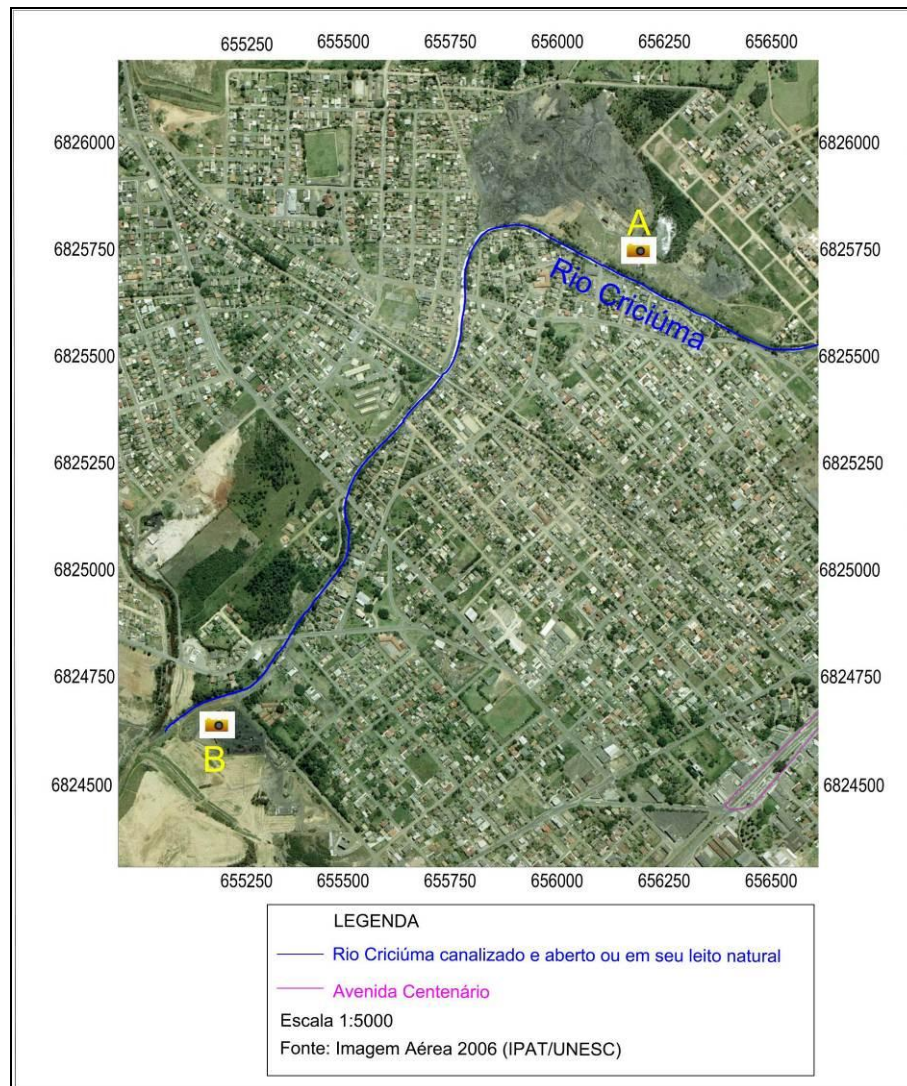
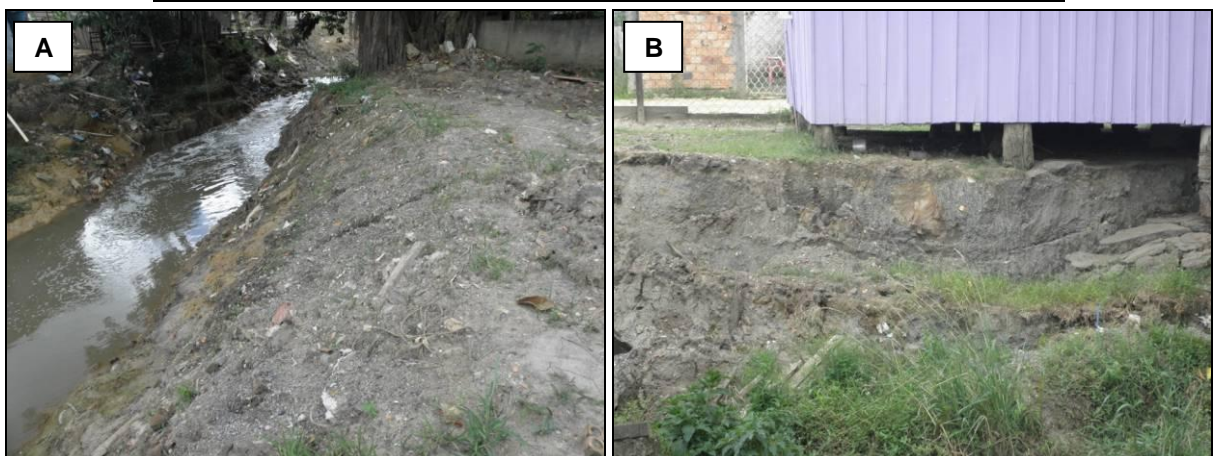
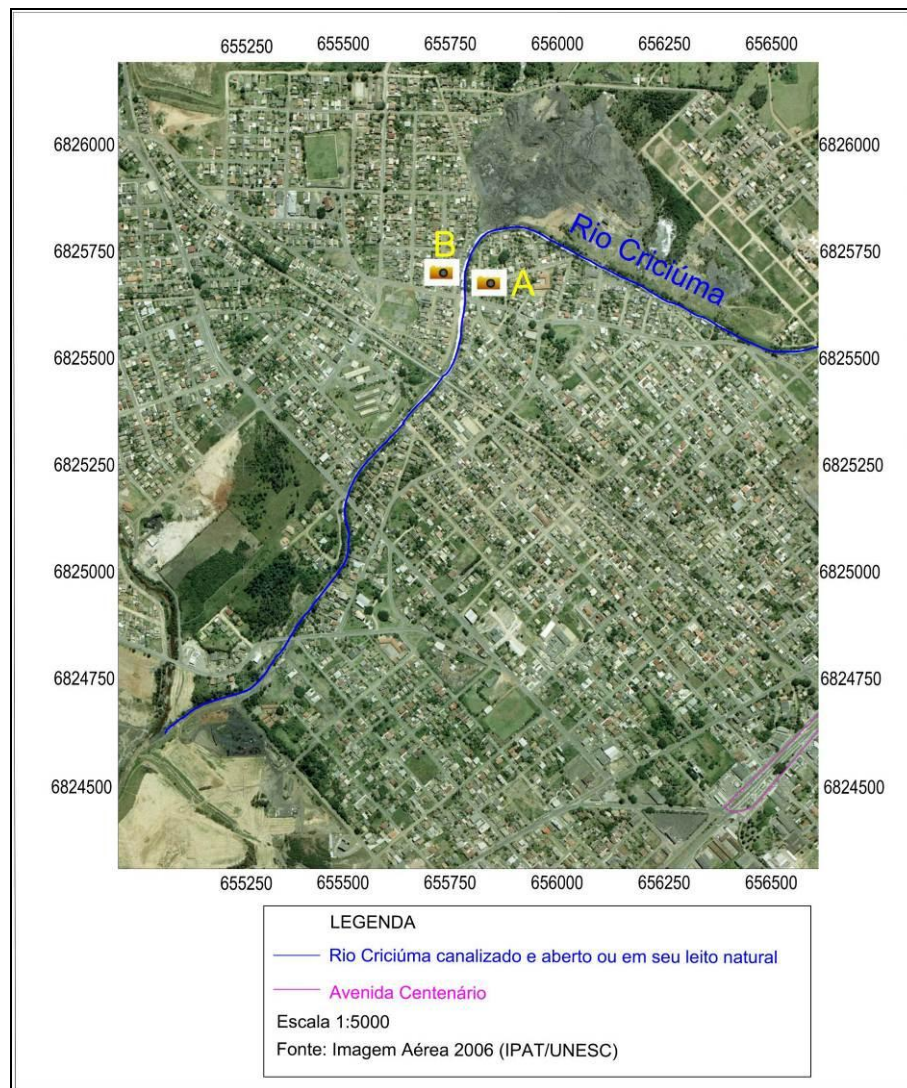


Figura 9 - Áreas em processo de recuperação ambiental observadas ao longo das margens do rio Criciúma.

Nesta porção do rio foi identificada a presença de rejeito exposto a montante da ponte na Rua Silvino Rovaris, junto às margens esquerda e direita, respectivamente (Figura 10A e B).





**Figura 10 - Rejeito carbonoso exposto nas margens esquerda e direita, a montante da ponte na Rua Silvino Rovaris.**

A jusante da ponte da Rua Silvino Rovaris foi observada a presença de rejeito exposto ao longo da margem direita até a ponte da Avenida dos Italianos no (bairro Santa Augusta), na margem direita entre as pontes da Avenida dos Italianos e da



Rua Arcângelo Meller e em ambas as margens a jusante da ponte da Rua Arcângelo Meller (Figura 11).

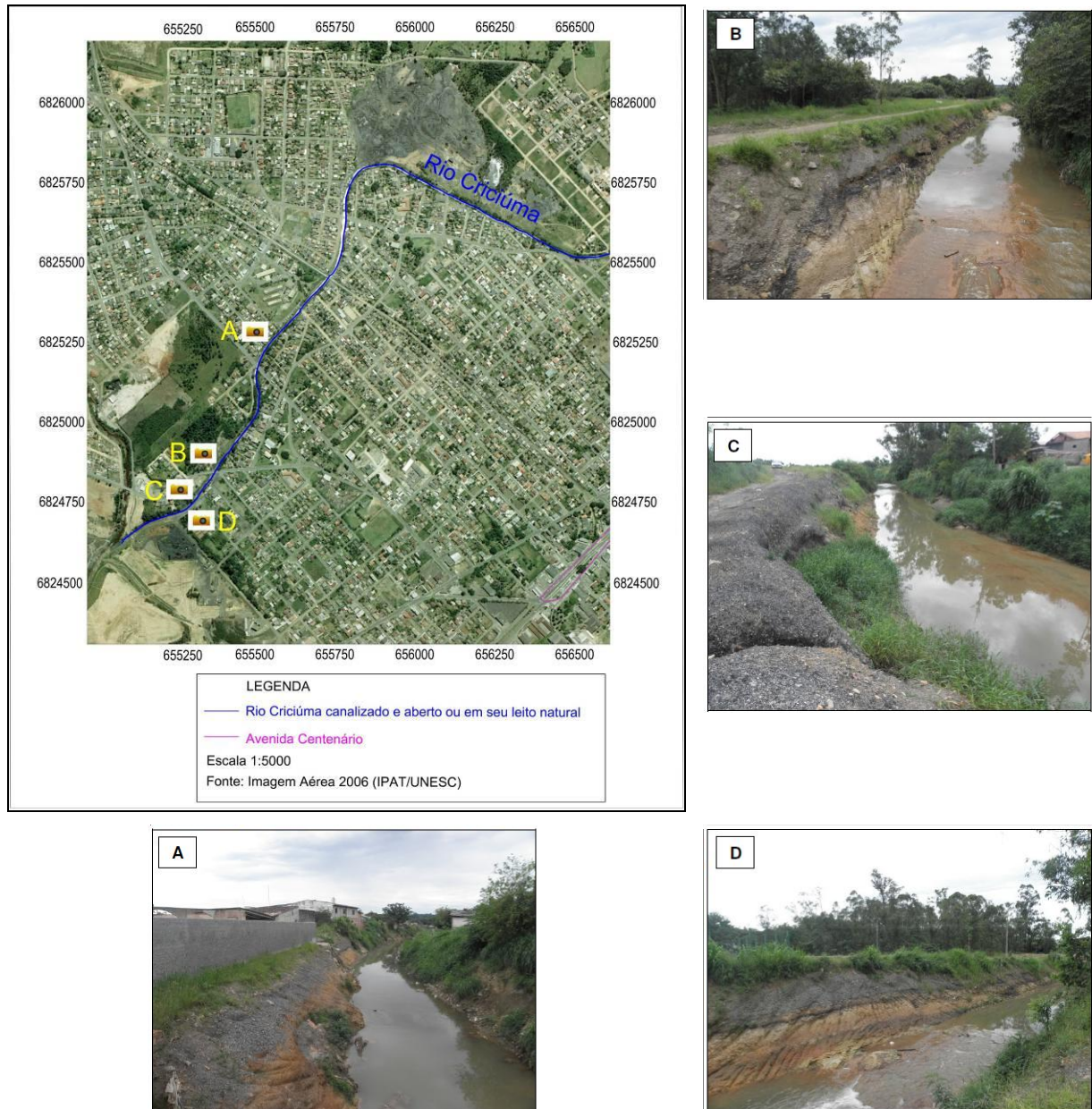


Figura 11 - Rejeito carbonoso exposto na margem direita do rio, a montante da ponte da Avenida dos Italianos. (B): Rejeito exposto na margem direita do rio, compreendido entre as pontes da Avenida dos Italianos e da Rua Arcângelo Meller. (C e D): Rejeito exposto nas margens esquerda e direita, a jusante da ponte da Rua Arcângelo Meller.

### 3.2 CONSIDERAÇÕES GERAIS

De modo geral, o mapeamento das áreas com rejeitos carbonosos ficou limitado aos locais onde era possível a visualização do material exposto, de modo que um mapeamento mais detalhado deve envolver a realização de sondagens

possibilitando assim, delimitar com exatidão os locais de ocorrência de rejeitos carbonosos cobertos.

Assim, tendo em vista a limitação foram observados diversos locais onde o material encontra-se exposto na APP do rio, distribuídos principalmente, nos trechos compreendidos pelo Médio e Baixo rio Criciúma, onde o rio apesar de canalizado em alguns pontos encontra-se em seu leito natural.

Os locais observados com a presença de rejeito caracterizam-se principalmente, por constituir áreas de aterro, onde o material foi utilizado para a elevação da cota do terreno, base para a pavimentação de estradas e preenchimento das cabeceiras das pontes.

## 4 CARACTERIZAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

### 4.1 QUALIDADE DAS ÁGUAS

As águas superficiais do município de Criciúma drenam para as bacias hidrográficas do Araranguá e Urussanga, ambas pertencentes a 10ª região hidrográfica do estado de Santa Catarina (Santa Catarina, 1997).

A porção nordeste do município, equivalente a 23,6% do seu território, é drenada pelos rios Ronco D'água e Linha Anta, contribuintes da bacia do rio Urussanga.

O restante do território cricumense tem como seu principal curso d'água, o rio Sangão, que tem como seus afluentes os rios Maina, Criciúma e Cedro. Na porção sudeste ocorre os rios Eldorado e Quarta Linha, ambos afluentes do rio dos Porcos. O rio Sangão é afluente do rio Mãe Luzia, um dos principais contribuintes da bacia do rio Araranguá. O rio dos Porcos é afluente do próprio rio Araranguá.

A maioria das nascentes dos rios que drenam o município de Criciúma ocorre em rochas sedimentares, em relevos pouco acentuados e com distâncias relativamente pequenas até a sua foz, o que faz com este se apresente com pouca vazão e velocidade de escoamento relativamente baixa. Esta condição imprime aos rios uma baixa capacidade de autorrecuperação.

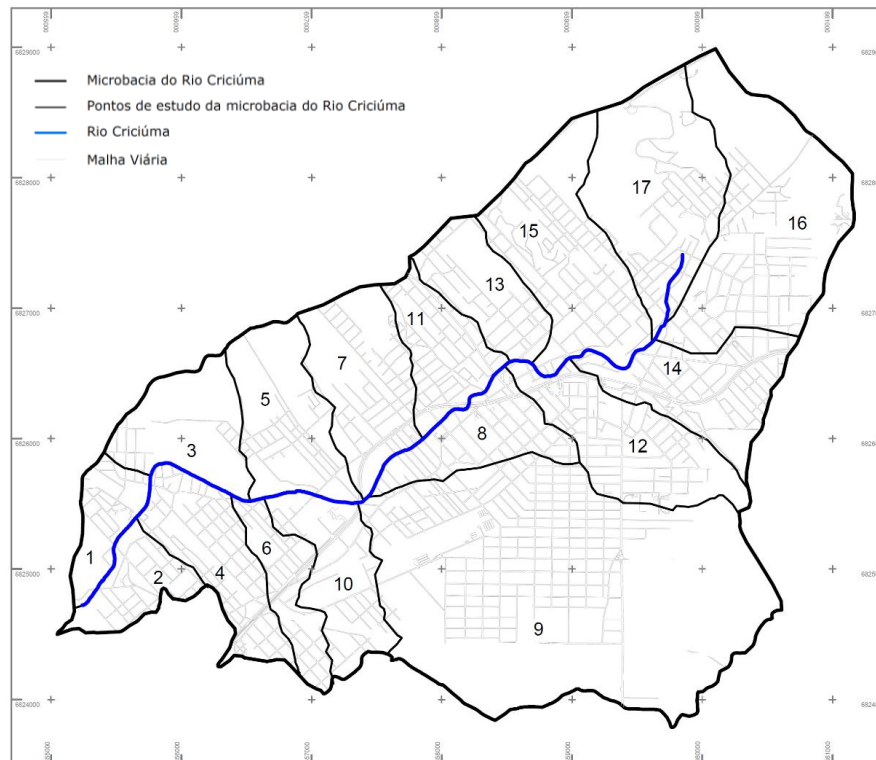
O rio Criciúma drena uma área aproximada de 18,59 km<sup>2</sup> e atravessa a porção central da cidade com longos trechos onde se encontra canalizado ou desviado de seu leito original (Figura 12).



**Figura 12 - Vista do rio Criciúma entre as ruas Henrique Lage e Cônego Miguel Giacca. Observa-se a canalização do curso d'água com paredes de pedra e construção em sua APP.**

No seu percurso, o rio Criciúma recebe a contribuição de dezessete (17) afluentes, conforme mostra a Figura 13. As nascentes destes afluentes também ocorrem em área com altitude relativamente baixa, variando entre 80 e 150 metros, e alguns drenam bairros densamente povoados.





**Figura 13 - Delimitação das 17 microbacias do rio Criciúma.**

Com objetivo de subsidiar o diagnóstico ambiental do rio Criciúma, se propôs a realização de uma campanha de amostragem para avaliar a atual condição de qualidade da água e do sedimento.

O monitoramento quantitativo e qualitativo dos recursos hídricos se constitui em um instrumento, que possibilita gerenciar o recurso, seja em função da oferta hídrica, como base para a tomada de decisão, no que se refere ao aproveitamento múltiplo e integrado da água, ou simplesmente para minimização de impactos ao meio ambiente.

Por definição, uma amostra deve representar a síntese do comportamento do universo estudado, e assim, a sua coleta exige o mesmo rigor científico que as demais etapas de um programa de amostragem.

#### **4.1.1 Definição dos pontos de amostragem da água**

A rede de pontos de amostragem dimensionada para descrever a qualidade da água do rio Criciúma tem dez (10) estações distribuídas ao longo do canal principal do rio, conforme mostra o Quadro 1.

**Quadro 1 - Descrição das estações de amostragem para caracterização da qualidade da água do rio Criciúma.**

Código	Coordenadas UTM (SAD69)	Descrição
RC01	659377; 6827459	Localizado no Morro Cechinel, nas proximidades do Criciúma Clube. Altitude do ponto de coleta: 89 metros. Trata-se de um dos formadores do rio Criciúma.
RC02	659725; 6827030	Estação localizada no estacionamento do edifício Milênio. Neste ponto o rio encontra-se a céu aberto e suas margens são fixadas com paredes de pedra e concreto. Altitude do ponto: 53 metros.
RC03	658555; 6826589	Após a ponte da rua Araranguá, nas proximidades do Colégio Energia, na área central da cidade. Altitude do ponto: 44 metros.
RC04	658219; 6826318	Nas proximidades do cruzamento da avenida Centenário com a rua Henrique Lage. Na margem direita, o rio Criciúma recebe afluente que drena o bairro Operária Nova. A jusante deste ponto o rio corre a céu aberto, exceto onde cruza a avenida Centenário.
RC05	657845; 6825990	Localiza-se no bairro Santa Bárbara, sob a ponte da rua Artur Pescador, em área densamente povoada. Altitude do ponto de coleta 37 metros.
RC06	657515; 6825711	Localizado no bairro Santa Bárbara, este ponto recebe contribuição deste e dos bairros Santo Antônio e Operária Nova. Altitude do ponto de coleta 34 metros.
RC07	656579; 6825509	Localizado no bairro Santo Antônio, neste trecho o rio Criciúma não é canalizado e constata-se a deposição de entulhos e restos de demolição nas margens. Altitude do ponto de coleta: 33 metros.
RC08	655763; 6825641	Localizado no bairro Boa Vista, após a ponte da rua Silvino Rovaris. Altitude do ponto 31 metros.
RC09	655480; 6825167	Sob a ponte da Avenida dos Italianos, no bairro Pinheirinho. Recebe a contribuição deste, além dos bairros São Francisco e Boa Vista. O ponto amostral localiza-se em uma zona densamente povoada, onde as margens do rio (APP) encontram-se ocupadas com residências, contribuindo para o assoreamento do mesmo. Altitude do ponto de coleta; 30 metros.
RC10	655139; 6824689	Localizado a montante da confluência do rio Criciúma com o Sangão, no bairro Santa Augusta. Altitude do ponto de coleta: 29 metros.

#### 4.1.2 Indicadores de qualidade da água

Para caracterizar a qualidade da água do rio Criciúma foram selecionados os principais indicadores de poluição de origem doméstica e de carvão, levando-se em conta as condições físico-química, microbiológica e ecotoxicológica. O Quadro 2 mostra a relação dos parâmetros de análise, com os respectivos métodos analíticos e limite detectável.

**Quadro 2 - Indicadores de qualidade da água utilizados para caracterização do rio Criciúma, limite detectável e método de análise para cada indicador.**

Variável de qualidade	Mínimo Detectável	Método de Análise
pH (24,3°C)	0,1	Pontenciométrico
DQO (mg.L <sup>-1</sup> )	0,5	Refluxo aberto
DBO <sub>05 dias</sub> (mg.L <sup>-1</sup> )	1	Teste DBO 5 dias
Detergentes (mg.L <sup>-1</sup> )	0,1	Colorimétrico
Chumbo total (mg.L <sup>-1</sup> )	0,05	Espectrofotômetro Absorção Atômica (chama)
Cromo total (mg.L <sup>-1</sup> )	0,02	Espectrofotômetro Absorção Atômica (chama)
Ferro total (mg.L <sup>-1</sup> )	0,02	Espectrofotômetro Absorção Atômica (chama)
Manganês total (mg.L <sup>-1</sup> )	0,01	Espectrofotômetro Absorção Atômica (chama)
Fenóis totais (mg.L <sup>-1</sup> )	0,003	Colorimétrico e extração com clorofórmio
Fosfato Total (mg.L <sup>-1</sup> )	0,1	Colorimétrico
Nitrogênio Total (mg.L <sup>-1</sup> )	0,1	Macro Kjeldahl/ titulométrico
Óleos e Graxas (mg.L <sup>-1</sup> )	1	Extração Soxhlet/gravimétrico
Oxigênio Dissolvido (mg.L <sup>-1</sup> )	0,1	Iodométrico – Modificação c/ Azida
Sólidos Totais (mg.L <sup>-1</sup> )	10	Gravimétrico
Turbidez (NTU)	0,1	Nefelométrico
Ecotoxicológico (FT)	1	Ensaio agudo com Daphnia

A amostragem de água foi realizada no dia 05 de março de 2012, sendo que os procedimentos adotados na coleta e análises laboratoriais seguiram as recomendações do Standard Methods For Examination Water, 21ª edição (2005).

A interpretação dos dados de qualidade levou em conta a aplicação do IQA – Índice de Qualidade das Águas e do IVA – Índice de Qualidade de Proteção da Vida Aquática, além da abordagem comparativa com a Resolução CONAMA n. 357/2005 (BRASIL, 2005) com a finalidade de se avaliar as condições de uso das águas do rio Criciúma.

#### 4.1.3 Definição dos pontos de coleta de sedimento

Para a caracterização do sedimento do rio Criciúma foi realizada amostragem composta, sendo que cada amostra de sedimento é formada por material de fundo do canal de 3 estações de água, conforme Quadro 3. Na estação RC01 (nascente) não foi realizada amostragem de sedimento.

**Quadro 3 - Composição das amostras de sedimento do rio Criciúma.**

<b>Código da amostra de sedimento</b>	<b>Composição da Amostra</b>
P01	RC02 + RC03 + RC04
P02	RC05 + RC06+ RC07
P03	RC08 + RC09 + RC10

Em cada estação a amostragem do sedimento ocorreu em 3 pontos transversais, ou seja, próximo às margens esquerda e direita e no centro do canal. A amostragem foi realizada no dia 29 de fevereiro de 2012.

Após a homogeneização e quarteamento do material amostrado (ABNT, 2004), o mesmo é submetido à classificação por ensaio granulométrico, além da caracterização química e ecotoxicológica.

A metodologia analítica para a extração dos metais das amostras de sedimento foi realizada através de digestão com ácido nítrico concentrado e aquecimento por micro-ondas. Os metais analisados no sedimento foram: Arsênio, Cádmio, Chumbo, Cobre, Cromo, Mercúrio, Níquel, Zinco, Ferro, Manganês, Alumínio e Bário. A poluição por esgoto doméstico foi caracterizada através do conteúdo de matéria orgânica, carbono orgânico, Nitrogênio total e Fósforo total.

A ecotoxicidade foi avaliada na fração solubilizada do sedimento, sendo estabelecido o ensaio agudo com daphnias (*Daphnia magna*) como bioindicadores.

#### **4.1.4 Resultados e discussões**

##### **4.1.4.1 Comparação com Resolução CONAMA n. 357/2005**

Considerando o disposto na Resolução CONAMA n. 357/2005, associado ao fato de que o Estado de Santa Catarina ainda não efetivou o enquadramento dos seus cursos d'água, exceto para aquelas águas enquadradas na classe especial, o rio Criciúma é de classe 2. As águas doce de classe 2, conforme descreve a citada Resolução, destinam-se ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário; à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e à aquicultura e à atividade de pesca.

Na Tabela 1 são apresentados os dados relativos à amostragem.

**Tabela 1 - Dados de campo relativos à amostragem de água no rio Criciúma. Amostragem realizada em 05/03/2012.**

	RC01	RC02	RC03	RC04	RC05	RC06	RC07	RC08	RC09	RC10
Hora da Amostragem	10:15	09:30	11:10	11:25	11:50	13:50	14:15	14:30	15:00	16:00
Temperatura do ar (°C)	29,0	29,0	32,0	32,0	32,0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0
Temperatura da água (°C)	21,3	23,6	24,8	26,0	26,8	27,8	29,5	31,0	31,3	31,6
Altitude (m)	89	53	44	39	37	34	33	31	30	29
Vazão (L.s <sup>-1</sup> )	10	40	142	212	284	356	373	428	485	522

Na Tabela 2 são apresentados os resultados obtidos durante a amostragem realizada para caracterização da água do rio Criciúma, comparando os valores estabelecidos pelo CONAMA para classes 2, 3 e 4. Os laudos encontram-se no ANEXO 2.1: Águas superficiais.

Os valores de pH registrado nas 10 estações de amostragem variaram entre 5,3 (RC01) à 7,3 (RC03). Com relação a este parâmetro apenas a estação RC01 (próximo a uma das nascentes do rio Criciúma) não atende às condições previstas na Resolução CONAMA n. 357/2005 para as classes 2, 3 e 4. A Figura 14 mostra o comportamento do rio Criciúma com relação ao pH de suas águas.

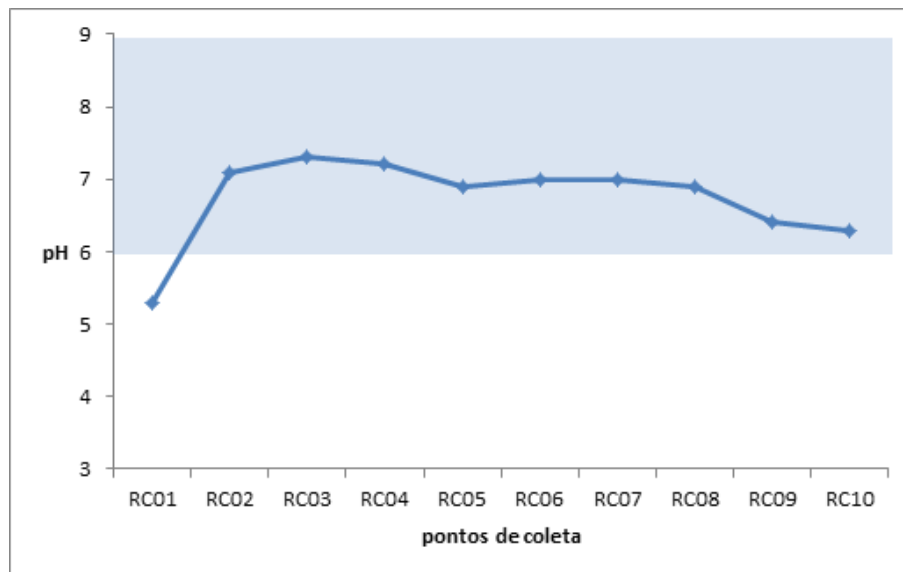


Figura 14 - Evolução do pH ao longo do canal do rio Criciúma, destacando a faixa recomendada pela Resolução CONAMA n. 357/2005 para água doce (pH entre 6 e 9).

Situação inversa ocorre com relação à poluição por matéria orgânica, neste caso, medida em termos de  $DBO_5$ . Apenas a estação RC01 (nascente) encontra-se em conformidade com a Resolução CONAMA n. 357/2005 para água classe 2. As demais estações ultrapassam inclusive o padrão previsto para classe 3, exceto a estação RC10 que encontra-se no limite desta classe. A Figura 15 mostra a situação do rio Criciúma com relação à poluição por matéria orgânica.

**Tabela 2 - Qualidade da água nas estações localizadas no rio Criciúma e valores de referência (Resolução CONAMA n. 357/2005).**

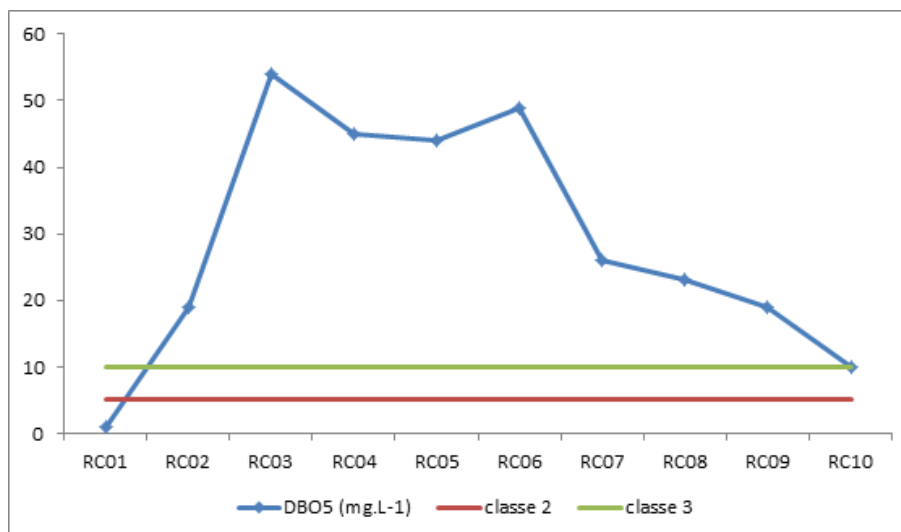
Indicador de qualidade	RC01	RC02	RC03	RC04	RC05	RC06	RC07	RC08	RC09	RC10	Referência Resolução CONAMA n. 357/2005		
											classe 2	classe 3	classe 4
pH (19,5°C)	5,3	7,1	7,3	7,2	6,9	7,0	7,0	6,9	6,4	6,3	6 a 9	6 a 9	6 a 9
DQO (mg.L <sup>-1</sup> )	<20	43	96	75	88	97	66	38	40	35	na	na	na
DBO (mg.L <sup>-1</sup> )	<1	19	54	45	44	49	26	23	19	10	5	10	na
Detergentes (mg.L <sup>-1</sup> )	<0,1	1,3	3,3	3,2	3,3	4,1	3,2	2,3	2,3	1,7	na	na	na
Chumbo (mg.L <sup>-1</sup> )	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,01	0,033	na
Cromo Total (mg.L <sup>-1</sup> )	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,05	0,05	na
Ferro Total (mg.L <sup>-1</sup> )	1,14	2,25	2,56	2,89	3,18	3,55	3,63	6,10	10,28	16,06	0,3	5	na
Manganês Total (mg.L <sup>-1</sup> )	1,60	0,31	0,42	0,38	0,39	0,44	0,45	0,48	0,72	0,76	0,1	0,5	na
Fenóis (mg.L <sup>-1</sup> )	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	0,003	0,01	1
Fosfato Total (mg.L <sup>-1</sup> )	0,04	2,20	3,70	3,15	3,65	3,25	2,48	1,84	1,48	1,14	0,10	0,15	na
Nitrogênio Total (mg.L <sup>-1</sup> )	0,7	12,9	18,1	3,4	17,0	17,7	15,9	14,8	13,4	12,7	3,7	13,3	na
Óleos e Graxas (mg.L <sup>-1</sup> )	<1	9	9	6	<1	2	2	1	4	3	va	va	Iridiscência
Oxigênio Dissolvido (mg.L <sup>-1</sup> )	8,9	2,0	3,0	1,8	1,2	0,7	0,8	1,5	1,1	1,4	> 5	> 4	> 2
Sólidos Totais (mg.L <sup>-1</sup> )	286	319	362	343	322	439	326	304	345	324	500	500	500
Turbidez (NTU)	2,8	38,9	32,0	28,4	32,0	33,9	25,3	31,6	34,0	23,9	100	100	na
Coli totais (NMP/100mL)	6,8	>16000	>16000	>16000	>16000	>16000	180	>16000	>16000	9200	na	na	na
Coli fecais (NMP/100mL)	aus	>16000	>16000	>16000	>16000	240	180	180	4,5	390	1000	2500	na
Ecotoxicidade (FT)	2	3	3	3	1	3	1	2	2	2	1 <sup>(a)</sup>	1 <sup>(b)</sup>	na

(a) não verificação do efeito tóxico Crônico a organismos aquáticos.

(b) não verificação de efeito tóxico agudo a organismos aquáticos.

va - virtualmente ausentes.

na - não se aplica



**Figura 15 - Comportamento da matéria orgânica ao longo do rio Criciúma e padrões de qualidade para água doce classe 2 e 3 (Resolução CONAMA n. 357/2005).**

O trecho mais crítico com relação à poluição por matéria orgânica (DBO) encontra-se compreendido entre as estações RC03 (localizada na Rua Araranguá, próximo ao colégio Energia) e RC06 (localizada no bairro Santa Bárbara). Neste trecho o rio recebe a carga poluente da maior parte da população do município.

Como era de se esperar, os pontos com maior concentração de matéria orgânica ou DBO, apresentaram os maiores valores de DQO (demanda química de oxigênio). Apesar de não ter padrão estabelecido pela Legislação Federal e Estadual, os valores de DQO quando utilizados em conjunto com os valores de DBO representam a biodegradabilidade da amostra. Braille e Cavalcanti (1993) estabelecem que o resultado da relação DQO/DBO menor ou igual a 2 reflete uma amostra facilmente biodegradável, ou seja, é oxidável pela ação de microrganismos.

Os valores obtidos indicam que os pontos mais resistentes à biodegradação, ou que apresentam recalcitrância são RC02, RC07 e RC10, conforme mostra a Figura 16.



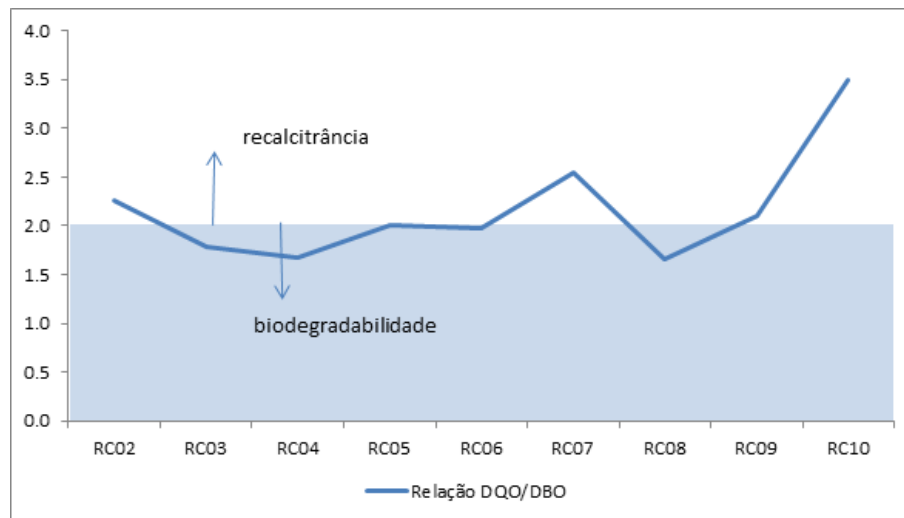


Figura 16 - Relação entre DQO e DBO nas estações de amostragem do rio Criciúma.

Ainda no trecho compreendido entre as estações RC03 e RC06 do rio Criciúma ocorrem também as maiores concentrações de fósforo e nitrogênio, parâmetros que também estão relacionados ao esgoto doméstico (Figura 17).

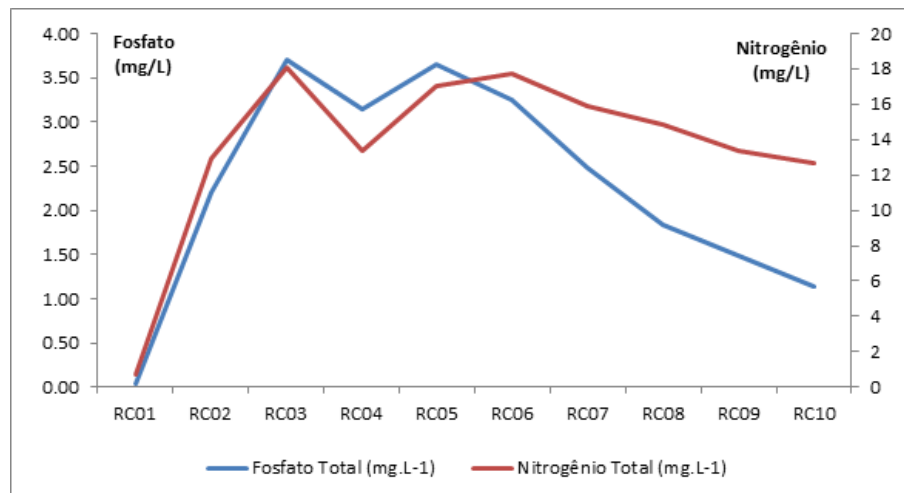


Figura 17 - Concentração de fosfato e nitrogênio nas estações de amostragem do rio Criciúma.

As bactérias do tipo coliforme são organismos indicadores de contaminação fecal, especialmente as do tipo coliformes fecais, também chamadas de bactérias termotolerantes (fermenta a lactose com produção de gás em 24 horas à temperatura de 44 – 45°C em meio contendo sais biliares).

Os coliformes se apresentam em grande quantidade nas fezes humanas (cada indivíduo elimina milhões de bactérias por dia). Com isso, a probabilidade de que sejam detectados é incomparavelmente superior à dos organismos patogênicos.

Os coliformes apresentam resistência aproximadamente similar à maioria das bactérias patogênicas intestinais. Tal característica é importante, pois não seriam bons indicadores se morressem mais rapidamente que o agente patogênico. Exceção deve ser feita aos vírus, que apresentam uma resistência superior aos dos coliformes.

As estações de monitoramento localizadas na área central da cidade apresentaram o maior número de coliformes totais e fecais por 100 mililitros de amostra, principalmente as estações RC02, RC03, RC04 e RC05. Como os coliformes fecais tem seu tempo de vida relativamente curto no ambiente, e ainda, levando-se em conta que estes não se reproduzem fora do intestino de animais de sangue quente, a presença destes no rio Criciúma reflete a contribuição de esgoto doméstico sem tratamento.

Contudo, o parâmetro que mais representa o atual quadro de degradação do rio Criciúma em função da carga orgânica que o mesmo recebe é a baixa concentração de oxigênio dissolvido. O baixo nível de oxigenação da água em todas as estações monitoradas, com exceção do ponto próximo à nascente que registrou  $8,9 \text{ mg.L}^{-1}$ , mostra a baixa capacidade de autodepuração deste curso d'água. A Figura 18 mostra o comportamento do oxigênio dissolvido ao longo do percurso do rio Criciúma.

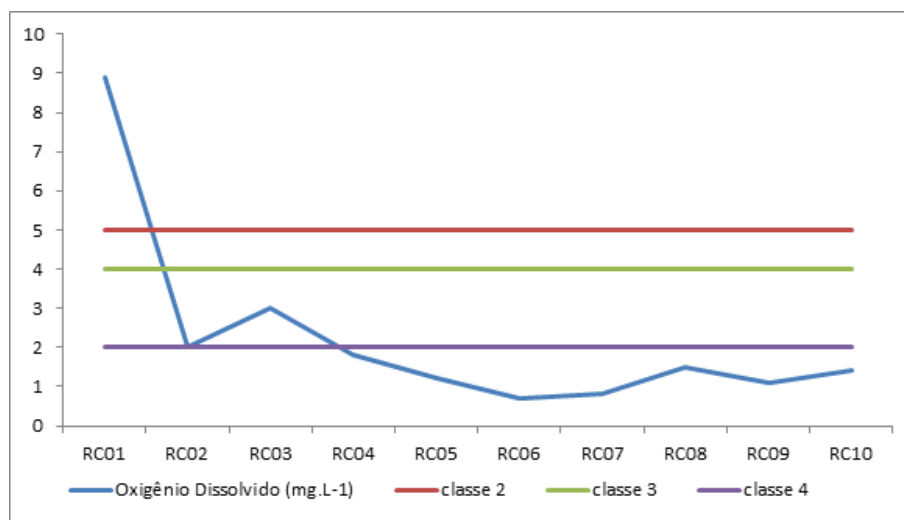


Figura 18 - Níveis de oxigenação da água no rio Criciúma e padrões de qualidade para classe 2, 3 e 4 (Resolução CONAMA n. 357/2005).

O oxigênio dissolvido (OD) é de essencial importância para os organismos aquáticos aeróbicos (que vivem na presença de oxigênio na forma dissolvida). O consumo de oxigênio ocorre durante o processo de estabilização da matéria orgânica, quando as bactérias fazem uso do oxigênio nos seus processos respiratórios. Desta forma, quanto maior a concentração de matéria orgânica (neste caso, DBO) maior será o consumo de oxigênio. Sendo que a concentração de OD entre 4 de 5 mg.L<sup>-1</sup> morrem os peixes mais exigentes; com OD igual a 2 mg.L<sup>-1</sup> todos os peixes estão mortos; e com OD igual a zero, tem-se condições de anaerobiose o que conseqüentemente acarreta a exalação de odores fétidos provenientes de gases de enxofre que são formados durante o processo de respiração anaeróbia.

Para avaliar a poluição por metais no rio Criciúma foram analisados chumbo, cromo, ferro e manganês. Os dois últimos estão diretamente relacionados às atividades ligadas à mineração de carvão.

Observa-se um incremento na concentração de ferro em direção à foz da microbacia. Nas dez (10) estações monitoradas o rio Criciúma teve o padrão de qualidade da água ultrapassado para classe 2, sendo que nas 3 últimas estações ultrapassou também o padrão para classe 3, conforme mostra a Figura 19.

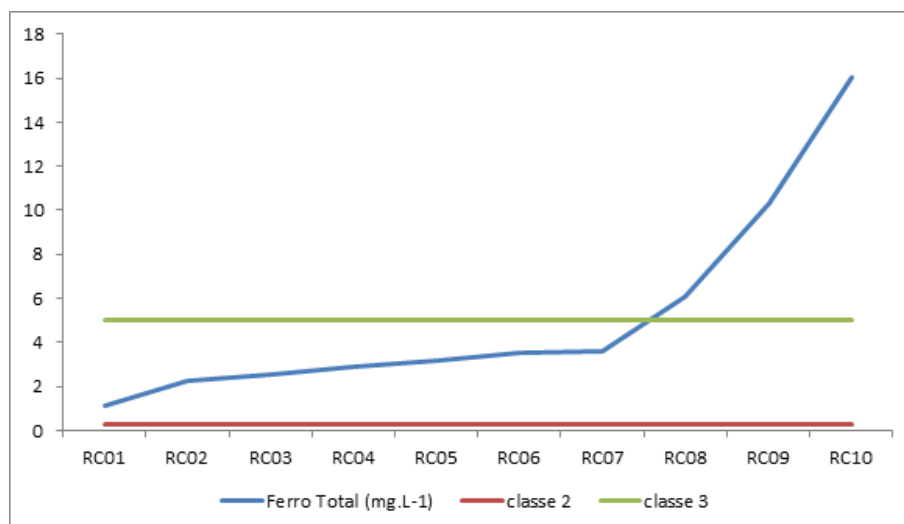
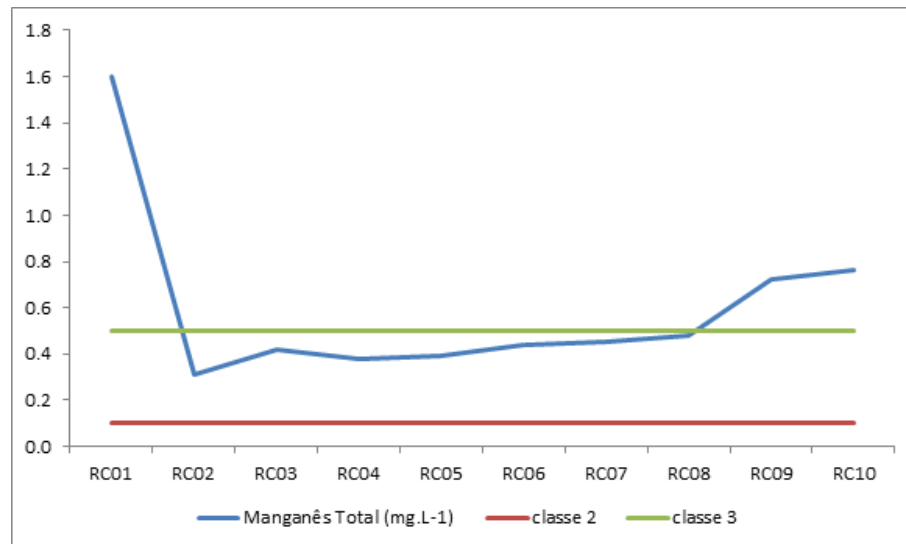


Figura 19 - Evolução da concentração de ferro total ao longo do rio Criciúma e padrões de qualidade para água doce classe 2 e 3 (Resolução CONAMA n. 357/2005).

A presença de ferro na água superficial está bastante relacionada à presença de rejeitos piritosos provenientes do beneficiamento de carvão.

Com relação ao manganês, a maior concentração foi registrada na estação próxima à nascente (RC01), reduzindo a concentração no trecho intermediário do canal e voltando a aumentar nas proximidades da foz. A Figura 20 ilustra o comportamento do manganês ao longo do canal do rio Criciúma.



**Figura 20 - Concentração de manganês ao longo do rio Criciúma e valores de referência: padrões de qualidade da água classe 2 e 3 conforme Resolução CONAMA n. 357/2005.**

A concentração de manganês está mais relacionada com o contato da água com a camada de estéril da jazida de carvão. No caso do rio Criciúma, a presença de manganês deve estar associada à drenagem de mina de subsolo.

Nenhuma estação apresentou concentração de chumbo e cromo acima do limite detectável pelo método de laboratório.

Desta forma, conclui-se que o rio Criciúma não oferece condições de uso de suas águas compatíveis com o seu enquadramento como rio de classe 2 (atual enquadramento deste curso d'água).

E ainda, com relação às condições de uso das águas do rio Criciúma, considerando os parâmetros analisados neste diagnóstico ambiental, pode se dizer que nas dez (10) estações monitoradas, a qualidade da água não é compatível nem com os usos menos exigentes, como é o caso das águas de classe 4. Conforme a Resolução CONAMA n. 357/2005, as águas de classe 4 podem ser destinadas à navegação e harmonia paisagística.



#### **4.1.4.2 IQA – Índice de Qualidade da Água**

Uma forma simplificada de se transmitir dados gerados no monitoramento de uma área para a comunidade é a adoção de índices de qualidade ambiental. Esses índices têm o objetivo de traduzir uma linguagem técnica inacessível para leigos em informações claras e simples, que geralmente são reproduzidas em uma única palavra: ótimo, bom, satisfatório, regular ou crítico (DERÍSIO, 1992; LEITE, FONSECA, 1994; ALEXANDRE, KREBS, 1995; CETESB, 1996; CARVALHO, 1999; ALEXANDRE, 2000).

Sabe-se que a água admite uma variedade de usos e como os requisitos de qualidade variam em função do uso, os índices de qualidade foram criados para fins específicos (BRAGA, 2002). Assim, cada índice de qualidade tem um objetivo e a sua adoção como meio de informação do resultado de programa de monitoramento, deve levar em conta o uso que se pretende da água (IPAT/UNESC; FATMA, 2006).

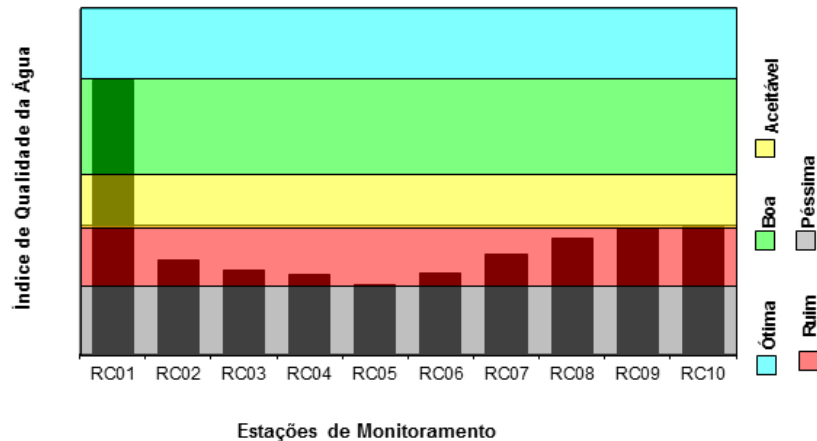
O IQA – Índice de Qualidade da Água foi adaptado pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) através de um estudo realizado pela "*National Sanitation Foundation*" dos Estados Unidos em 1970, considerando nove parâmetros para a avaliação da qualidade das águas com o principal foco ligado ao abastecimento público.

As variáveis utilizadas no IQA objetivam a determinação da contribuição de esgotos domésticos para os recursos hídricos, sendo este índice desenvolvido para avaliação de águas para abastecimento público, levando em consideração aos processos de tratamento com vistas ao abastecimento doméstico.

Os parâmetros utilizados no cálculo do IQA foram obtidos a partir de pesquisa de opinião com especialistas em qualidade de águas, que indicaram o peso relativo dos mesmos e a condição com que se apresenta cada parâmetro, de acordo com uma escala de valores.

O IQA é determinado pelo produto ponderado dos seguintes parâmetros: temperatura da amostra, pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio (DBO<sub>5,20</sub>), coliformes termotolerantes, nitrogênio total, fósforo total, resíduo total e turbidez.

A Figura 21 mostra o resultado da aplicação do IQA nas 10 estações de amostragem de água do rio Criciúma.



**Figura 21 - Resultados do IQA ao longo do canal do rio Criciúma.**

A aplicação do método de avaliação da água através do IQA permite verificar que a qualidade da água na Estação RC01 é de boa qualidade, sendo que entre os parâmetros que compõe o IQA, somente o pH apresentou-se em desacordo com o estabelecido. Neste caso, ressalta-se que os parâmetros ferro e manganês também estão acima dos valores estabelecidos, porém estes parâmetros não entram no cálculo do IQA.

As estações RC02, RC03 e RC04 apresentam água com qualidade ruim, de acordo com a metodologia do IQA, apresentando redução no índice de montante para jusante, ou seja, do RC02 para o RC04.

Os parâmetros que mais contribuíram para a composição do índice nestas estações são o elevado número de coliformes fecais, a alta concentração de DBO ou matéria orgânica e o baixo nível de oxigenação.

A estação RC05 apresentou o pior resultado entre as 10 estações monitoradas, ficando no limite entre a qualidade ruim e péssima. Além dos parâmetros já relacionados para as estações de montante, na estação RC05 se sobressaíram as concentrações de nitrogênio e fósforo.

A partir desta estação (RC05) o rio Criciúma tem uma melhora na qualidade de suas águas, aumentando o seu IQA de montante para jusante, ou seja, da estação RC06 para a RC10.

Nas estações RC09 e RC10 a condição de qualidade da água do rio encontra-se no limite das categorias ruim e satisfatória.

Neste caso, ressalta-se que a metodologia de avaliação da água através do IQA, leva em conta parâmetros indicadores de poluição orgânica, mais especificamente, poluição por esgoto doméstico.

#### **4.1.4.3 IVA – Índice de Qualidade da Água para a Proteção da Vida Aquática**

De acordo com a CETESB (2010), o IVA tem como objetivo avaliar a qualidade das águas para fins de proteção da fauna e flora em geral, diferenciada, portanto, de um índice para avaliação da água para o consumo humano e recreação de contato primário, como são os casos do IQA e do Índice de Balneabilidade, respectivamente.

Desta forma, pode se dizer que o IVA é um índice que avalia as condições ambientais do ecossistema aquático, e leva em consideração a presença e concentração de contaminantes químicos tóxicos, seu efeito sobre os organismos aquáticos (toxicidade) e duas das variáveis consideradas essenciais para a biota (pH e oxigênio dissolvido). Estas variáveis são agrupadas em um subíndice considerado como Índice de Variáveis Mínimas para a Preservação da Vida Aquática – IPMCA, onde a condição do ecossistema é classificada em:

- a. **Nível A:** Águas com características desejáveis para manter a sobrevivência e a reprodução dos organismos aquáticos.
- b. **Nível B:** Águas com características desejáveis para a sobrevivência dos organismos aquáticos, porém a reprodução pode ser afetada em longo prazo.
- c. **Nível C:** Águas com características que comprometem a sobrevivência dos organismos aquáticos.

Outro subíndice que integra o IVA é o IET – Índice de Estado Trófico, que classifica os corpos d'água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito decorrente do crescimento excessivo das algas ou o potencial para o crescimento de plantas aquáticas, lembrando que a maior fonte de poluição que resultam nesse processo é o despejo de águas residuárias de origem doméstica. O Quadro 4 mostra a classificação das águas de acordo com o grau de trofia.

**Quadro 4 - Classificação do Índice de Estado Trófico em função da característica da água.**

Estado Trófico	Especificação	Classes do IET
Oligotrófico	Corpos de água limpos, de baixa produtividade, em que não ocorrem interferências indesejáveis sobre os usos da água.	1
Mesotrófico	Corpos de água com produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis, na maioria dos casos.	2
Eutrófico	Corpos de água com alta produtividade em relação às condições naturais, de baixa transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, em que ocorrem alterações indesejáveis na qualidade da água e interferências nos seus múltiplos usos.	3
Hipereutrófico	Corpos de água afetados significativamente pelas elevadas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, com comprometimento acentuado nos seus usos, podendo inclusive estar associados a episódios florações de algas e de mortandade de peixes e causar consequências indesejáveis nas regiões ribeirinhas.	4

Fonte: CETESB, 2010.

O IVA resulta da associação do IPMCA com o IET classificando a água em Boa, Regular, Ruim e Péssima de acordo com as condições que esta apresenta para a proteção da vida aquática.

O resultado dos índices de IPMCA, IET e IVA aplicado às dez estações de monitoramento do rio Criciúma encontram-se na Tabela 3.

**Tabela 3 - Classificação da água do rio Criciúma de acordo com os índices de qualidade para preservação da vida aquática.**

Parâmetros	Estações amostrais									
	RC01	RC02	RC03	RC04	RC05	RC06	RC07	RC08	RC09	RC10
OD (mg.L <sup>-1</sup> )	8,9	2,0	3,0	1,8	1,2	0,7	0,8	1,5	1,1	1,4
pH (Sorensen)	5,3	7,1	7,3	7,2	6,9	7,0	7,0	6,9	6,4	6,3
Ecotoxicidade	Aguda	Aguda	Aguda	Aguda	Crônica	Aguda	Crônica	Aguda	Aguda	Aguda
Detergentes (mg.L <sup>-1</sup> )	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Fenóis (mg.L <sup>-1</sup> )	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Cádmio (mg.L <sup>-1</sup> )	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Chumbo (mg.L <sup>-1</sup> )	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Cromo (mg.L <sup>-1</sup> )	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Fósforo Total (mg.L <sup>-1</sup> )	0,01	0,72	1,21	1,03	1,19	1,06	0,81	0,60	0,48	0,37
<b>Parâmetros Essenciais</b>	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
<b>Substâncias Tóxicas</b>	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
<b>IPMCA = PE x ST</b>	3	6	6	6	6	6	6	6	6	6
<b>Classificação IPMCA</b>	<b>Ruim</b>	<b>Péssima</b>	<b>Péssima</b>	<b>Péssima</b>	<b>Péssima</b>	<b>Péssima</b>	<b>Péssima</b>	<b>Péssima</b>	<b>Péssima</b>	<b>Péssima</b>
Fósforo total (mg/m <sup>3</sup> )	13	717	1207	1028	1191	1061	809	600	483	372
IET	1	4	4	4	4	4	4	4	4	4
<b>Classificação do IET</b>	<b>Oligo</b>	<b>Hiper</b>	<b>Hiper</b>	<b>Hiper</b>	<b>Hiper</b>	<b>Hiper</b>	<b>Hiper</b>	<b>Hiper</b>	<b>Hiper</b>	<b>Hiper</b>
<b>IVA = (IPMCA x 1,2) + IET</b>	4,6	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2
<b>Classificação do IVA</b>	<b>Ruim</b>	<b>Péssima</b>	<b>Péssima</b>	<b>Péssima</b>	<b>Péssima</b>	<b>Péssima</b>	<b>Péssima</b>	<b>Péssima</b>	<b>Péssima</b>	<b>Péssima</b>

Obs.: Oligo – oligotrófico; Hiper – Hipereutrófico



O resultado da aplicação dos índices de qualidade no rio Criciúma demonstra que este curso d'água não apresenta condições de preservação da vida aquática.

Mesmo a estação localizada próximo à nascente (RC01) não apresenta condições de manutenção do ecossistema, uma vez que o ensaio de ecotoxicidade realizado com *Daphnia magna* demonstra a presença de toxicidade aguda.

Entre os índices de qualidade avaliado o IVA é o que mais descreve a condição do ecossistema com relação à proteção das comunidades aquáticas, sendo que o seu resultado é o que mais reflete a realidade do curso d'água. No caso do rio Criciúma, tais evidências são corroboradas pela total ausência de organismos que compõe uma estrutura mínima da cadeia trófica em todo o percurso do rio.

Na Tabela 4 apresenta uma consolidação dos resultados de classificação da água do rio Criciúma em função dos índices de qualidade adotados no presente diagnóstico, bem como apresenta a porcentagem dos parâmetros de qualidade da água que se encontram em desacordo com os padrões estabelecidos para água de classe 2 e 3 conforme estabelecido pelo CONAMA.

**Tabela 4 - Resumo das condições de qualidade da água quanto ao IQA, IPMCA, IET, IVA e porcentagem dos parâmetros em desacordo com as classe 2 e 3 da Resolução CONAMA n. 357/2005.**

Método de avaliação	Pontos de amostragem									
	RC01	RC02	RC03	RC04	RC05	RC06	RC07	RC08	RC09	RC10
IQA	boa	ruim	ruim	ruim	péssima	ruim	ruim	ruim	ruim(1)	ruim (1)
IPMCA	ruim	péssima	péssima	péssima	péssima	péssima	péssima	péssima	péssima	péssima
IET	boa	péssima	péssima	péssima	péssima	péssima	péssima	péssima	péssima	péssima
IVA	ruim	péssima	péssima	péssima	péssima	péssima	péssima	péssima	péssima	péssima
Classe 2	29%	64%	64%	64%	64%	57%	57%	57%	57%	57%
Classe 3	21%	43%	50%	50%	43%	43%	43%	50%	57%	50%

Os resultados refletem a condição de qualidade da água do rio Criciúma, lembrando que a situação da estação RC01 com relação ao IQA e IET demonstra que nesta estação há pouco ou nenhuma contribuição por esgoto doméstico.

No que tange à condição de uso das águas e ao seu enquadramento conforme estabelece a Resolução CONAMA n. 357/2005, verifica-se que apesar de

ser um rio de Classe 2, a água do rio Criciúma não apresenta condições de uso compatível com seu enquadramento.

Levando-se em conta ainda, a condição da água nas 10 estações de amostragem, conclui-se que a mesma não é compatível nem com os usos menos exigentes, como seria o caso das águas doce de classe 4. A referida Resolução considera que os rios de classe 4 são aqueles que se prestam à manutenção da harmonia paisagística.

Os parâmetros que mais comprometem a qualidade da água nas estações de monitoramento são aqueles que indicam a poluição por esgoto doméstico, demonstrando a necessidade de políticas voltadas à conscientização da população no sentido de conduzir seus despejos à rede de esgotamento sanitário recentemente implantado pela CASAN.

Outro parâmetro que compromete o uso da água, principalmente como classe 2 é a presença de ferro e manganês. Estes estão relacionados à poluição por atividades ligadas à exploração de carvão e também à própria geologia regional. A estação RC01 (próximo à nascente) e as estações localizadas no trecho inferior do canal, RC08, RC09 e RC10 são as que apresentam maior concentração destes poluentes.

#### **4.1.4.4 Capacidade de Reoxigenação do rio Criciúma**

Entre os parâmetros abordados no presente estudo, o que chama maior atenção é o baixo nível de oxigenação do rio Criciúma em quase toda a sua extensão, conforme mostra a Figura 18. Com exceção do ponto que representa a qualidade da água nas nascentes deste rio, estação RC01 com concentração de OD de  $8,9 \text{ mg.L}^{-1}$ , as demais estações apresentam concentração de OD abaixo do valor mínimo exigido para água de classe 2 (como é o caso do rio Criciúma).

O trecho do rio compreendido entre a estação RC04, nas proximidades do cruzamento da avenida Centenário com a rua Henrique Lage; e a estação RC10, a 150 metros da foz do rio Criciúma com o rio Sangão; o nível de oxigenação da água não é compatível nem mesmo como água de classe 4, ou seja, a concentração de OD é inferior à  $2 \text{ mg.L}^{-1}$ .

Esta situação é reflexo da elevada carga orgânica que o rio Criciúma recebe em função da contribuição de esgoto doméstico da área central da cidade, aliado à baixa capacidade de autodepuração deste curso d'água.

A autodepuração é um processo natural, no qual cargas poluidoras de origem orgânica, lançadas em um corpo d'água são assimiladas pelas condições naturais do corpo receptor de forma que seja mantido o nível ideal de oxigenação da água. Resulta da associação de vários processos de natureza física (diluição, sedimentação e reaeração atmosférica), química e biológica (oxidação e decomposição da matéria orgânica) (SPERLING, 1996).

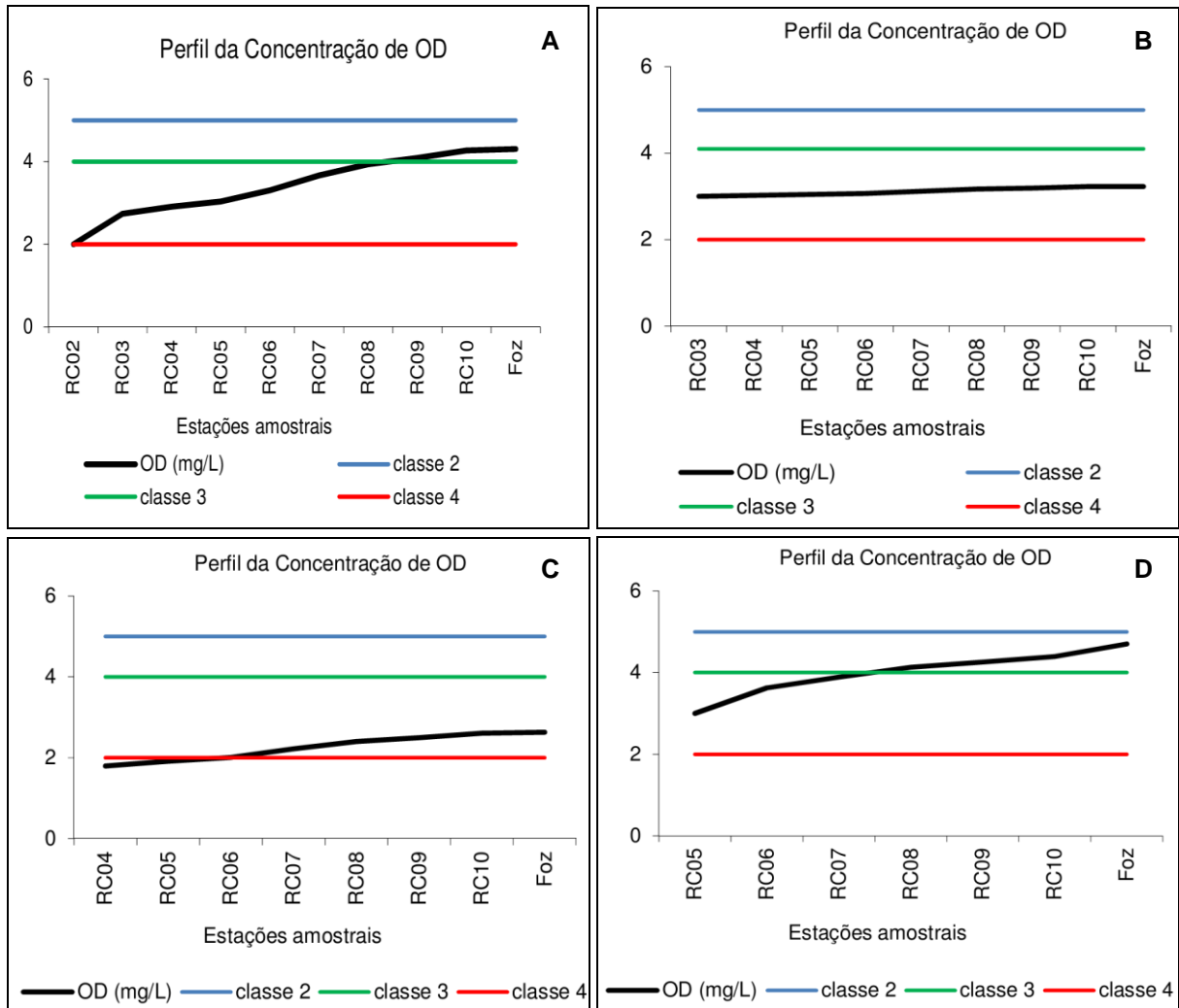
De acordo com Sperling (2007), a autodepuração pode ser entendida como um fenômeno de sucessão ecológica, em que o restabelecimento do equilíbrio no meio aquático, ou seja, a busca pelo estágio inicial encontrado antes do lançamento dos despejos é realizada por mecanismos essencialmente naturais.

O processo de autodepuração resulta de um balanço entre as fontes de consumo de oxigênio e de produção de oxigênio. O consumo de oxigênio decorre da carga orgânica (medida em termos DBO) afluyente ao corpo receptor; enquanto que a principal entrada de oxigênio no sistema é proveniente das condições hidráulicas do corpo receptor, como a vazão, velocidade da água, declividade do canal, presença de leito rochoso, profundidade da lâmina d'água.

Um dos modelos mais utilizados para avaliar a capacidade de autodepuração em rios é o modelo de Streeter e Phelps (1925), que propicia a simulação da curva de oxigênio dissolvido em um curso d'água resultante das equações de consumo e produção de oxigênio.

Para avaliar a capacidade de autodepuração do rio Criciúma, o modelo de Streeter e Phelps (1925) foi aplicado considerando os limites definido entre a estação RC02 e a foz do rio Criciúma, compreendendo uma distância de 6.423 metros. Como o modelo exige uma determinada distância entre o ponto inicial ou o ponto de lançamento de despejo e o ponto final do estudo, no caso, a foz do rio Criciúma; simulou-se o perfil de oxigênio nos trechos definidos entre a estação RC02 e a Foz (Figura 22A); RC03 e a Foz (Figura 22B); RC04 e a Foz (Figura 22C); RC05 e

a Foz (Figura 22D). As planilhas de cálculo encontram-se no ANEXO 3: Modelagem para a reoxigenação do rio Criciúma.



**Figura 22 – Simulação da curva de concentração de oxigênio dissolvido no rio Criciúma, conforme modelo sugerido por Streeter e Phelps (1925), onde: a) trecho entre a estação RC02 e a foz; b) trecho entre a estação RC03 e a foz; c) trecho entre a estação RC04 e a foz e d) trecho entre a estação RC05 e a foz do rio Criciúma.**

Considerando as condições medidas na estação RC02 e levando em conta que após esta estação o rio Criciúma *não receberia* mais nenhum despejo contendo matéria orgânica, a concentração de oxigênio dissolvido (OD) atingiria o valor mínimo recomendado para água de classe 3 em 5.200 a 5.700 metros, ou seja, entre as estações RC08 e RC09 (Figura 22A). O rio Criciúma atingiria uma concentração de OD de 4,30 mg.L<sup>-1</sup> ao atingir a foz com o rio Sangão, valor este abaixo do limite mínimo recomendado para água de classe 2 (Conama 357/2005).

Simulando a autodepuração a partir da estação RC03 (Figura 22B), observa-se que o nível de oxigenação não atinge o valor recomendado para classe 4, ou seja, a concentração de OD fica entre 3,0 e 3,2 mg.L<sup>-1</sup> em toda a extensão do canal compreendido entre a estação RC03 (após a ponte da rua Araranguá) e a foz.

A simulação a partir da RC04 (Figura 22C) apresentou resultado ainda pior do que a simulação de autodepuração do rio a partir do RC03. Nesta situação a concentração de oxigênio no rio Criciúma, desde que não houvesse mais despejo de poluentes a partir da RC04, variaria entre 1,8 mg.L<sup>-1</sup> (na estação RC04) e 2,6 mg.L<sup>-1</sup> (na foz do rio). Esta situação descreve o impacto da carga orgânica contribuinte ao rio Criciúma na região central da cidade, situação esta que impede a autorrecuperação deste curso d'água.

A situação é mais favorável quando se considera a simulação da curva de OD a partir da estação RC05. Conforme se observa na Figura 22D a concentração de oxigênio no rio Criciúma atingiria o valor compatível com água de classe 3 antes de atingir a estação RC08, o que implica em uma distância em torno de 2.300 metros.

Caso o rio não receba nenhuma outra contribuição de carga orgânica, a concentração de oxigênio dissolvido na foz do rio Criciúma seria de 4,7 mg.L<sup>-1</sup>, situação esta próxima com aquela compatível com os cursos d'água de classe 2.

Desta forma, o modelo proposto por Streeter e Phelps (1925) que avalia a autodepuração de cursos d'água, quando aplicado ao rio Criciúma sugere que a partir da estação RC05 este curso d'água apresenta melhores condições de recuperação.

## 4.2 QUALIDADE DOS SEDIMENTOS

O sedimento é considerado como o compartimento resultante da integração de todos os processos que ocorrem em um ecossistema aquático. Sob o ponto de vista de ciclagem de matéria e fluxo de energia, o sedimento é um dos compartimentos mais importantes dos ecossistemas aquáticos continentais. Nele ocorrem processos biológicos, físicos e químicos, que influenciam no metabolismo de todo o sistema. Além disso, o sedimento, devido à sua composição química e



biológica é de fundamental importância no estudo da evolução histórica de ecossistemas aquáticos e terrestres (ESTEVES, 1998).

No ambiente fluvial, o sedimento possui a capacidade de acumular compostos, fazendo deste compartimento um dos mais importantes na avaliação do nível de contaminação dos ecossistemas aquáticos. A abordagem integrada de análises físicas, químicas e biológicas reflete em dados mais adequados sobre a toxicidade do ambiente.

No Brasil a regulamentação sobre caracterização e disposição de sedimento de dragagem é ditada pela Resolução CONAMA n. 344/2004 (BRASIL, 2004), que estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras, e mais recentemente pela Resolução CONAMA n. 421/2010 (BRASIL, 2010), cujos critérios de formulação foram baseados em legislações ambientais internacionais, dentre as quais se destaca a canadense (CANADIAN COUNCIL, 2001).

Para ambientes com água doce, a Resolução CONAMA n. 344/2004 estabelece as concentrações de contaminantes a partir das quais se prevê baixa (Nível 1) ou alta (Nível 2) probabilidade de efeitos tóxicos à biota. Contudo esta resolução trata da disposição de sedimentos que sofrerão processo de dragagem.

Ainda de acordo com legislação canadense, em decorrência da complexa composição química e mineralógica dos sedimentos fluviais e das suas inter-relações com o substrato aquoso, o mais prudente para efeitos de diagnóstico ambiental é a associação de aspectos sedimentológicos, geoquímicos e bioindicadores aquáticos.

Com base nisso, para melhor caracterizar o sedimento do rio Criciúma os parâmetros de referência de Environmental Canada (2002) e da Resolução CONAMA n. 344/2004 foram complementados com ensaios ecotoxicológicos na fração solubilizada do sedimento.

A classificação granulométrica do material assume importância na avaliação do sedimento uma vez que a reatividade do material está diretamente relacionada com a sua granulometria. A Resolução CONAMA n. 344/2004 determina o ensaio

granulométrico em sedimentos conforme classificação do Quadro 5. Figueiredo (2000) informa que é na fração silte + argila, com granulometria menor que 63 µm (menor que 0,063 mm), onde ocorrem as trocas de contaminantes com os outros compartimentos do ecossistema, incluindo a biota.

**Quadro 5 - Classificação granulométrica do sedimento (Resolução CONAMA n. 344/2010).**

Intervalo granulométrico (mm)	Nome
2,0 a 1,0	Areia muito grossa
1,0 a 0,50	Areia grossa
0,50 a 0,250	Areia média
0,250 a 0,125	Areia fina
0,125 a 0,062	Areia muito fina
0,062 a 0,004	Silte
<0,004	Argila

No Quadro 6 são apresentados os valores de referência para conteúdo mineral no sedimento, considerando a Resolução CONAMA n. 344/2004 que trata da caracterização do sedimento a ser dragado; e o sistema de classificação de contaminantes em sedimento utilizado pela CETESB (2010), que também leva em conta a classificação do Canadá, porém utiliza 5 classes.

**Quadro 6 - Valores de referência (em mg/kg) para avaliar a contaminação por metais em sedimentos.**

Parâmetros	Resolução CONAMA n. 344/2004		CETESB (2010)				
	Nível 1	Nível 2	ótima	boa	regular	ruim	péssima
Arsênio	5,9	17	<5,9	>= 5,9 a 11,5	>11,5 a <17	17 a 25	>25
Cádmio	0,6	3,5	<0,6	>=0,6 a 2,1	>2,1 a <3,1	3,5 a 5,3	>5,3
Chumbo	35	91,3	<35	>=35 a 63,2	<63,2 a <91,3	91,3 a 137	>137
Cobre	35,7	197	<35,7	>=35,7 a 116,4	>116,4 a <197	197 a 295,5	>295,5
Cromo	37,3	90	<35,3	>=35,3 a 63,7	>63,7 a <90	90 a 135	>135
Mercúrio	0,17	0,486	<0,17	>=0,17 a 0,328	>0,328 a <0,486	0,486 a 0,729	>0,729
Níquel	18	35,9	<18	>=18 a 27	>27 a <36	36 a 54	>54
Zinco	123	315	<123	>=123 a 219	>219 a <315	315 a 473	>473

A Resolução CONAMA n. 344/2004 traz ainda valores de referência para matéria orgânica medida em termos de carbono orgânico, e para os macronutrientes nitrogênio e fósforo.

Para carbono orgânico a resolução estabelece tanto para nível 1 quanto nível 2 o limite de 10%, ou seja, 100.000 mg de matéria orgânica para cada kg de sedimento; enquanto que para nitrogênio o valor admitido como normal é de até 4.800 mg/kg e para fósforo total admite-se até 2.000 mg/kg. Tanto o nitrogênio quanto o fósforo são importantes sob o ponto de vista de investigação quanto à eutrofização de cursos d'água.

A proposta de caracterização de sedimento do rio Criciúma compreendia a realização de 3 ensaios de caracterização ou 3 amostras. Durante os trabalhos de campo, observou-se uma certa homogeneidade nas características do material de fundo do rio Criciúma, sendo que no trecho inicial entre as estações RC01 e RC04 predomina o material mais grosseiro.

Desta forma, para que a amostragem do sedimento fosse realizada de forma mais representativa quanto possível, decidiu-se por realizar amostragem composta para a caracterização granulométrica e físico-química dos sedimentos. Assim, cada amostra foi formada por material coletado no fundo do canal de 3 estações de amostragem de água. Na estação RC01 (nascente) não foi caracterizado o sedimento.

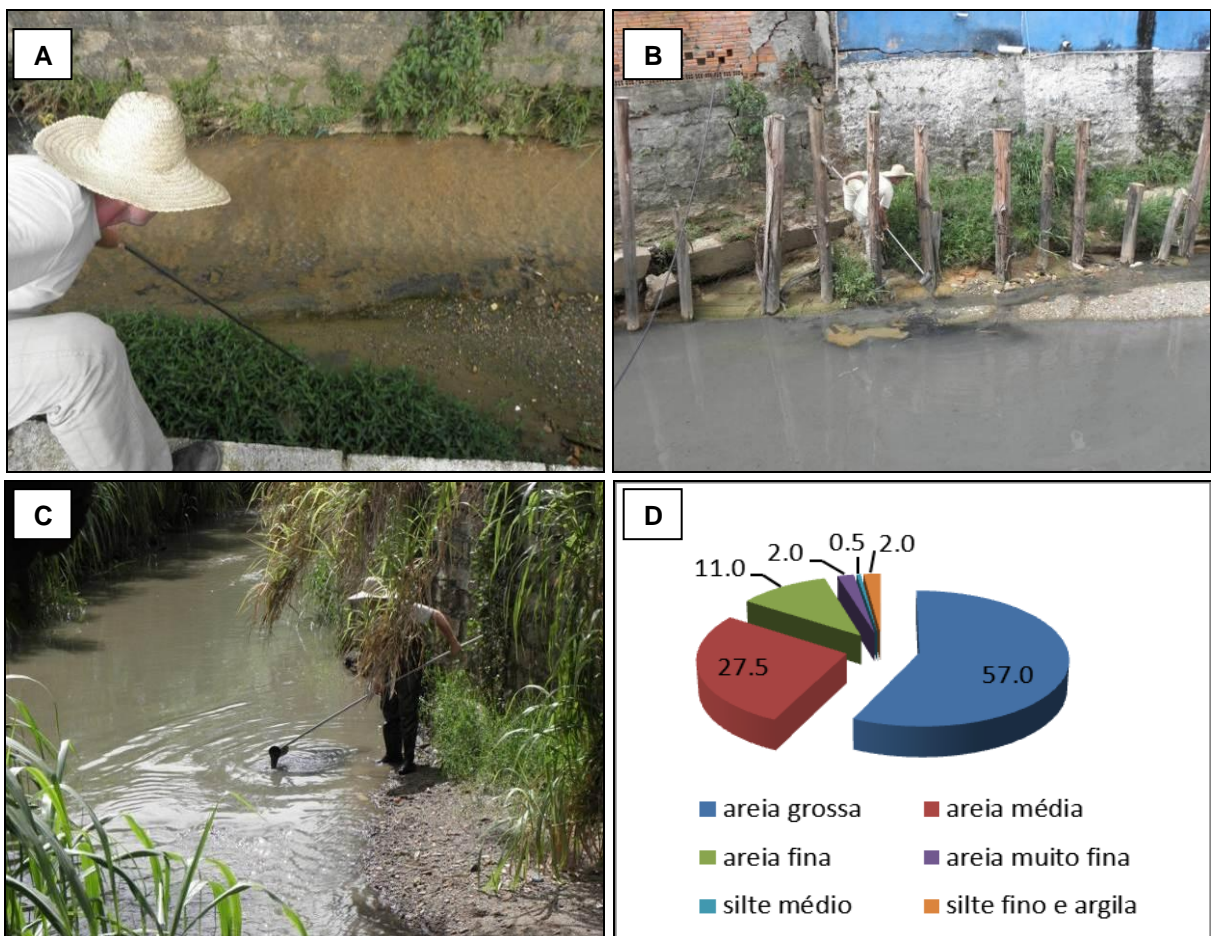
A amostra 01 (P01) de sedimento foi composta por material obtido nas estações RC02, RC03 e RC04; enquanto que a amostra 02 (P02) caracterizou o sedimento da porção intermediária do canal, ou seja, RC05, RC06 e RC07; e por último, a amostra 03 (P03) caracterizou o material da parte inferior do canal (RC08, RC09 e RC10).

A Tabela 5 apresenta o resultado do ensaio granulométrico das estações de amostragem em sedimento.

**Tabela 5 – Resultado do ensaio granulométrico das estações amostrais para caracterização do sedimento do rio Criciúma.**

Material	Ensaio Granulométrico				
	Malha das peneiras		% Retido – Estação Amostral		
	(mm)	(Mesh)	P01	P02	P03
Areia grossa	0,5	32	57,03	52,84	42,98
Areia média	0,25	60	27,49	16,89	24,85
Areia fina	0,125	115	10,96	23,32	20,06
Areia muito fina	0,062	250	1,97	5,09	6,84
Silte médio	0,025	500	0,52	0,58	1,22
Silte fino e argila	Fundo		2,03	1,28	4,05

A Figura 23 mostra a condição de amostragem nas estações RC02, RC03 e RC04 e a granulometria do sedimento da amostra composta P01.



**Figura 23 - Amostragem do sedimento nas estações RC02 (A), RC03 (B) e RC04 (C) e composição granulométrica da amostra composta (D).**



A amostra que compõe o P01 representa o sedimento do rio Criciúma no trecho compreendido entre a estação RC02, localizada atrás do edifício Milênio e a estação RC04, localizada próximo ao cruzamento da Avenida Centenário com a Rua Henrique Lage. Neste trecho o rio Criciúma recebeu toda a contribuição dos bairros da área central da cidade. A fração de fino com diâmetro menor que  $63 \mu\text{m}$  (silte + argila) no sedimento neste trecho do rio é de aproximadamente 2,5%. A Figura 24 ilustra a amostragem do sedimento nas estações RC05, RC06 e RC07 e a granulometria do sedimento da amostra composta P02.

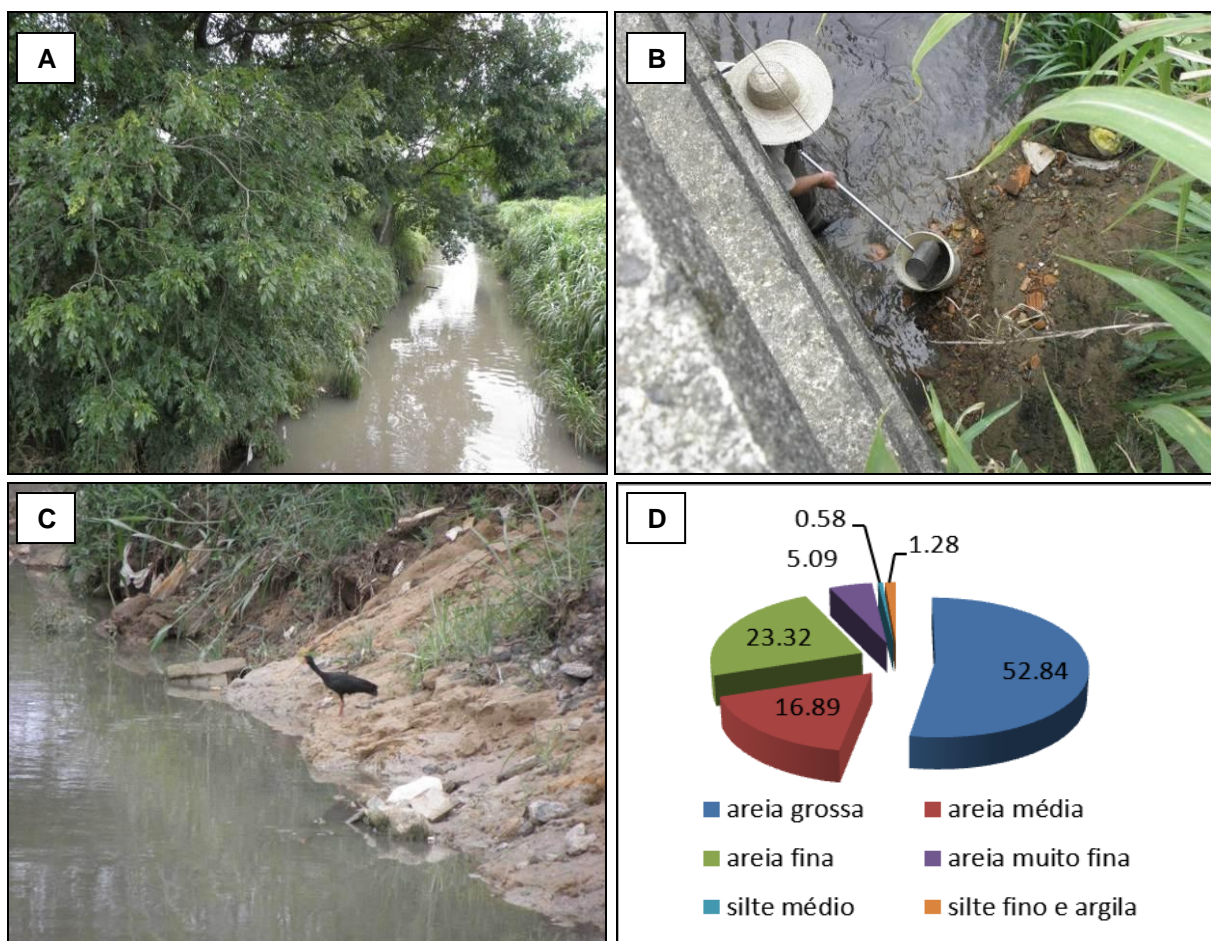


Figura 24 - Amostragem do sedimento nas estações RC05 (A), RC06 (B) e RC07 (C) e composição granulométrica da amostra composta (D).

A amostra que compõe o P02 representa o sedimento do rio Criciúma no trecho compreendido entre a estação RC05, localizada no bairro Santa Bárbara, sob a ponte da Rua Artur Pescador, em área densamente povoada; e a estação RC07 no bairro Santo Antônio. A fração de finos (silte + argila) que compõe o sedimento no trecho intermediário do canal é de aproximadamente 2%.



Na Figura 25 encontram-se representadas as estações de amostragem RC08, RC09 e RC10 e a granulometria do sedimento da amostra composta P03.

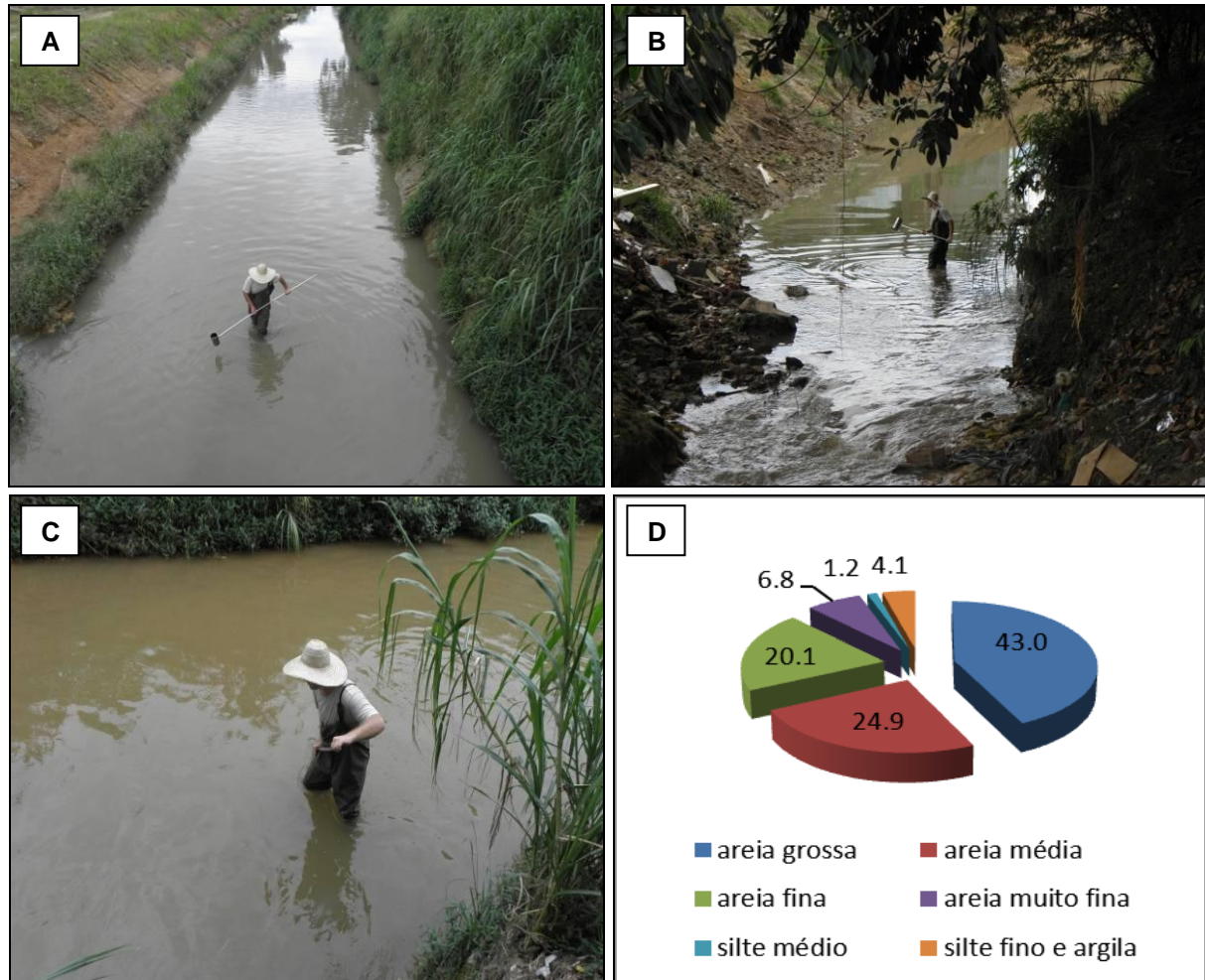


Figura 25 - Amostragem do sedimento nas estações RC08 (A), RC09 (B) e RC10 (C) e composição granulométrica da amostra composta (D).

A amostra que compõe o P03 representa o sedimento do rio Criciúma no trecho compreendido entre a estação RC08, localizada no bairro Bom Vista, após a ponte da Rua Silvino Rovaris; e a estação RC10 no bairro Santa Augusta, próximo à confluência do rio Criciúma com o rio Sangão. Neste trecho a quantidade de material fino no sedimento chega a 5,3%.

A distribuição granulométrica do sedimento de fundo do rio Criciúma demonstra que há o predomínio de areia grossa a média. Esta fração compreende 84,5% do material de fundo entre as estações RC02 e RC04 (P01); 70% no trecho entre as estações RC05 e RC07; e 68% no trecho final do rio Criciúma, entre as

estações RC08 e RC10. O restante do sedimento é composto por areia fina, muito fina, silte e argila.

Os resultados obtidos no ensaio granulométrico servem para avaliar a reatividade do material e nesse sentido, vale destacar que a Resolução CONAMA n. 344/2004 determina que materiais compostos por areia grossa, cascalho ou seixo (diâmetro > 0,5 mm) em fração igual ou superior a 50%, não necessita de estudos complementares para sua caracterização, uma vez que sua interação com o ambiente é reduzida. Neste sentido, apenas o sedimento do trecho final do rio Criciúma apresenta maior possibilidade de interação com os outros compartimentos ambientais, uma vez que este é composto por 43% de material grosseiro.

De qualquer forma, as 03 amostras de sedimento foram caracterizadas e comparadas com as concentrações fixadas pela Resolução CONAMA n. 344/2004. Na Tabela 6 são apresentados os resultados da caracterização físico-química das três amostras de sedimento. Os laudos encontram-se no ANEXO 2.2: Sedimentos.

**Tabela 6 - Resultados físico-químicos das análises realizadas nas amostras compostas de sedimento do rio Criciúma.**

Parâmetro	Identificação da amostra		
	P01	P02	P03
pH (em água)	7,3	7,1	6,3
Potencial de oxi-redução (mV)	38	21,3	53,4
Arsênio (mg/kg)	2,9	1,9	<0,1
Bário (mg/kg)	36	44	53
Cádmio (mg/kg)	<0,01	<0,01	<0,01
Chumbo (mg/kg)	8,5	12,8	11,2
Cobre (mg/kg)	23	16	17
Cromo (mg/kg)	4	3,5	2,2
Mercúrio (mg/kg)	1,98	0,15	0,15
Níquel (mg/kg)	2,4	2,9	2,6
Zinco (mg/kg)	49	44	63
Alumínio (mg/kg)	5.788	5.059	6.082
Ferro (mg/kg)	13.941	11.188	11.666
Manganês (mg/kg)	73	33	39
Matéria Orgânica (mg/kg)	23.000	16.000	35.000
Carbono Orgânico (mg/kg)	13.000	9.000	20.000
Nitrogênio (mg/kg)	100	300	400
Fósforo (mg/kg)	400	ND	1400

Com relação ao conteúdo mineral do sedimento, os dados demonstram a predominância de ferro e alumínio no compartimento de fundo do rio Criciúma. Neste sentido, vale ressaltar que os óxidos de ferro, alumínio e manganês são abundantes nas camadas litológicas e por consequência são facilmente encontrados em vários tipos de solo e em sedimentos. Por esse motivo, ferro e alumínio, assim como o manganês, não têm valores de referência regulamentados para sedimento.

Contudo, Campagna (2005) com base em vários dados de caracterização de sedimento, considera normal valores de até 17.000 mg de ferro por quilograma de sedimento (ou 17.000 ppm). Assim, conclui-se que apesar de ser predominante no conteúdo inorgânico do rio Criciúma, as concentrações de ferro, assim como as de alumínio e também de manganês podem ser consideradas dentro da normalidade.

Com relação aos outros contaminantes metálicos, observa-se que quando comparados com os valores de referência e com base na metodologia da CETESB (2010) pode ser atribuído uma classificação ótima aos sedimentos coletados nos trechos intermediário e final do rio, ou seja, entre as estações RC05 e RC10. Comparando-se com os valores da Resolução CONAMA n. 344/2004 o sedimento neste trecho do rio Criciúma apresenta concentrações abaixo do limiar para Nível 1, que é o limiar abaixo do qual se prevê baixa probabilidade de efeitos adversos à biota.

Por outro lado, o material coletado no trecho superior do canal, entre as estações RC02 e RC04, ultrapassou os limites para os níveis 1 e 2 da Resolução CONAMA n. 344/2004 em função da concentração de mercúrio ( $1,98 \text{ mgHg.kg}^{-1}$ ). Considerando a metodologia proposta pela CETESB (2010), o sedimento neste trecho do rio apresenta classificação péssima, ou seja, é capaz de causar dano ao ambiente. Porém cabe ressaltar que, devido à granulometria do sedimento (mais de 50% é composto por areia grossa, a interação deste compartimento com a água é irrelevante.

Ao contrário do que foi observado na água do rio Criciúma, a concentração de carbono orgânico no sedimento está abaixo do limite fixado pela Resolução CONAMA n. 344/2004 para os níveis 1 e 2. O mesmo é observado para o nitrogênio e fósforo.

Importante lembrar que o rio Criciúma sofreu processo de dragagem do seu leito no trecho compreendido entre as estações RC03 e RC04; RC06 e RC07; e RC09 e RC10 no período entre o final do mês de dezembro/2011 e início de janeiro/2012, ou seja, a menos de 2 meses da amostragem de sedimento.

É provável que o processo de dragagem tenha contribuído para a remoção da camada superficial do sedimento, camada esta onde se encontra a maior concentração de poluentes.

## 5 CARACTERIZAÇÃO DA BIOTA

### 5.1 FLORA

#### 5.1.1 Situação original e atual

A Mata Atlântica sob o ponto de vista legal, abrange formações florestais bastante distintas, incluindo a floresta ombrófila do litoral, a floresta semidecídua do planalto, a floresta com araucária dos estados do sul do Brasil, manguezais, restingas e campos de altitude (BRASIL, 2006; 2008). Segundo Silva (1999) este agrupamento dos ecossistemas não é a mais apropriada, porém é muito vantajosa sob o ponto de vista conservacionista porque o Bioma Mata Atlântica, desfruta da proteção assegurada pela legislação federal.

Dentro do Bioma Mata Atlântica destaca-se a Floresta Ombrófila Densa, que, segundo Veloso et al. (1991) apresenta-se dividida em cinco formações de acordo com as altitudes de ocorrência da vegetação. Desta forma, a Floresta Ombrófila Densa pode ser classificada em: Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas, Floresta Ombrófila Densa Submontana, Floresta Ombrófila Densa Montana e Floresta Ombrófila Densa Altomontana.

O município de Criciúma apresenta-se constituído por duas formações florestais, sendo, a Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas e a Floresta Ombrófila Densa Submontana (Teixeira et al., 1986; Veloso et al., 1991; IPAT/UNESC, 2007). Segundo IPAT/UNESC (2007) atualmente, a cobertura vegetal do município de Criciúma encontra-se reduzida a apenas 20% do território do município reflexo da intensa degradação gerada pela mineração e pela agricultura ao longo dos anos.

A microbacia do rio Criciúma, apresentava-se originalmente coberta pela Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas e pela Floresta Ombrófila Densa Submontana, que ocorrem naturalmente, entre 5 e 30 m e entre 30 a 400m, respectivamente (TEIXEIRA et al., 1986; SEVEGNANI, 2002).

A Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas encontra-se cobrindo a planície Quaternária, com solos predominantemente formados sobre acumulações marinhas,



fluviais ou lacustres, fato que reflete nitidamente na composição, constituindo assim diversas associações de aspecto fisionômico e florístico muito peculiares (TEIXEIRA et al., 1986).

Quanto às espécies vegetais, esta formação florestal caracteriza-se por apresentar árvores de até 20 m de altura, com copas largas e muitas folhas (SEVEGNANI, 2002). Como um dos principais representantes arbóreos da Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas cita-se figueira-da-folha-miúda (*Ficus cestrifolia* (Miq.) Miq.), o jerivá (*Syagrus romanzoffiana*) e o ipê-amarelo (*Tabebuia* sp.).

Nas porções mais elevadas da bacia ocorre naturalmente a Floresta Ombrófila Densa Submontana, que se caracteriza pela presença de árvores com mais de 30 m de altura, e condições climáticas como, temperaturas amenas, pluviosidade intensa e bem distribuída (SEVEGNANI, 2002). Segundo Teixeira et al. (1986) esta floresta apresenta elevado índice de epifitismo, principalmente, bromeliáceas dos gêneros *Vriesea* e *Tillandsia*, bem como aráceas dos gêneros *Anthurium* e *Philodendron*.

Entre as espécies arbóreas que ocorrem na Floresta Ombrófila Densa Submontana destacam-se, *Euterpe edulis* (palmiteiro), *Ocotea catharinensis* (canela-preta), *Sloanea guianensis* (laranjeira-do-mato), *Aspidosperma olivaceum* (peroba), *Magnolia ovata* (bagaçú), *Schizolobium parahyba* (gapuruvu) e *Didymopanax angustissimum* (TEIXEIRA et al., 1986).

### 5.1.2 As áreas de preservação permanente

As áreas de preservação permanente (matas ciliares) exercem um importante papel na proteção dos cursos d'água contra o assoreamento e a contaminação com defensivos agrícolas, além de serem essenciais para a conservação da fauna (MARTINS, 2001).

Apesar disso, ao longo dos anos, estas áreas vêm sofrendo degradações, principalmente nas áreas urbanas, com a retirada parcial ou total da vegetação na faixa, a qual deveria ser mantida intacta por garantir a preservação dos recursos hídricos, a estabilidade geológica e a biodiversidade (TERRES; MÜLLER, 2008).

Segundo Martins (2001), uma de suas funções das matas ciliares (APP) é minimizar processos que venham a acarretar o assoreamento do leito dos rios, não permitindo que os sedimentos carregados pelas águas das chuvas cheguem com sua total intensidade. Além disso, suas raízes servem como fixadoras das margens e protegem contra os eventos erosivos intensos.

Segundo o Código Florestal, Lei Federal n. 4.771/1965 (BRASIL, 1965), as matas ciliares são consideradas áreas de preservação permanente, sendo assim, toda a vegetação natural (arbórea ou não) presente às margens dos rios e ao redor de nascentes e de reservatórios deve ser preservada (MARTINS 2001).

De acordo com o Art. 2º desta Lei, a largura da faixa de mata ciliar a ser preservada está relacionada com a largura do curso d'água, conforme transcrito abaixo:

Art. 2º Consideram-se de preservação permanente, pelo só efeito desta Lei, as florestas e demais formas de vegetação natural situadas:

- a. o longo dos rios ou de qualquer curso d'água desde o seu nível mais alto em faixa marginal cuja largura mínima será:
  1. de 30 (trinta) metros para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;
  2. de 50 (cinquenta) metros para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;
  3. de 100 (cem) metros para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;
  4. de 200 (duzentos) metros para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;
  5. de 500 (quinhentos) metros para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;
- b. ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d'água naturais ou artificiais;
- c. nas nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados "olhos d'água", qualquer que seja a sua situação topográfica, num raio mínimo de 50 (cinquenta) metros de largura;

Em âmbito municipal, a Lei Municipal n. 2.974/1994 (PREFEITURA MUNICIPAL DE CRICIÚMA, 1994) dispõe sobre a legislação ambiental do município de Criciúma que configura como APP, apenas a vegetação existente em torno de cursos d'água, tratando outras formas de vegetação como Áreas de Proteção Especial:

Parágrafo Único. Considera-se de preservação permanente, para efeitos desta Lei, as Florestas e demais formas de vegetação natural, situadas:

- I - Ao longo dos rios ou qualquer curso d'água, desde o nível mais alto, em faixa marginal, cuja largura mínima seja: II - De 30 m (trinta metros) para os cursos d'água com menos de 10 m (dez metros) de largura;
  - III - De 50 m (cinquenta metros) para cursos d'água que tenham de 10 m (dez metros) a 50 m (cinquenta metros) de largura;
  - IV - De 100 m (cem metros) para cursos d'água que tenham de 50 m (cinquenta metros) a 200 m (duzentos metros) de largura.
  - V - Ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d'água ou artificiais;
  - VI - Nas nascentes ainda que intermitentes e nos chamados "olhos d'água", qualquer que seja a situação topográfica, num raio mínimo de 50 m (cinquenta metros) de largura.
- [...]

Art. 5º. O Poder Executivo Municipal poderá, mediante Lei, criar áreas de proteção especial e zonas de reserva ambiental, visando preservá-las e adequá-las aos objetos desta Lei.

§ 1º As áreas de que trata este artigo, compreenderão:

- I - Locais adjacentes a Parques Municipais, Estações Ecológicas e bens tombados pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional, Estadual e Municipal;
- II - Áreas de formação vegetal defensivas à erosão de encostas e local de grande circulação biológica;
- III - Mananciais de água, nascentes de rios e fontes hidrominerais;
- IV - Sítios de interesse cultural e científico.

Lei Municipal n. 3.900/1999, Lei do Zoneamento de Uso do Solo, alterado pela Lei Municipal n. 4.461/2002 (PREFEITURA MUNICIPAL DE CRICIÚMA, 1999a; 2002), dispõe de tal forma sobre a proteção as Áreas de Preservação Permanente, que na redação da lei são chamadas de Zonas Especiais de Preservação:

Art. 7. A Zona Urbana fica subdividida para fins de disciplinamento do uso e da ocupação do solo conforme quadro 1 e Mapa de Zoneamento e Uso do Solo – Anexo II nas seguintes zonas:

- ZEP 1 - Zona Especial de Preservação 1 - Corresponde às áreas protegidas por legislação e é uma zona adequada para implantação de parques municipais e atividades afins, apresentando declividade de até 30%, podendo ser liberadas construções de residências conforme parâmetros contidos no Quadro 1, observadas as leis superiores que regem o assunto; caracteriza-se por ser imprópria à ocupação urbana devido aos riscos que o meio físico apresenta, tais como: contaminação das nascentes e áreas de recarga de aquíferos.
- ZEP 2 - Zona Especial de Preservação 2 - Corresponde às áreas com sérias restrições físicas à ocupação, determinando uma ocupação extensiva. Apresenta declividade entre 30% e

45%, alta suscetibilidade à erosão e vegetação nativa, podendo ser liberadas construções de residências conforme parâmetros contidos no Quadro 1.[...]

Art. 29. Nas Zonas Especiais de Preservação (ZEPs) os projetos de edificação bem como os usos propostos deverão ser precedidos de análise de viabilidade, com base em levantamento planialtimétrico completo do terreno, onde o órgão responsável pela aprovação e liberação de Projetos do Município, indicará as diretrizes para a ocupação da área que obedecerá no, mínimo, os seguintes condicionantes:

- I - Faixa de preservação ao longo dos cursos d'água, conforme o disposto no Código Florestal;
- II - Ocupação somente das porções do terreno com declividade natural inferior a 45%;
- III - Preservação da vegetação nativa existente;
- IV - Manejo adequado do solo, evitando a erosão e o assoreamento dos cursos d'água.

A Lei Municipal n. 3.901/1999 (PREFEITURA MUNICIPAL DE CRICIÚMA, 1999b) estabelece para o rio Criciúma e seus afluentes uma faixa de 5 metros “*non aedificandi*” para cada lado de sua margem, iniciando na sua nascente, até encontrar a Rua Henrique Lage. Deste ponto até sua foz a lei estabelece faixa de 15 metros. É importante salientar que esta lei está em desacordo com a Lei Federal n. 4.771/1965 e Resolução CONAMA n. 303/2002, pois estas estabelecem faixa de 30 metros para rios com largura inferior a 10 metros.

Segundo (DENSKI, 2010) encontra-se em tramitação na câmara municipal, a redação do novo Plano Diretor de Criciúma, que estabelece em seu Art. 156 a Zona de Áreas de Proteção Ambiental Z-APA, zona possuidora de Áreas de Preservação Permanente (APP) e Áreas de Proteção Ambiental (APA) visando à proteção da diversidade biológica, disciplinando o processo de ocupação e assegurando a sustentabilidade do uso dos recursos naturais em terras públicas ou privadas. Porém, ainda não há um plano de manejo definido no corpo da Lei para essas áreas, que será feito por legislação específica a ser aprovada. Não se permite o parcelamento do solo nestas zonas, exceto para construções residenciais isoladas em áreas com inclinação de até 30%. Áreas com inclinação superior a 30% são APP consideradas “*non aedificandi*”, o mesmo é estabelecido para cursos d'água e terço superiores de morros. Porém, quanto a cursos d'água essa faixa “*non aedificandi*”

não fica explícita redação da nova lei (PREFEITURA MUNICIPAL DE CRICIÚMA, 2009).

### 5.1.3 Metodologia

A caracterização da vegetação compreendeu de um diagnóstico da área de preservação permanente (APP) do rio Criciúma considerando o levantamento qualitativo das espécies vegetais existentes em nove (09) estações amostrais ao longo da APP (Tabela 7 e Figura 26) e o mapeamento da cobertura vegetal das margens do rio.

**Tabela 7 - Localização das nove (09) estações amostrais utilizadas para a caracterização da cobertura vegetal existente na área de preservação permanente (APP) do rio Criciúma, Criciúma, Santa Catarina.**

Estação amostral	Coordenadas (UTM - SAD69)	
	E	N
E01	655278	6824714
E02	655485	6825096
E03	655758	6825643
E04	656093	6825724
E05	656731	6825568
E06	657525	6825712
E07	657856	6825993
E08	658251	6826335
E09	659898	6827657

Para a realização do levantamento será utilizado o método de caminhamento expedito, conforme proposto por Filgueiras et al. (1994). Segundo os autores este método consiste basicamente de três etapas: a) descrição sumária da vegetação da área a ser amostrada; b) listagem das espécies encontradas à medida que o pesquisador caminha lentamente em linha reta pela área; e c) organização e processamento dos dados em forma de tabelas e listas.



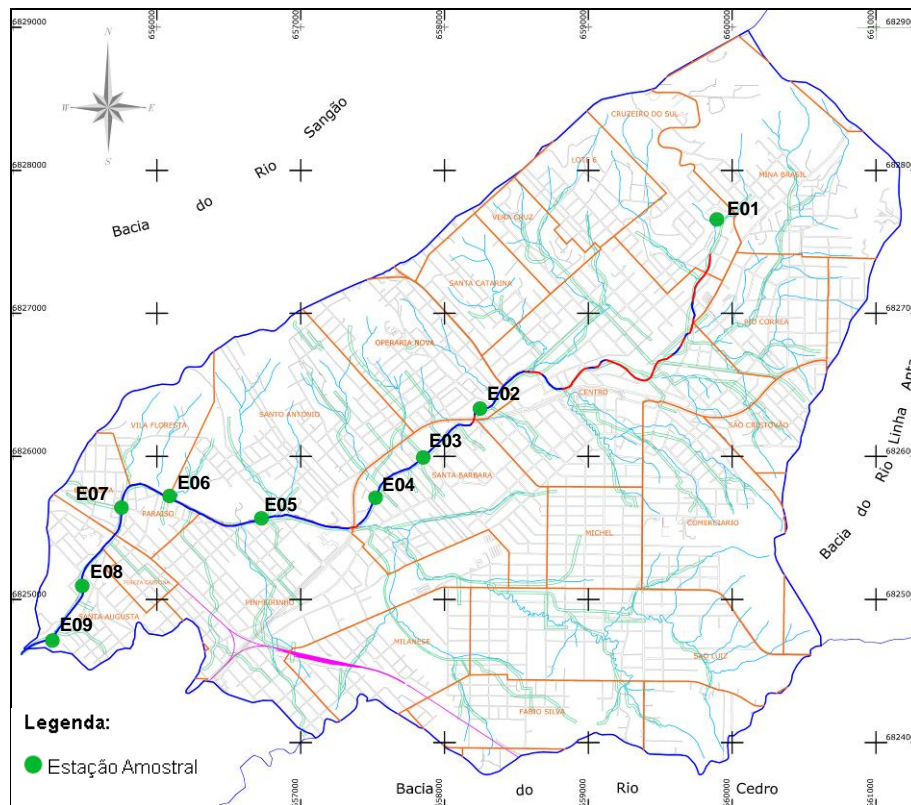


Figura 26 - Localização das estações de amostragem utilizadas para a caracterização da cobertura vegetal da área de preservação permanente do rio Criciúma, Criciúma, Santa Catarina.

Além da caracterização florística, obtida através do levantamento qualitativo, será realizado o mapeamento da cobertura vegetal das margens do rio Criciúma. O mapeamento será realizado através da fotointerpretação de uma imagem orbital (satélite) de alta definição (0,50 m de resolução espectral) datada de nov. 2009.

Complementarmente a análise florística foi elaborado Índice de Cobertura Vegetal da Paisagem ( $ICVeg_{PA}$ ) cujo objetivo é quantificar o grau de degradação da cobertura vegetal observada ao longo da APP do Alto, Médio e Baixo rio Criciúma. O Índice de Cobertura Vegetal é dado pelas fórmulas:

$$ICVeg_{FN} = vcob VA * 0,0 + vcob VM * 0,90 + vcob VI * 0,85$$

$$ICVeg_{FA} = vcob RE * 0,75 + vcob CA * 0,50 + vcob AR * 0,50 + vcob AD * 0,25 + vcob AU * 0,15$$

$$ICVeg_{PA} = ICVeg_{FN} + ICVeg_{FA}$$

Onde: -  $ICVeg_{FN}$  = Índice de Cobertura Vegetal de Formações Naturais;

-  $ICVeg_{FA}$  = Índice de Cobertura Vegetal de Formações Antrópicas;

- $vcobVA$  = área coberta por vegetação em estágio avançado de regeneração natural expressa em %;
- $vcobVM$  = área coberta por vegetação em estágio médio de regeneração natural expressa em %;
- $vcobVI$  = área coberta por vegetação em estágio inicial de regeneração natural expressa em %;
- $vcobRE$  = área coberta por reflorestamentos (plantios de pinus ou eucalipto) expressa em %;
- $vcobCA$  = área coberta por vegetação de porte predominantemente herbáceo (e.g. campos antrópicos) expressa em %;
- $vcobAR$  = área em processo de recuperação/reabilitação ambiental coberta por vegetação de porte predominantemente herbáceo expressa em %;
- $vcobAD$  = área degradada expressa em %;
- $vcobAU$  = área urbana expressa em %.

O referido índice varia entre 0,0 para as áreas intensamente modificadas pela ação antrópica (e.g. áreas urbanas, campos antrópicos, áreas degradadas, áreas de solo exposto) onde se observa fatores mais intensos da degradação vegetal, e 1,0 para as áreas onde se observa fragmentos florestas bem conservados (e.g. formações florestais em estágio médio e avançado de regeneração natural).

## 5.1.4 Resultados

### 5.1.4.1 Caracterização da área de preservação permanente (APP) do rio Criciúma

Atualmente, a cobertura vegetal existente na microbacia do rio Criciúma restringe-se a pequenos fragmentos de floresta secundária associados indivíduos de espécies exóticas como eucalipto (*Eucalyptus* spp.) e pinus (*Pinus* spp.), localizados em áreas pontuais ao longo das margens do rio, caracterizando as áreas de preservação permanente (Figura 27).

Estes fragmentos correspondem 14% da área de preservação permanente, e concentram-se em sua maioria nas proximidades das nascentes (Alto rio Criciúma) e na porção intermediária estendendo-se até a confluência com o rio Sangão (Médio e Baixo rio Criciúma).

Nestes fragmentos florestais, além da presença de espécies exóticas como, o eucalipto e pinus, observa-se a presença de espécies nativas típicas de formações florestais secundárias como, *Schinus terebinthifolius* (aroeira-vermelha), *Vernonia discolor* (vassourão-preto), *Gochnatia polymorpha* (cambará), *Jacaranda puberula* (carobinha), *Trema micranta* (grandiúva), *Clethra scabra* (carne-de-vaca), *Alchornea triplinervia* (tanheiro), *Sapium glandulosum* (leiteiro), *Mimosa bimucronata* (maricá), *Aegiphila sellowiana* (gaioleiro), *Myrsine coriacea* (capororoca), entre outras.

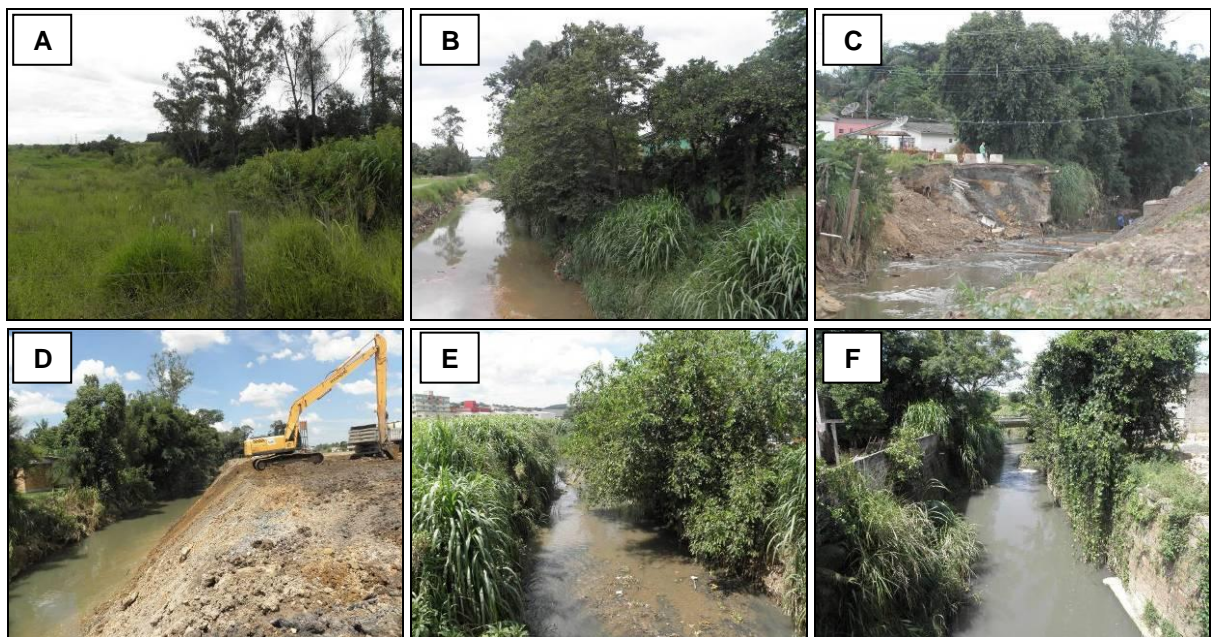


Figura 27 - Aspecto geral das formações vegetais na área de preservação permanente (APP) do rio Criciúma. Onde em A e B, aspecto geral das margens do rio Criciúma próximo à confluência com o rio Sangão; em C e D, vista parcial das margens do rio próximo ao bairro Santo Antônio; e em E e F, margens do rio Criciúma no junto ao bairro Santa Bárbara.

Além da pressão urbana, as margens do rio Criciúma sofre com a degradação oriunda da deposição inadequada de rejeitos em suas margens, cfe descrito no **Capítulo 3. MAPEAMENTO DAS ÁREAS COM DEPOSIÇÃO DE REJEITOS.**

Tal fato se reflete na vegetação, de modo, que se podem observar nestas áreas, espécies típicas de ambientes degradados pela deposição inadequada de rejeitos do beneficiamento de carvão. Entre as espécies pode-se destacar, *Pteridium*



*aquilinium* (samambaia-das-taperas), *Pycreus polystachyos* (três-quinas), *Desmodium adscendens* (pega-pega), *Baccharis dracunculifolia* (vassoura), *Baccharis semiserrata* (vassoura), *Andropogon bicornis* (capim-rabo-de-burro), *Axonopus* sp., *Brachiaria decumbens* (braquiária), entre outras (Figura 28).



Figura 28 - Vista parcial das margens do rio Criciúma onde se observa a deposição inadequada de rejeitos do beneficiamento de carvão mineral, Criciúma, Santa Catarina.

Além das áreas com deposição de rejeitos observa-se entre os bairros, Boa Vista, Santo Antônio e Paraíso, uma área em processo de reabilitação (Figura 29), onde se observa a remoção dos rejeitos das margens do rio Criciúma, cfe. estabelecido pelo PRAD da empresa responsável pela área.

Nesta área observa-se o predomínio de espécies de gramíneas em toda a extensão da área de preservação permanente (Figura 29B e C). Cabe ressaltar que de acordo com os “*Critérios para recuperação ou reabilitação de áreas degradadas pela mineração de carvão – Revisão 03*” a recuperação das áreas de preservação permanente devem contemplar os seguintes critérios:

(...)

3.1. **Uso futuro:** preservação permanente, com destaque para a função de proteção dos recursos hídricos.

(...)

3.5. **Cobertura vegetal:** as áreas de preservação permanente devem ser recuperadas com espécies arbóreas típicas do bioma Mata Atlântica e ocorrentes em Floresta Ombrófila Densa, cujos os parâmetros são: (i) riqueza de espécies e (ii) índice de equitabilidade de Simpson, que serão medidos a partir de fragmentos florestais próximos pouco alterados (em estágio de regeneração avançado), e seus valores sejam tomados como referência (metas), salvo exceções fundamentadas; (iii) cobertura vegetal de solo (partes vegetais aéreas



+ serapilheira) deve ser superior a 95% (equivalente a mata em estágio médio ou avançado), salvo exceções justificadas.



Figura 29 - Vista da área em processo de reabilitação (hachura) as margens do rio Criciúma, localizada entre os bairros, Boa Vista, Santo Antônio e Paraíso, Criciúma, Santa Catarina. Em A, vista aérea; em B e C, vista das margens revegetadas com predomínio de gramíneas.

Assim, tendo em vista os parâmetros acima relacionados, observa-se a ausência de indivíduos jovens de espécies arbóreas na área, de modo, que se fazem necessárias à introdução destas, para otimização do processo de



recuperação da área e a manutenção da estabilidade das margens do rio Criciúma neste trecho.

Nas demais porções a área de preservação permanente (APP) do rio Criciúma encontra-se descaracterizada pela ocupação urbana que desde épocas passadas se estabeleceu junto às margens.

#### 5.1.4.2 Caracterização florística

Foi registrada nas nove (09) estações amostrais distribuídas ao longo da área de preservação permanente (APP) do rio Criciúma 76 espécies distribuídas em 64 gêneros e 37 famílias botânicas (Tabela 8).

**Tabela 8 - Lista das espécies vegetais observadas ao longo das nove (09) estações amostrais utilizadas para a caracterização da cobertura vegetal existente na área de preservação permanente (APP) do rio Criciúma, Criciúma, Santa Catarina.**

DIVISÃO/Família/Espécie	Nome popular	Pol	Dis	G.E.
<b>MOLINOPHYTA</b>				
<b>Dryopteridaceae</b>				
<i>Rumohra adiantiformis</i> (G. Forst.) Ching	samambaia-preta	-	-	Pi
<b>Pteridaceae</b>				
<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn	samambaia-das-taperas	-	-	Pi
<b>Thelypteridaceae</b>				
<i>Thelypteris</i> sp.	samambaia	-	-	Pi
<b>PINOPHYTA</b>				
<b>Pinaceae</b>				
<i>Pinus elliotii</i> Engelm.	pinus	An	An	Pi
<b>ANGIOSPERMAS</b>				
<b>Anacardiaceae</b>				
<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	aroeira-vermelha	Zo	Zo	Pi
<b>Annonaceae</b>				
<i>Rollinia sericea</i> ( R.E. Fr.) R.E. Fr.	cortiça	Zo	Au	St
<b>Apiaceae</b>				
<i>Centella asiatica</i> (L.) Urb.	pata-de-mula	Zo	Zo	Pi
<i>Hydrocotyle bonariensis</i> Lam.	erva-capitão	Zo	Zo	Pi
<b>Apocynaceae</b>				
<i>Tabernaemontana catharinenses</i> A. DC.	jasmim	Zo	Zo	Pi
<b>Asteraceae</b>				
<i>Baccharis dracunculifolia</i> DC.	vassoura	Zo	An	Pi
<i>Baccharis semiserrata</i> DC.	vassoura	Zo	An	Pi
<i>Baccharis trimera</i> (Less.) DC.	carqueja	Zo	An	Pi
<i>Eupatorium laevigatum</i> Lam.	cambará	Zo	An	Pi
<i>Gochnatia polymorpha</i> (Less.) Cabrera	cambará	Zo	An	Pi
<i>Vernonia discolor</i> (Spreng.) Lees.	vassourão-preto	Zo	An	Pi

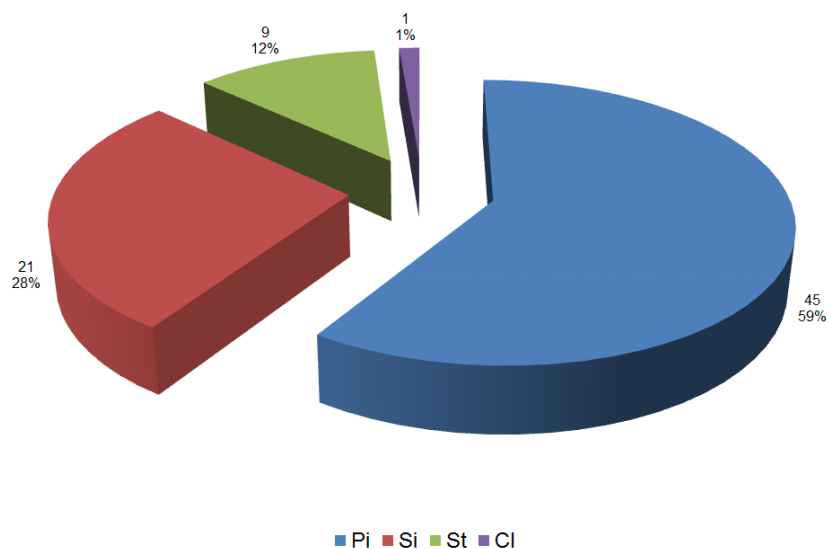
DIVISÃO/Família/Espécie	Nome popular	Pol	Dis	G.E.
<b>Bignoniaceae</b>				
<i>Jacaranda puberula</i> Cham.	carobinha	Zo	An	Pi
<b>Cannabaceae</b>				
<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	grandiúva	Zo	Zo	Pi
<b>Clethraceae</b>				
<i>Clethra scabra</i> Pers.	carne-de-vaca	Zo	An	Pi
<b>Cyperaceae</b>				
<i>Pycnus polystachyos</i> Rottb.	três-quinas	An	An	Pi
<b>Euphorbiaceae</b>				
<i>Alchornea glandulosa</i> Poepp.	tanheiro	Zo	Zo	Si
<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.) Müll.Arg.	tanheiro	Zo	Zo	Si
<i>Ricinus communis</i> L.	mamona	Zo	Zo	Pi
<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong	leiteiro	Zo	Au	Pi
<i>Sebastiania commersoniana</i> (Baill.) L.B. Sm. & Downs	branquilha	Zo	Au	Si
<i>Tetrorchidium rubrivenium</i> Poepp.	cruzeiro	An	Zo	Si
<b>Fabaceae - Caesalpinioideae</b>				
<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F. Blake	garapuru	Zo	An	Si
<i>Senna macranthera</i> (DC. ex Collad.) H.S. Irwin & Barneby	aleluia	Zo	Au	Si
<i>Senna occidentalis</i> (L.) Link.	fedegoso	Zo	Au	Pi
<b>Fabaceae - Faboideae</b>				
<i>Desmodium adscendens</i> (Sw.) DC.	pega-pega	Zo	Zo	Pi
<i>Desmodium incanum</i> DC.	pega-pega	Zo	Zo	Pi
<b>Fabaceae - Mimosoideae</b>				
<i>Inga marginata</i> Willd.	ingá-feijão	Zo	Zo	Pi
<i>Inga sessilis</i> (Vell.) Mart.	ingá-macaco	Zo	Zo	Si
<i>Mimosa bimucronata</i> (DC.) Kuntze	maricá	Zo	An	Pi
<b>Heliconiaceae</b>				
<i>Heliconia velloziana</i> Emygdio	bananaira-do-mato	Zo	Zo	Si
<b>Lamiaceae</b>				
<i>Aegiphila sellowiana</i> (Cham.)	gaioleiro	Zo	Zo	Si
<b>Lauraceae</b>				
<i>Nectandra membranacea</i> (Sw.) Griseb.	canela	Zo	Zo	St
<i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees	canela-guaicá	Zo	Zo	Cl
<i>Ocotea</i> sp.	canela	Zo	Zo	St
<b>Malvaceae</b>				
<i>Pseudobombax grandiflorum</i> (Cav.) A. Robyns	embiruçu	Zo	An	Si
<b>Melastomataceae</b>				
<i>Miconia cabucu</i> Hoehne	pixiricão	Zo	Zo	Si
<i>Miconia ligustroides</i> (DC.) Naudin	pixirica	Zo	Zo	Pi
<i>Miconia sellowiana</i> Naudin	pixirica	Zo	Zo	Si
<i>Tibouchina sellowiana</i> Cogn.	quaresmeira	Zo	An	Si
<b>Meliaceae</b>				
<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.	cangerana	Zo	Zo	St
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	cedro	Zo	An	St
<i>Melia azedarach</i> L.	cinamomo	Zo	Zo	Pi
<b>Moraceae</b>				

DIVISÃO/Família/Espécie	Nome popular	Pol	Dis	G.E.
<i>Ficus cestrifolia</i> Schott ex Spreng.	figueira-da-folha-miúda	Zo	Zo	St
<i>Ficus luschnathiana</i> (Miq.) Miq.	gameleira-vermelha	Zo	Zo	St
<b>Musaceae</b>				
<i>Musa</i> sp.	bananeira	Zo	Zo	Pi
<b>Myrtaceae</b>				
<i>Eucalyptus saligna</i> Sm.	eucalipto	Zo	Zo	Pi
<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	guamirim-de-folha-fina	Zo	Zo	Si
<i>Psidium cattleianum</i> Sabine	araçazeiro	Zo	Zo	St
<i>Psidium guajava</i> L.	goiabeira	Zo	Zo	Si
<i>Syzygium jambolanum</i> (Lam.) DC.	jambolão	Zo	Zo	Pi
<b>Phyllanthaceae</b>				
<i>Hieronyma alchorneoides</i> Allemão	licurana	An	Zo	Si
<b>Phytolaccaceae</b>				
<i>Phytolacca americana</i> L.	fruto-de-pombo	Zo	Zo	Pi
<b>Piperaceae</b>				
<i>Piper gaudichaudianum</i> Kunth	pariparoba	An	Zo	Pi
<b>Poaceae</b>				
<i>Andropogon bicornis</i> L.	capim-rabo-de-burro	An	An	Pi
<i>Axonopus</i> sp.	grama-da-folha-larga	An	Zo	Pi
<i>Bambusa vulgaris</i>	bambu	An	An	Pi
<i>Brachiaria decumbens</i> Stapf	braquiária	An	Zo	Pi
<i>Eragrostis</i> sp.	-	An	An	Pi
<i>Melinis minutiflora</i> P. Beauv.	capim-gordura	An	An	Pi
<i>Paspalum urvillei</i> Steud.	capim-das-estradas	An	Zo	Pi
<i>Phyllostachys aurea</i>	taquara	An	An	Pi
<b>Primulariaceae</b>				
<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R. Br.	capororoca	An	Zo	Si
<b>Rubiaceae</b>				
<i>Bathysa australis</i> (A. St.-Hil.) Benth. & Hook. f.	macaqueiro	Zo	An	St
<b>Rutaceae</b>				
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	mamica-de-cadela	Zo	Au	Si
<b>Salicaceae</b>				
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	chá-de-bugre	Zo	Zo	Si
<b>Sapindaceae</b>				
<i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hil., Cambess & A.Juss.) Radlk	chal-chal	Zo	Zo	Si
<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.	camboatá	Zo	Zo	Si
<b>Solanaceae</b>				
<i>Solanum mauritianum</i> Scop.	fumo-bravo	Zo	Zo	Pi
<i>Solanum variabile</i> Mart.	jurubeba-velame	Zo	Zo	Pi
<b>Urticaceae</b>				
<i>Boehmeria caudata</i> Sw.	urtiga-mansa	Zo	An	Pi
<i>Cecropia glaziovii</i> Snethl.	embaúba	Zo	Zo	Pi
<b>Zingiberaceae</b>				
<i>Hedychium coronarium</i> J. König	lirio-do-brejo	Zo	An	Pi

De modo geral as espécies vegetais registradas na área em estudo refletem a condição de degradação gerada por anos de pressão antrópica. Deste modo, observa-se o predomínio de espécies pioneiras (45 spp.), seguida das espécies secundárias iniciais (21 spp.), tardias (9 spp.) e climácicas (1 spp.) (Figura 30).

O elevado número de espécies pioneiras e secundárias iniciais reflete o baixo grau de conservação dos ambientes avaliados, evidenciando o caráter pioneiro da vegetação estudada (SANTOS, 2003; MARTINS, 2005; KLEIN, 2006).

Durante o processo sucessional, as espécies pioneiras e secundárias iniciais apresentam elevado valor ecológico, pelo fato de se desenvolverem em clareiras e em áreas degradadas, apresentando crescimento rápido, elevado número de sementes que são dispersas por agentes generalistas, ciclo de vida curto, além de fornecerem um banco de sementes com viabilidade por longo período (WHITMORE, 1978; GÓMEZ-POMPA; VASQUEZ-YANES, 1981 apud SANTOS et al., 2006).

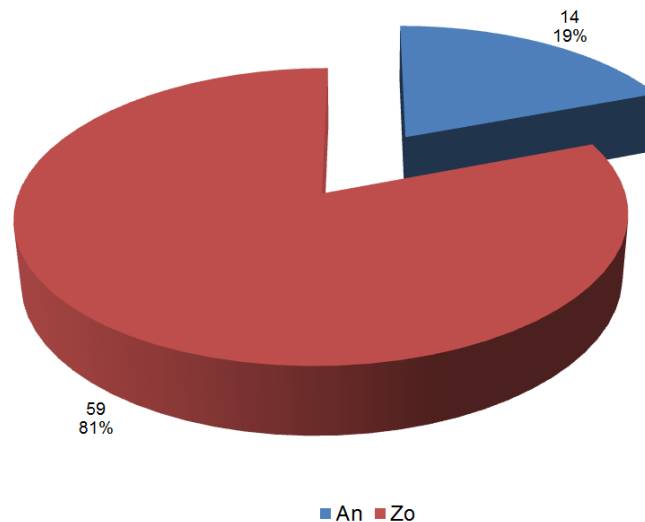


**Figura 30 - Distribuição das espécies registradas na área de estudo, em suas respectivas categorias sucessionais. Onde: Pio = pioneira, Sin = secundária inicial, Sta = secundária tardia, Cli = climácica.**

No que diz respeito às síndromes de polinização e dispersão, as espécies registradas na área de estudo apresentam a fauna como principal vetor, tanto para produção de frutos como na dispersão dos propágulos.

Deste modo, observa-se um elevado número de espécies que dependem de animais para que ocorra a polinização cruzada de suas flores, cerca de 81% das

espécies registradas nas áreas de estudo. As demais (19%) apresentam flores com características anemófilas, ou seja, dependem da ação do vento para que ocorra a polinização (Figura 31).



**Figura 31 - Distribuição do número de espécies registradas na área de estudo, de acordo com as síndromes de polinização. Onde, Ane = anomofilia e Zoo = zoofilia.**

Segundo Reis; Kageyama (2003) e Martins (2005) a fauna associada à vegetação pode ser considerada componente-chave para a manutenção do processo dinâmico-sucessional nas formações florestais secundárias, destacando as interações que ocorrem na polinização e dispersão.

Segundo Reis et al. (1999) a polinização envolve o processo de transporte do pólen (célula masculina) até o aparelho reprodutor feminino na flor, o estigma. O estigma da flor possui uma superfície muito pequena, geralmente menor que 1 mm<sup>2</sup>. A dificuldade de se realizar, então, a colocação do pólen no estigma faz com que o nível de especificidade no processo de polinização seja muito grande.

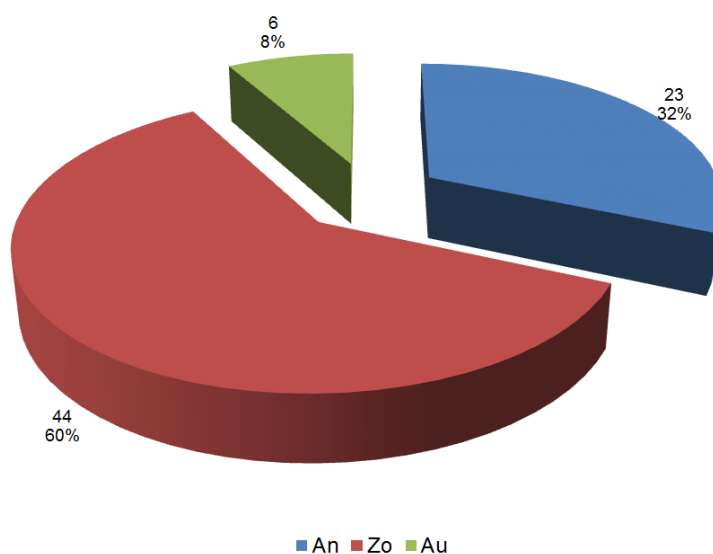
Entre os principais grupos de animais associados às flores estão os insetos (abelhas, borboletas, mariposas, moscas, vespas, entre outros), as aves (como os beija-flores) e alguns mamíferos (como morcegos, macacos e marsupiais) (SILVA, 2006).

De acordo com Antonioni et al. (2003), o tamanho mínimo de um fragmento capaz de sustentar a diversidade de insetos pré-existente em um ecossistema



tropical é variável de acordo com a região, em função de diferenças no clima, solo, grau de endemismo e distribuição das espécies. Os autores op. cit salientam que fragmentos em estádios sucessionais secundários também podem abrigar grande diversidade de insetos, sendo também variável conforme a região, a idade e o tamanho do mesmo que permitam a manutenção dessa diversidade.

Assim, a exemplo da polinização, na dispersão a fauna também se mostra fortemente associada ao processo de disseminação dos propágulos, sendo que 44 espécies (60%) apresentam dispersão zoocórica, ao passo que 23 espécies apresentam o vento (anemocoria) como vetor para disseminação de seus propágulos. Além das espécies zoocóricas e anemocóricas, somente seis (06) espécies apresentaram dispersão autocórica, síndrome onde a planta não depende da ação de nenhum vetor para a dispersão de seus propágulos (Figura 32).



**Figura 32 - Distribuição do número de espécies registradas na área de estudo, de acordo com as síndromes de dispersão. Onde, Ane = anomocoria, Zoo = zoocoria e Aut = autocoria.**

A dispersão de sementes constitui mais um dos mecanismos essenciais para a dinâmica da floresta, conseqüentemente influenciando na regeneração natural das populações (ZAMBONIM, 2001; TABARELLI; PERES, 2002).

O processo de dispersão representa a ligação entre a última fase reprodutiva da planta com a primeira fase de recrutamento da população. Sem a dispersão das sementes, a progênie estaria fadada à extinção e a regeneração se tornaria impossível, sendo que em alguns casos, espécies de plantas que perderam seus

dispersores estariam ameaçadas de extinção local (CHAPMAN; CHAPMAN, 1995; GALETTI et al., 2003).

Reis e Kageyama (2003) entendem a dispersão como o transporte das sementes para um local próximo ou distante da planta geradora destas sementes (planta-mãe). Esta distância pode variar de centímetros a quilômetros (HOWE, 1986 apud REIS; KAGEYAMA, 2003).

A acentuada percentagem de espécies zoofílicas e zoocóricas, apresentadas no presente estudo, confirma a importância dos agentes bióticos no fluxo gênico nos fragmentos florestais ainda existentes as margens do rio Criciúma, assemelhando-se aos resultados de vários autores, já mencionados, como o mais relevante modo de polinização e de dispersão das espécies lenhosas da mata atlântica (COLONETTI, 2008).

Apesar do exposto acima, as relações interespecíficas existentes entre elementos da fauna e da flora (polinização, dispersão, herbivoria, entre outras) encontram-se intensamente prejudicadas em razão da intensa fragmentação de habitats oriunda de anos de pressão antrópica.

#### **5.1.4.3 Áreas ocupadas**

Através do mapeamento do uso do solo e da cobertura vegetal foi possível identificar e quantificar os diferentes usos na área de preservação permanente (APP) do rio Criciúma.

A área de preservação permanente (APP) do rio Criciúma compreende uma área de aproximadamente 42 hectares, onde se podem observar locais em processo de recuperação ambiental, áreas degradadas, áreas com vegetação natural associada a indivíduos de espécies exóticas, campos antrópicos e área ocupada pela urbanização (Tabela 9).

As áreas ocupadas pela urbanização abrangem 27,21 ha (64,82%) da área de preservação permanente do rio (cfe. Lei Federal n. 4.771/1965 e Resolução CONAMA n. 303/2002), sendo que 14,09% encontram-se dentro da faixa de 5 metros e 46,53% encontram-se dentro da faixa de 15 metros, em áreas onde não é

permitido o parcelamento do solo de acordo com a Lei Municipal n. 3.901/1999 (PREFEITURA MUNICIPAL DE CRICIÚMA, 1999b).

**Tabela 9 – Classes de uso do solo e cobertura vegetal observadas ao longo da área de preservação permanente do rio Criciúma, Criciúma, Santa Catarina.**

ÁREAS APP RIO CRICIÚMA (ha)												
Classes de Uso	5 m	%	10 m	%	15 m	%	20 m	%	25 m	%	30 m <sup>1</sup>	%
Área urbana	3,83	55,14	8,04	57,75	12,66	60,55	17,43	62,42	22,28	63,76	27,21	64,82
Campo antrópico	0,56	7,99	1,10	7,90	1,70	8,14	2,34	8,37	2,96	8,47	3,53	8,41
Vegetação em estágio médio	1,18	17,00	2,11	15,13	2,63	12,58	3,05	10,94	3,45	9,89	3,86	9,20
Vegetação em estágio inicial	0,38	5,45	0,73	5,26	1,06	5,09	1,35	4,83	1,60	4,57	1,82	4,34
Área degradada	0,45	6,46	0,84	6,02	1,19	5,69	1,52	5,43	1,83	5,24	2,14	5,09
Área em recuperação	0,55	7,96	1,11	7,95	1,66	7,95	2,24	8,01	2,82	8,08	3,41	8,13
<b>Área Total</b>	<b>6,95</b>		<b>13,92</b>		<b>20,91</b>		<b>27,91</b>		<b>34,94</b>		<b>41,97</b>	

<sup>1</sup> Área total da APP do rio Criciúma considerando os limites estabelecidos pela Lei Federal n. 4.771/1965 e pela Resolução CONAMA n. 303/2002.

As áreas verdes, constituídas pelos campos antrópicos e áreas de vegetação natural em estágio inicial e médio de regeneração associados a indivíduos de espécies exóticas (pinus e eucalipto), compreendem respectivamente, 3,53 ha (8,41%), 1,82 ha (4,34%) e 3,86 (9,20%), totalizando 9,21 ha (21,95%) da área de preservação permanente do rio Criciúma (Tabela 9).

O baixo percentual de cobertura observado para as três classes de uso acima citados, associado ao elevado percentual de áreas urbanas demonstra o acentuado grau de comprometimento da área de preservação permanente.

Observa-se ainda ao longo das margens do rio Criciúma áreas em processo de recuperação ambiental, que abrangem 3,41 ha (8,13%), e áreas degradadas abrangendo 2,14 ha (5,09%).

#### **5.1.4.4 Índice de cobertura vegetal da paisagem ( $ICVeg_{PA}$ )**

Considerando-se a análise do Índice de Cobertura Vegetal da Paisagem ( $ICVeg_{PA}$ ) obtido para o Alto, Médio e Baixo rio Criciúma, verifica-se uma maior condição de degradação ambiental na porção do Alto rio Criciúma, onde obteve-se o menor valor de  $ICVeg_{PA}$ , 0,21. Para os demais trechos do rio Criciúma, Médio e

Baixo, foram obtidos valores de  $ICV_{vegPA}$  mais elevados sendo registrados para estes, 0,38 e 0,37, respectivamente.

O baixo valor de  $ICV_{vegPA}$  registrado para a área de preservação permanente do trecho denominado Alto rio Criciúma, constitui o reflexo do intenso processo de ocupação e urbanização das margens (APP) do rio, de modo a descaracterizá-lo totalmente, sob o ponto de vista biológico.

No entanto, os demais trechos do rio Criciúma (baixo e médio) apresentaram valores mais elevados para o referido índice, que embora não seja considerado um valor alto, representa uma melhor condição para a manutenção das funções ecológicas do rio, desde que ações de recuperação sejam adotadas.

#### **5.1.5 Considerações gerais**

De maneira geral a cobertura vegetal da microbacia do rio Criciúma encontra-se totalmente descaracterizada pela intensa ação antrópica a qual esta está exposta, uma vez que esta microbacia abrange a grande parte da região urbana do município de Criciúma.

Além disso, observa-se ao longo das margens do rio Criciúma a sua ocupação, de modo regular e irregular, porém ambas as situações vão contra o estabelecido pelo Art. 2º da Lei Federal n. 4.771/1965 (BRASIL, 1965) e pelo Art. 3º da Resolução CONAMA n. 303/2002 (BRASIL, 2002a), que trata as margens dos rios como área de preservação permanente e que por sua vez não deveriam apresentar qualquer outro tipo de uso, salvo algumas exceções conforme estabelece a Resolução CONAMA n. 369/2006 (BRASIL, 2006).

A exemplo da microbacia as margens do rio Criciúma também se encontra intensamente fragmentadas, em razão do uso das áreas de preservação permanente para a expansão urbana. Neste sentido, o que resta são pequenos fragmentos de florestas secundárias em estádios inicial e médio de regeneração associados a espécies exóticas como, pinus, eucalipto, entre outras.

## 5.2 FAUNA

As atividades desenvolvidas nos levantamentos de campo têm como objetivo efetuar o registro da biota (fauna terrestre/aquática) através de incursões exploratórias e prospecções detalhadas ao longo de 7 km do rio Criciúma e áreas de entorno.

Os trabalhos relacionados à fauna foram inicializados no bairro Santa Augusta e finalizados no bairro Cruzeiro do Sul. Considerando-se os trechos avaliados o rio Criciúma percorre 12 bairros, sendo que muitos deles apresentam (quando existentes) reduzidas faixas de APP, além disso em muitos segmentos do rio a vegetação é constituída predominantemente por espécies herbáceas, observando-se ainda poucos indivíduos arbóreos isolados. A Figura 33 fornece de forma ilustrativa a distribuição espacial dos distintos sítios de observação da fauna ao longo de 7 km do rio Criciúma.



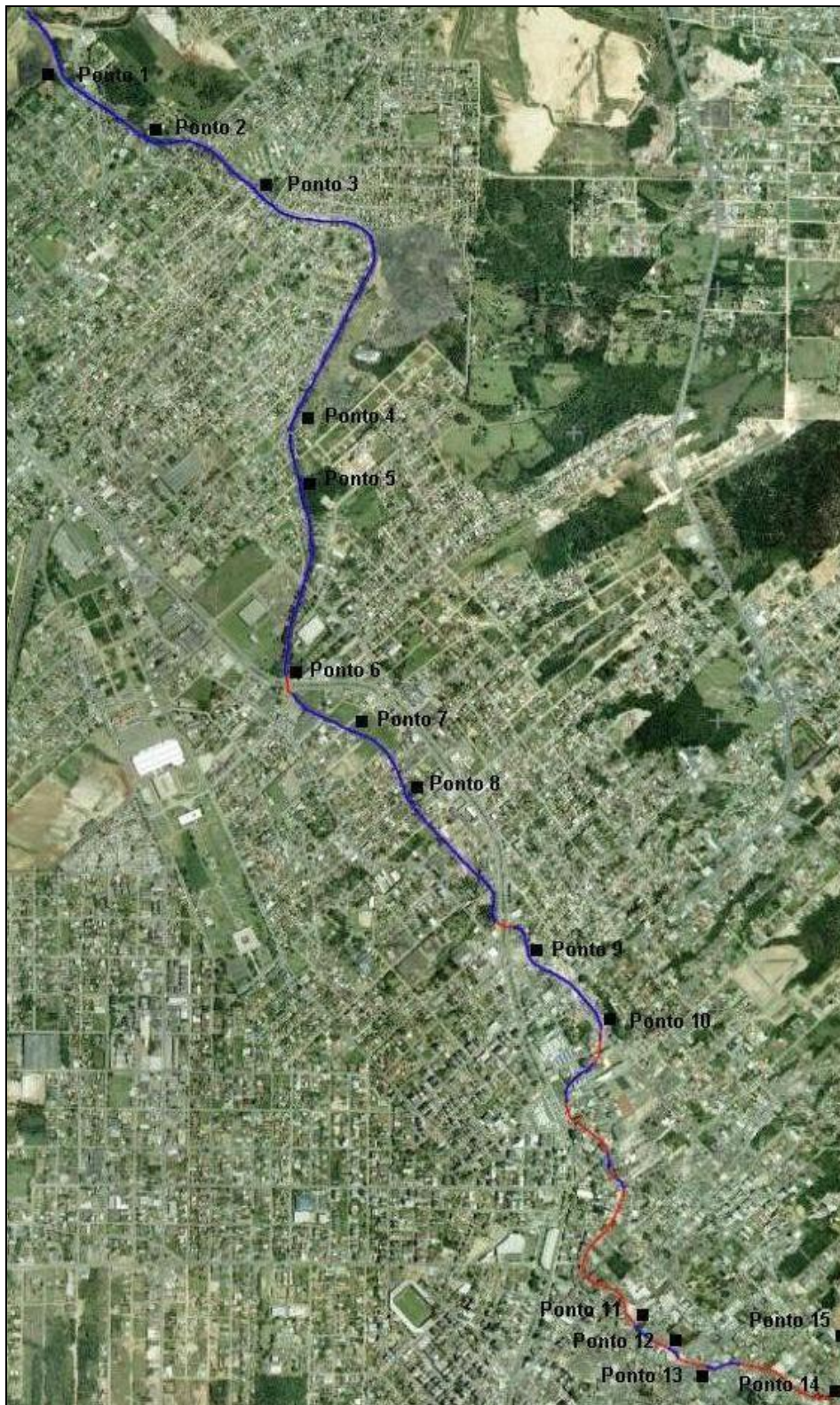


Figura 33 - Distribuição espacial dos sítios de observação da fauna dispostos ao longo do rio Criciúma, observando-se em vermelho os segmentos do rio totalmente retificados (canalizado e fechado). Os segmentos em azul referem-se aos trechos onde o rio encontra-se em sua condição natural.

O estudo dos ecossistemas terrestres em áreas urbanizadas foi conduzido tendo-se como base as características fisionômicas da paisagem local, registrando-se, quando detectados, representantes da fauna. Por se tratar de áreas fortemente antropizadas os usos e ocupação do solo caracterizam-se por serem bastante diversificados, sendo que os distintos modos de intervenção antrópica afetam diretamente na composição faunística dos sítios avaliados. Nesse contexto, quanto maior for o grau de intervenção menos táxons tendem a ser contabilizados.

Cabe destacar que a reduzida disponibilidade de áreas verdes, esta relacionada, principalmente, a forma desordenada de ocupação do território, ocasionando a intensificação da fragmentação florestal de áreas naturais, diminuindo, por conseguinte a qualidade e a quantidade de recursos disponíveis. Em função destes aspectos muitos dos constituintes da fauna silvestre podem buscar refúgio/abrigo, alimentação, locais para nidificação e poleiros em praças, parques, terrenos baldios com alguma vegetação e em remanescentes florestais dispostos em áreas menos urbanizadas ou mais afastadas das áreas mais densamente povoadas, como por exemplo, o bairro Centro.

De forma a indicar a localização das estações de observação da fauna ao longo do rio Criciúma, a Tabela 10 fornece as coordenadas UTM e respectivo local/bairros onde se procederam aos levantamentos faunísticos.

**Tabela 10 - Indicação das coordenadas UTM e bairros onde foram realizadas as observações da fauna.**

Estação/Pontos de Observação da Fauna	Coordenadas UTM		Local/Bairro
	E	N	
1	0655188	6824658	Santa Augusta
2	0655411	6824948	Santa Augusta
3	0655746	6825625	Paraíso
4	0656578	6825534	Santo Antonio
5	0656749	6825583	Santo Antonio
6	0657337	6825506	Santa Barbara
7	0657520	6825712	Santa Barbara
8	0657743	6825913	Santa Barbara
9	0658185	6826282	Centro
10	0658463	6826539	Centro
11	0659589	6826712	Centro

Estação/Pontos de Observação da Fauna	Coordenadas UTM		Local/Bairro
	E	N	
12	0659679	6826823	Centro
13	0659734	6826984	Centro
14	0659843	6827405	Cruzeiro do Sul
15	0659577	6827483	Cruzeiro do Sul

De forma a ilustrar a condição do rio Criciúma em vários trechos avaliados a Figura 34 fornece alguns exemplos do seu estado atual, destacando-se a condição restrita ou de confinamento rio, não havendo área de extravasamento lateral, na eventualidade do rio receber grande volume de água oriunda de precipitações pluviométricas.

Observa-se que grande parte do rio Criciúma, notadamente nas porções mais próximas a região central encontram-se ocupadas por edificações, sendo que muitos trechos do rio encontram-se assoreados nas partes com curvas mais pronunciadas.

Considerando-se a dinâmica hídrica dos ambientes lóticos (e.g. rios) estes se caracterizam por apresentar a capacidade de erodir, transportar e depositar material do meio fluvial, especialmente em curvas onde o gradiente de velocidade, aliado à conformação física e geológica do leito, causa correntes secundárias com movimento rotacional contra as margens, originando processos erosivos e de deposição (o material é erodido da parte côncava, externa, transportado para jusante e depositado na parte convexa, interna). No caso do rio Criciúma os aspectos erosivos são intensificados em função da ausência de vegetação ciliar. Cabe mencionar que grande parte da porção marginal do rio Criciúma é desprovida de vegetação ripária, sendo que este componente é de fundamental importância na preservação do solo das margens, contribuindo na redução de arraste de material terrígeno para o interior do rio, minimizando ou impedindo o assoreamento deste.



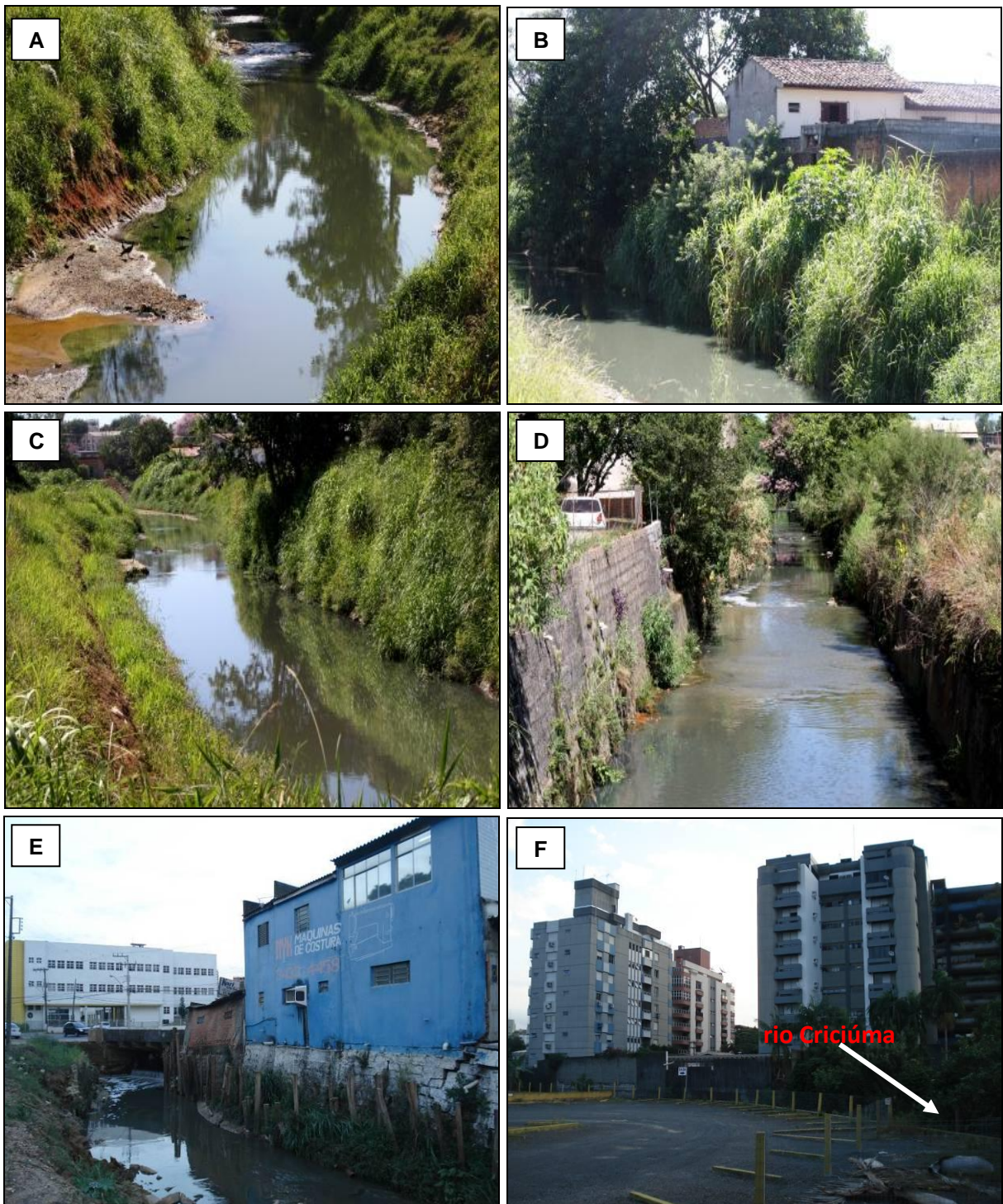


Figura 34 - Segmentos do rio Criciúma onde foram realizadas as prospecções/observações dos componentes faunísticos, observando-se que áreas de APP são praticamente inexistentes, ou ocupadas por edificações. A vegetação marginal quando presente é constituída predominantemente por vegetação herbácea com enraizamento superficial, não apresentando capacidade de retenção do solo.

## 5.2.1 Fauna Terrestre

### 5.2.1.1 Ornitofauna

O diagnóstico da ornitofauna envolve o levantamento de campo na área de estudo para obtenção de dados primários, conjugando-se ainda informações complementares (dados secundários) sobre o meio biótico da região.

Os métodos aplicados nos levantamentos ornitofaunísticos abrangem estudos qualitativos, tais como:

- a. Observação direta,
- b. Identificação da vocalização das espécies encontradas.

Nesse contexto, na eventualidade da espécie não ser reconhecida ou identificada *in situ*, procede-se o registro das vocalizações com o auxílio de um microgravador Olympus LS10 para posterior determinação da espécie, comparando-se as vocalizações obtidas com gravações de referência (STRANECK; CARRIZO, 1990; VIELLIARD, 1995a; 1995b).

No que se refere à abordagem quantitativa emprega-se o método do Trajeto Irregular, segundo metodologia estabelecida por Bibby et al. (2000). Considera-se nesta metodologia as áreas mais afastadas do centro urbano onde se observa a presença de áreas mais amplas com características campestres e ocorrência de poucos fragmentos florestais. Nesse contexto utilizam-se os caminhos pré-existentes e/ou trilhas nos sítios considerados representativos. Entretanto, considerando-se que as áreas avaliadas neste levantamento estão inseridas na zona urbana do município de Criciúma, onde há forte adensamento populacional, usos e ocupação do solo diversificados, optou-se pelo estabelecimento de pontos de observação ao longo dos 7 km avaliados neste estudo. A movimentação ao longo do rio deu-se no sentido sudeste para nordeste.

Com relação ao rio Criciúma, convém mencionar que este atravessa (sentido nordeste para sudeste) vários bairros do município: Cruzeiro do Sul, Centro, Operária Nova, Santa Bárbara, Santo Antônio, Pinheirinho, Boa Vista, Paraíso, Vila Floresta, Tereza Cristina, São Francisco e Santa Augusta. Cabe destacar que na



porção central da cidade o rio Criciúma encontra-se em sua grande parte totalmente retificado, observando-se pequenos segmentos expostos nas proximidades das ruas: Coronel Pedro Benedit, Anita Garibaldi, Henrique Lage, Araranguá, Álvaro Catão e Cônego Miguel Giacca. Por outro lado, nas porções (bairros) mais afastadas da região central encontrados áreas mais favoráveis à fauna, ou seja, apesar da existência de interferência humana observa-se mosaicos constituídos por edificações, terrenos baldios, áreas com características campestres e fragmentos florestais. Adicionalmente, verifica-se, nas margens do rio Criciúma, o predomínio de vegetação herbácea e, ocasionalmente a distribuição esparsa de espécies arbóreas, podendo estas serem constituídas por espécies exóticas (e.g. *Eucalyptus saligna*/eucalipto.) ou nativas (e.g. *Alchornea triplinerva*/tanheiro).

Os poucos trechos onde se observa adensamentos vegetacionais são utilizados pela ornitofauna como locais de abrigo

As áreas melhor conservadas, embora submetidas a interferência humana correspondem as porções extremas, tais como os segmentos do rio Criciúma inseridos no Bairro Santa Augusta (porção Leste) e no trecho correspondente ao bairro Cruzeiro do Sul (porção Norte).

Matarazzo-Neuberger (1992) menciona que as aves constituem um grupo muito significativo da fauna urbana e, por esta razão, vem ocupando lugar de destaque nas pesquisas relacionadas a este tipo de ambiente. A análise da estrutura e da diversidade de comunidades biológicas em ambientes urbanos é fundamental para o estabelecimento do conhecimento teórico/prático dos distintos ecossistemas (VALADÃO, 2006).

Usualmente, no que se refere às observações de campo são contemplados os horários de maior atividade da ornitofauna (09:00h - 11:00h e 14:00h - 17:00h). Eventualmente, neste período, é possível detectar a busca ativa das diferentes espécies por recursos alimentares. Entretanto, em função das características do ambiente avaliado, outras atividades da ornitofauna tornam-se menos evidentes, tais como aquelas relacionadas aos aspectos reprodutivos (e.g. corte, busca de material construtivo e nidificação).

Para ambientes naturais o número de indivíduos observados em horários diurnos com temperatura ambiente mais elevada é menor, sendo, portanto menos ativas. Entretanto, em se tratando de áreas fortemente urbanizadas, deve-se considerar que a dinâmica da ornitofauna seja diferenciada, ou seja, a redução no número de indivíduos é mais discreta ou menos evidente. Normalmente em áreas urbanas ocorre a prevalência de espécies com características generalistas, menos exigentes quanto a utilização dos recursos ambientais, notadamente no que se refere à alimentação. De forma geral, no que se refere à estrutura trófica da ornitofauna, verifica-se predomínio de espécies insetívoras/onívoras.

Um exemplo de grupo de vertebrados que se adapta bem às cidades é o das aves, pela sua grande capacidade de deslocamento e também pela plasticidade comportamental. As aves podem utilizar qualquer fragmento de área com vegetação disponível. Em muitos casos adaptaram-se ao convívio com o homem de forma estreita, utilizando o alimento que obtêm do mesmo e sobrevivendo em construções. Cabe ressaltar, entretanto que nem toda espécie da ornitofauna consegue se adaptar a áreas densamente povoadas, mas aquelas que conseguem podem atingir altos níveis populacionais. Exemplos típicos de aves extremamente adaptadas aos ambientes urbanizados são pardais e pombos.

No que se refere à nomenclatura científica e a ordem taxonômica, estas são baseadas em Sick (1997), sendo que os nomes vernáculos (comuns) estão em consonância com Rosário (1996).

#### 5.2.1.1.1 Observação Direta

Caracteriza-se pelo deslocamento do observador pela área de estudo, procedendo-se a identificação e qualificação dos habitats dos representantes da avifauna. Suplementarmente, a observação direta inclui registros através da visualização das espécies e de seus vestígios (e.g. penas, ossos, ninhos, abertura de cavidades). Os produtos originados dos levantamentos qualitativos incluem a elaboração de listagem da avifauna silvestre.

#### 5.2.1.1.2 Trajeto Irregular

Este método do trajeto irregular visa registrar todas as aves identificadas visualmente ou através da sua vocalização apenas durante o tempo de

deslocamento do observador na área monitorada, a uma velocidade reduzida ( $< 1$  km/h). Cabe ressaltar que este procedimento só é factível de realização em áreas mais afastadas do centro urbano do município de Criciúma, em função da presença de maior quantidade de áreas verdes.

As vocalizações serão computadas somente quando for possível determinar se àquelas estão sendo emitidas no interior do ambiente avaliado naquele instante.

O horário para execução deste método segue a mesma padronização definida pelo levantamento qualitativo (observação direta).

### **5.2.1.2 Demais grupos faunísticos**

Neste item específico estão inseridos representantes faunísticos pertencentes à mastofauna, herpetofauna (répteis e anfíbios) e ictiofauna. Concomitantemente às observações da ornitofauna, procede-se de forma expedita levantamentos paralelos na área de estudo. As varreduras, no que concerne a mastofauna e herpetofauna (répteis e anfíbios), consiste num primeiro momento na localização de pegadas impressas no substrato (solo) ou em ambientes deposicionais (margens de rios ou em locais onde ocorra o assentamento de sedimentos).

No que diz respeito à anurofauna (anfíbios), efetua-se prospecções em sítios (e.g. pequenos corpos hídricos, poças temporárias ou ambientes com maior retenção hídrica) potencialmente favoráveis a localização de indivíduos adultos, posturas e larvas/girinos. Efetua-se ainda, de forma complementar, a busca ativa nos distintos ambientes avaliados, objetivando localizar indícios ou evidências (e.g. tocas, ninhos, restos alimentares, carcaças, excrementos, pelos, ecdises/mudas e odores característicos) que possam revelar ou indicar a presença de demais representantes da fauna terrestre ou semiaquática.

Com relação à ictiofauna foram realizadas incursões exploratórias ao longo dos segmentos do rio Criciúma não retificados. Entretanto, não houve evidência da ocorrência de representantes deste grupo. Este aspecto foi reforçado tendo-se como referência a análise laboratorial de diversos parâmetros límnicos em 10 unidades amostrais. Observou-se que o parâmetro OD (Oxigênio Dissolvido), considerado em

ecologia como fator limitante, à biota aquática, apresentou valores ambientais bastante baixos (Tabela 12).

No que diz respeito aos macroinvertebrados bentônicos estes são usualmente encontrados em ambientes hídricos bem preservados, aspecto este não observado no rio Criciúma. A ausência de representantes deste grupo nas estações amostrais avaliadas deve-se principalmente as baixas concentrações ambientais de oxigênio dissolvido, considerado em ecologia como sendo um fator limitante à biota aquática. De forma exemplificativa a Tabela 12 fornece as concentrações de oxigênio dissolvido nas distintas estações de amostragem, observando-se valores bastante baixos, excetuando a estação RC01. De forma complementar cabe destacar que as atividades pertinentes ao desassoreamento do rio Criciúma terem sido inicializadas em período anterior às amostragens de campo, sendo que tal aspecto atua como agente interferente em função da extração do sedimento do fundo do leito do rio.

O levantamento da biota a ser realizado ao longo do rio Criciúma tem como objetivo determinar os componentes faunísticos, presentes ao longo do rio Criciúma, considerando-se principalmente as áreas de preservação permanente (APP) e adjacências. De forma geral, considerando-se todos os 15 pontos de observação da fauna verifica-se um complexo mosaico de atividades antrópicas, observando-se usos diferenciados do solo (e.g. ruas/estradas, trechos deplecionados ou alterados, presença de edificações, entre outros exemplos).

#### 5.2.1.2.1 Mastofauna

Concomitantemente aos estudos pertinentes à ornitofauna quando o local avaliado assim o permitir serão realizadas transecções lineares, conforme metodologia estabelecida por Buckland et al. (1993), efetuando-se o registro de ocorrências relativas à mastofauna: avistamentos (contato visual) ou através da localização de evidências/indícios (e.g. pegadas, excrementos, carcaças, pêlos, restos alimentares). As prospecções se darão através da busca ativa pelo interior dos sítios avaliados (fragmentos florestais) e adjacências, com ênfase à localização de abrigos (e.g. tocas, cavidades existentes no solo e em espécies arbóreas).

Os sítios de ocorrência serão identificados com a utilização de GPS (Sistema de Posicionamento Global) e complementados com registros fotográficos.

O levantamento da fauna em áreas urbanas é realizado através de deslocamentos nas porções pertinentes às APP e por incursões exploratórias pelo interior de fragmentos vegetacionais (quando existentes nos sítios ou locais de observação elencados).

#### 5.2.1.2.2 Herpetofauna (anfíbios e répteis)

Os levantamentos relacionados à herpetofauna (répteis e anfíbios) serão realizados em consonância com Heyer et al. (1994). As atividades prospectivas envolvem a procura ativa, auditiva (vocalização em anfíbios) e localização de sítios reprodutivos, neste item específico, em se tratando de anfíbios procura-se localizar ambientes propícios à sua ocorrência, tais como ambientes com retenção hídrica (e.g. poças, banhados) oportunizando a localização de posturas e ou ainda a localização de larvas/girinos.

### **5.2.2 Ecossistemas aquáticos (Fauna Aquática)**

#### **5.2.2.1 Ictiofauna**

Usualmente, para os procedimentos relacionados à detecção de representantes da ictiofauna são realizadas varreduras exploratórias nas porções marginais dos corpos hídricos, sejam eles com características lóticicas (e.g. rios, córregos) ou lênticas (e.g. lagoas, açudes).

Os procedimentos de amostragem compreendem também deslocamentos pelo interior do corpo hídrico, acessando-se distintos microhabitats (e.g. áreas de remanso, sítios com vegetação decumbente e trechos com maior hidrodinamismo). Em função das distinções do ambiente aquático poderão ser utilizadas diferentes artes de pesca (e.g. puçá, redes de arremesso/tarrafa ou redes de espera). Os equipamentos poderão ser utilizados tanto para as coletas exploratórias quanto para as sistemáticas.



## 5.2.3 Resultados e discussão

### 5.2.3.1 Ornitofauna

No que concerne aos levantamentos faunísticos o grupo predominante foi representado por elementos da ornitofauna, obtendo-se o registro de 31 espécies, distribuídas em 9 Ordens e 21 Famílias (Tabela 11).

Cabe destacar que houve discreta prevalência de Famílias pertencentes ao grupo dos não passeriformes (11), contra 10 dos passeriformes.

Em termos de números de espécies a família Columbidae destacou-se com quatro (04) táxons, tendo sido observadas na maioria das áreas prospectadas. Exceção faz-se à espécie *Leptotila verreauxi* (juriti-pupu) usualmente presente em áreas com formações florestais (e.g. remanescentes vegetacionais) ou em áreas mais afastadas da zona urbana.

A Família Tyrannidae também se destacou com duas espécies (*Pitangus sulphuratus*/bem-te-vi e *Tyrannus melancholicus*/suiriri), tendo sido observadas em várias áreas. Este grupo caracteriza-se por sua adaptabilidade às condições de ambientes alterados ou antropizados. Segundo Traylor e Fitzpatrick (1982) as espécies de tiranídeos se adaptaram a uma enorme variedade de ambientes e nichos ecológicos, apresentando também diversificação morfológica e uma riqueza de repertório comportamental sem paralelo entre os passeriformes suboscines (uma das duas subdivisões existentes nesta Ordem). Por sua vez, Sibley e Monroe Jr. (1990) relatam que os tiranídeos formam um dos grupos de aves da Região Neotropical mais diversificados em termos de número de espécies.

Cabe mencionar, ainda no que concerne aos tiranídeos, que sua predominância pode estar associada a reduzida estruturação ecológica dos ambientes avaliados, característica esta usualmente associada a ambientes antropizados. Espécies pertencentes a este grupo são, de forma geral, generalistas quanto à utilização dos recursos ambientais, além de apresentar dieta alimentar insetívora.

Complementarmente, cabe destaque às famílias Emberezidae e Passaridae, representadas pelas espécies *Sicalis flaveola* (canário-da-terra-verdadeiro) e *Passer*

*domesticus* (pardal). Ambas apresentaram ampla distribuição, tendo sido observadas em 11 áreas das 15 avaliadas neste levantamento.

Tendo-se como referência a Tabela 11 constata-se que à medida que se avança para a região dos bairros alocados nas porções mais centrais da cidade percebe-se redução na riqueza específica, aspecto este observado a partir da área 4 até a 14, voltando a aumentar na área 15, caracterizada por apresentar maior adensamento vegetacional.

Invariavelmente, considerando-se todos os sítios avaliados verifica-se que os mesmos estão sujeitos a pressões de origem antrópica, observando-se ao longo de toda a extensão dos trechos correspondentes ao rio Criciúma distintos tipos de usos e ocupação do solo. De forma geral constata-se que grande percentual das áreas próximas ao rio Criciúma encontram-se de alguma forma confinadas por edificações, ruas/estradas, terrenos baldios, estacionamentos, entre outros exemplos (Figura 34).

Em função das características do ambiente e da menor interferência antrópica as Áreas 1 e 2 inseridas no Bairro Santa Augusta, a Área 4 (Bairro Santo Antônio) e Área 15 (Bairro Cruzeiro do Sul) apresentaram maior diversidade específica (Tabela 11). Estas áreas por sua localização apresentam maior disponibilidade de áreas verdes, havendo, portanto, maior disponibilidade de recursos ambientais à ornitofauna.

A listagem completa das diferentes espécies registradas durante os levantamentos de campo encontram-se relacionados na Tabela 11, constando os grupos taxonômicos (Ordem, Família e Espécie), nomes vernáculos e sítios de localização.

Tabela 11 - Registros ornitofaunísticos (presença e ausência) para as áreas para os 15 sítios prospectados ao longo do rio Criciúma, com indicação dos táxons/espécies, ordens e famílias.

Táxon/Espécie	Nome Vernáculo	Área/Sítio														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<b>ORDEM GALLIFORMES</b>																
<b>FAMÍLIA CRACIDAE</b>																
<i>Ortalis guttata</i> (Spix, 1825)	aracuã		X													
<b>ORDEM PELECANIFORMES</b>																
<b>FAMÍLIA ARDEIDAE</b>																
<i>Bubulcus ibis</i> (Linnaeus, 1758)	garça-vaqueira	X	X					X								
<i>Syrigma sibilatrix</i> (Ridgway, 1858)	maria-faceira	X														
<b>FAMÍLIA THRESKIORNITHIDAE</b>																
<i>Phimosus infuscatus</i> (Lichtenstein, 1823)	tapicuru-de-cara-pelada	X	X		X	X				X						
<b>ORDEM CATHARTIFORMES</b>																
<b>FAMÍLIA CATHARTIDAE</b>																
<i>Cathartes aura</i> (Linnaeus, 1758)	urubu-de-cabeça-vermelha		X					X								
<i>Coragyps atratus</i> (Bechstein 1793)	urubu-de-cabeça-preta								X							X
<b>FAMÍLIA RALLIDAE</b>																
<i>Aramides saracura</i> (Spix, 1825)	saracura-do-mato		X													
<b>ORDEM CHARADRIIFORMES</b>																
<b>FAMÍLIA CHARADRIIDAE</b>																
<i>Vanellus chilensis</i> (Molina, 1782)	quero-quero	X	X	X	X	X	X			X				X		X
<b>FAMÍLIA SCOLOPACIDAE</b>																

Táxon/Espécie	Nome Vernáculo	Área/Sítio														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<i>Tringa solitaria</i> (Wilson, 1813)	maçarico-solitário					X										
<b>ORDEM COLUMBIFORMES</b>																
<b>FAMÍLIA COLUMBIDAE</b>																
<i>Columbina talpacoti</i> (Temminck, 1810)	rolinha-roxa	X	X	X	X			X		X	X		X		X	X
<i>Columbina picui</i> (Temminck, 1813)	rolinha-picui	X	X		X						X					X
<i>Columba livia</i> (Gmelin, 1789)	pombo-doméstico						X			X	X	X	X	X		
<i>Leptotila verreauxi</i> (Bonaparte, 1855)	juriti-pupu		X		X											X
<b>ORDEM CUCULIFORMES</b>																
<b>FAMILIA CUCULIDAE</b>																
<i>Crotophaga ani</i> (Linnaeus, 1758)	anu-preto	X	X													
<i>Guira guira</i> (Gmelin, 1788)	anu-branco									X					X	
<b>ORDEM APODIFORMES</b>																
<b>FAMILIA TROCHILIDAE</b>																
<i>Leucochloris albicollis</i> (Vieillot, 1818)	beija-flor-de-papo-branco	X														
<b>ORDEM PICIFORMES</b>																
<b>FAMÍLIA PICIDAE</b>																
<i>Picumnus temminckii</i> (Temminck, 1825)	pica-pau-anão-de-coleira	X														
<b>ORDEM PASSERIFORMES</b>																
<b>FAMILIA FURNARIIDAE</b>																
<i>Furnarius rufus</i> (Gmelin, 1788)	joão-de-barro	X	X	X	X			X	X	X	X					X

Táxon/Espécie	Nome Vernáculo	Área/Sítio														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<b>FAMILIA TYRANNIDAE</b>																
<i>Pitangus sulphuratus</i> (Linnaeus, 1766)	bem-te-vi	X	X	X	X						X		X	X		X
<i>Tyrannus melancholicus</i> (Vieillot, 1819)	suiriri		X	X				X						X		X
<b>FAMILIA HIRUNDINIDAE</b>																
<i>Pygochelidon cyanoleuca</i> (Gmelin, 1789)	andorinha-pequena-de-casa	X	X		X		X		X	X						
<i>Stelgidopteryx ruficollis</i> (Vieillot, 1817)	andorinha-serradora															
<b>FAMILIA TROGLODYTIDAE</b>																
<i>Troglodytes musculus</i> (Vieillot, 1807)	corruíra	X	X	X	X	X		X								X
<b>FAMILIA TURDIDAE</b>																
<i>Turdus rufiventris</i> (Vieillot, 1818)	sabiá-laranjeira													X		
<b>FAMILIA THRAUPIDAE</b>																
<i>Tachyphonus coronatus</i> (Vieillot, 1822)	tiê-preto															X
<i>Tangara sayaca</i> (Linnaeus, 1766)	sanhaçu-cinzento		X						X					X		X
<b>FAMILIA EMBERIZIDAE</b>																
<i>Sicalis flaveola</i> (Linnaeus, 1766)	canário-da-terra-verdadeiro	X		X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	
<b>FAMILIA PARULIDAE</b>																
<i>Parula pitiayumi</i> (Vieillot, 1817)	mariquita				X											X
<i>Basileuterus culicivorus</i> (Deep, 1830)	pula-pula															X
<b>FAMILIA ESTRILDIDAE</b>																
<i>Estrilda astrild</i> (Linnaeus, 1758)	bico-de-lacre	X	X	X	X	X		X	X							



Táxon/Espécie	Nome Vernáculo	Área/Sítio														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<b>FAMÍLIA PASSERIDAE</b>																
<i>Passer domesticus</i> (Linnaeus, 1758)	pardal	X	X	X		X	X				X	X	X	X	X	
<b>Total de Espécies por Área</b>	-	16	18	09	12	06	06	07	06	08	07	03	05	08	04	13
<b>Total de Ordens por Área</b>	-	07	07	03	04	03	05	03	02	04	02	02	02	03	03	04
<b>Total de Famílias por Área</b>	-	14	15	08	10	06	06	07	06	07	05	03	04	07	04	08
<b>Total de Famílias de não passeriformes</b>	-	07	08	02	03	03	04	02	01	04	01	01	01	02	02	03
<b>Total de Famílias de passeriformes</b>	-	07	07	06	07	03	02	05	05	03	04	02	03	05	02	05
<b>Número Total de Ordens</b>	-	09														
<b>Número Total de Famílias</b>	-	21														
<b>Número Total de Espécies</b>	-	31														

De forma a ilustrar a ocorrência de táxons pertencentes à ornitofauna ocorrente ao longo do rio Criciúma (incluindo porções periféricas ou de entorno) a Figura 35 fornece alguns registros fotográficos obtidos durante os levantamentos de campo.

Dentre os quinze sítios avaliados quatro áreas destacaram-se: Áreas 1 e 2 – Bairro Santa Augusta; Área 4 – Bairro Santo Antônio e Área 15 – Bairro Cruzeiro do Sul. A Área 2 foi aquela que apresentou a maior diversidade específica (18 espécies), seguida pela Área 1 com 16 espécies (Tabela 11).

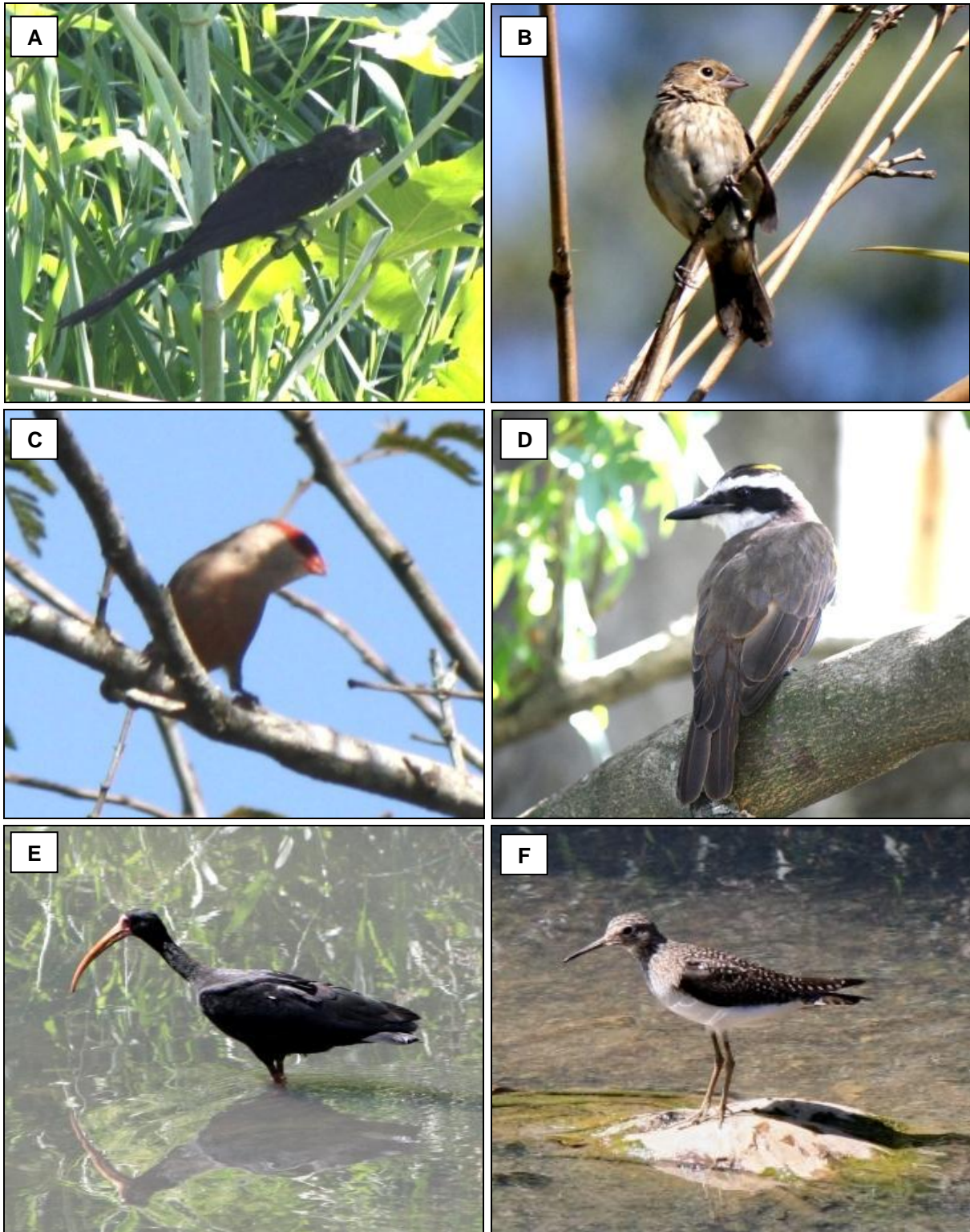


Figura 35 - Espécies de aves registradas na área de entorno do rio Criciúma durante o monitoramento da fauna. A) Anú-preto (*Crotophaga ani*); B) Canário-da-terra-verdadeiro (*Sicalis flaveola*); C) Bico-de-lacre (*Estrilda astrild*); D) Bem-te-vi (*Pitangus sulphuratus*); E) Tapicuru-de-cara-pelada (*Phimosus infuscatus*); F) Maçarico-solitário (*Tringa solitaria*).

### 5.2.3.2 Demais Grupos Faunísticos

#### 5.2.3.2.1 Ictiofauna

No que se refere a ictiofauna, nos trechos avaliados, não foram obtidos registros de peixes, sendo que tal condição pode ser atribuída à má qualidade das águas do rio Criciúma, notadamente no que se refere a concentração de oxigênio dissolvido. A Tabela 12 fornece valores pertinentes aos parâmetros pH, OD, Turbidez e Sólidos Totais obtidos em 10 pontos de amostragem.

A baixa qualidade hídrica do rio Criciúma pode ser atribuída principalmente à poluição antrópica (lançamento de efluentes) e contaminação ocasionada pela mineração do carvão em período pretérito. Tal condição acaba interferindo na biótica aquática, seja ela pertinente às comunidades ícticas e macroinvertebrados bentônicos. A simples observação visual do corpo hídrico sugere má qualidade da água, condição esta observada ao longo de toda a extensão do rio Criciúma. No que se refere a tonalidade da água, as alterações da cor indicam a presença de substâncias orgânicas, oriundas dos processos de decomposição e de alguns íons metálicos, como ferro e manganês, despejos industriais, esgoto, entre outros exemplos

**Tabela 12 - Parâmetros límnicos relacionados à qualidade da água em 10 estações de amostragem distribuídas ao longo do rio Criciúma destacando-se a reduzida concentração de oxigênio dissolvido.**

Estação de Amostragem	Parâmetros			
	pH	Oxigênio Dissolvido (mg/L <sup>-1</sup> )	Turbidez (NTU)	Sólidos Totais (mg/L <sup>-1</sup> )
RC01	5,3	8,9	2,8	286
RC02	7,1	2,0	38,9	319
RC03	7,3	3,0	32,0	362
RC04	7,2	1,8	28,4	343
RC05	6,9	1,2	32,0	322
RC06	7,0	0,7	33,9	439
RC07	7,0	0,8	25,3	326
RC08	6,9	1,5	31,6	304
RC09	6,4	1,1	34,0	345
RC10	6,3	1,4	23,9	324

#### 5.2.3.2.2 Mastofauna

O Brasil é o país que possui a maior riqueza de mamíferos em toda a região Neotropical apresentando cerca de 12% de todas as espécies existentes no mundo. Na Mata Atlântica ocorrem aproximadamente 250 espécies de mamíferos das quais 22% são endêmicas deste bioma (REIS et al., 2006).

Grande parte das espécies de mamíferos terrestres encontra-se distribuídas dentro de duas ordens:

- a. Carnívora - Constitui o principal grupo de predadores de vertebrados terrestres (PITMAN et al., 2002). Em função de estarem no topo da cadeia têm grande importância ecológica, pois podem regular as populações de presas naturais e, dessa forma, influenciar toda a dinâmica do ecossistema em que vivem (MORATO et al., 2004), além de influenciar em processos de dispersão de sementes (SANTOS et al., 2004).
- b. Rodentia - Ordem mais ampla dentre os mamíferos, com mais de 2270 espécies conhecidas, o que representa cerca de 43% das espécies de mamíferos existentes. Deste total, 235 espécies são descritas para o Brasil (CARLETON; MUSSER, 2005; HUCHON; DOUZERY, 2001; OLIVEIRA; BONVICINO, 2006).

Alguns mamíferos têm grandes áreas de vida e/ou apresentam hábitos alimentares extremamente especializados, o que os torna mais frágeis a intervenções em seu ambiente. Outros, entretanto, podem até certo limite ajustar-se a ambientes alterados pelo homem, principalmente aquelas espécies com hábitos mais oportunistas e dietas amplas e flexíveis como, por exemplo, cachorros do mato (*Cerdocyon thous*) e gambás (*Didelphis albiventris*) (LANGGUT, 1975 apud BECKER et al., 2006; FACURE; MONTEIRO-FILHO, 1996).

O desmatamento e a fragmentação da mata atlântica, ocasionada por atividades antrópicas, produziram graves consequências à biota nativa. Isto se deu em função da drástica redução de habitats e do isolamento genético sofrido por estas populações (MENDES, 2004 apud PRADO et al., 2008).



Segundo Ávila-Pires (1999) Santa Catarina é um dos estados brasileiros que apresenta menor conhecimento quanto a sua mastofauna, principalmente com relação a mamíferos terrestres, sobre os quais somente publicaram-se estudos nos últimos 22 anos (CHEREM et al., 2004).

Nos levantamentos realizados nas distintas áreas não foram obtidos registros da ocorrência de representantes pertencentes a mastofauna. Cabe considerar, entretanto, que em locais com menor concentração populacional (bairros mais afastados do centro de Criciúma) e com maior disponibilidade de áreas verdes (remanescentes florestais) existe a possibilidade de se detectar a ocorrência das espécies: *Dasyus novemcinctus*/tatu-galinha (Ordem Cingulata, Família Dasypodidae), *Procyon cancrivorus*/mão-pelada. (Ordem Carnivora, Família Procyonidae), *Cerdocyon thous* (Ordem Carnivora, família Canidae) e de roedores silvestres pertencentes à família Cricetidae.

Entre os representantes da Ordem Chiroptera (morcegos) temos como de ocorrência provável as espécies insetívoras *Tadarida brasiliensis*/morceguinho-do-sótão e *Molossus molossus*/morcego-da-cauda-grossa (ambos pertencentes à Família Molossidae), além da espécie frugívora *Artibeus lituratus*/morcego-de-cara-branca (Família Phyllostomidae) (Figura 36).

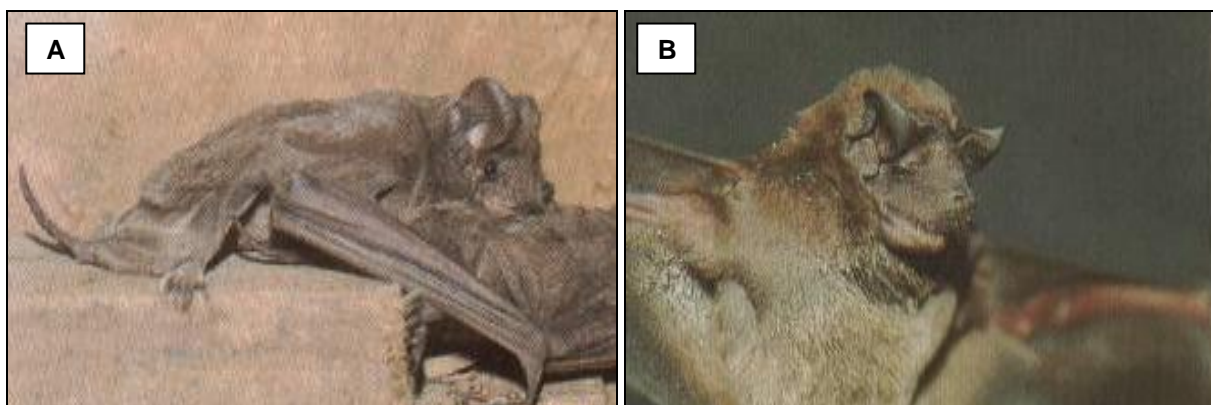


Figura 36 - figura 4. A) *Tadarida brasiliensis* (morcegozinho-do-sótão) e B) *Molossus molossus* (morcego de cauda-grossa). Fonte:FZB/RS.

Os morcegos procuram abrigos que atendam suas necessidades de temperatura, umidade, luminosidade e condições para criação da sua prole, sendo que em ambientes urbanos podem fazer uso de frestas em rochas, folhagens, copas de árvores e edificações (telhados, juntas de dilatação de prédios, porões, sótãos,

cumeeiras sem vedação e pontes). Diante da breve exposição, constata-se que as áreas urbanas apresentam inúmeras opções de abrigo a muitas espécies de morcegos insetívoros. Adicionalmente, a iluminação da cidade atrai um grande número de insetos que são o alimento das espécies insetívoras. A arborização urbana fornece abrigo nas copas e ocos das árvores, além de alimento proporcionado por inflorescências e frutificações.

Cabe ressaltar, que embora não tenha sido registrada durante as incursões de campo, relatos de moradores locais mencionam a ocorrência do gambá-de-orelha-branca (*Didelphis albiventris* (Ordem Didelphimorphia, Família Didelphidea), espécie esta considerada bastante comum e com perfil sinantrópico (organismos que vivem próximos às habitações humanas devido à disponibilidade alimento e abrigo, servindo-se de frestas em paredes e forros de telhado, ou mesmo objetos empilhados em quintais para se abrigar). Em função dos seus hábitos generalistas e habilidade em utilizar ambientes antropizados, estima-se como sendo de ocorrência provável em muitas das áreas avaliadas neste levantamento faunístico.

Por definição espécies sinantrópicas são aquelas que vivem próximas às habitações humanas. Estes animais aproximam do homem.

Ainda no que se refere à mastofauna, a única espécie observada durante as incursões de campo foi registrada na porção central da cidade (bairro centro) tendo sido representada pela espécie exótica *Rattus norvegicus*/rato-do-esgoto, pertencente à Ordem Rodentia, família Muridae (Figura 37). O indivíduo foi observado num trecho retificado do rio Criciúma, nas proximidades da Rua Coronel Pedro Benedet durante o período vespertino. Por suas características generalistas e onívoras, aliada a sua elevada prolificidade estima-se que suas populações estejam amplamente distribuídas ao longo do rio Criciúma e adjacências.



Figura 37 - Exemplar de *Rattus norvegicus* (rato-do-esgoto) registrado no bairro centro, às margens do rio Criciúma.

De formar a ilustrar as características das distintas espécies com potencial de ocorrência em locais mais afastados (e.g. Santa Augusta, Vila Manaus) da região central do município (e.g bairros Santa Bárbara e Centro), efetuou-se uma breve caracterização de táxons mais comuns, com grau de exigência ambiental variável. Foram abordados tópicos relacionados ao seu habitat, utilização de recursos ambientais e dieta.

Complementarmente, cabe destacar que a região central de Criciúma caracteriza-se pela elevada concentração habitacional e reduzida disponibilidade de áreas verdes, o que naturalmente atua como fator limitante aos representantes da fauna mais especializados. Nesse contexto, para áreas mais afastadas do centro urbano, onde se observa a presença de remanescentes florestais, podem ser obtidos registros eventuais das seguintes espécies:

- a. Tatu-galinha (*Dasyus novemcinctus*) – Espécie de fácil registro uma vez que ao forragearem deixam cavidades de tamanhos diferenciados no interior de ambientes florestais ou ao longo de trilhas naturais. A evidência mais marcante da sua ocorrência dá-se através da localização de suas tocas que também podem ser localizadas nas proximidades de barrancos e córregos (SILVA, 1984; EMMONS, 1997;

MORO-RIOS et al., 2008). Trata-se de uma espécie bastante comum que vive em diversos tipos de formações vegetais (desde áreas mais preservadas até locais degradados) e isso se deve principalmente a diversidade alimentar da espécie, que possui em sua dieta, pequenos invertebrados (principalmente formigas e cupins), raízes, fungos, ovos, pequenos vertebrados (principalmente carcaças) e frutos (EMMONS, 1997; MORO-RIOS et al., 2008);

- b. Mão-pelada (*Procyon cancrivorus*) - Espécie que apresenta preferência por ambientes com maior umidade ou de retenção hídrica, uma vez que este mamífero utiliza os corpos d'água para procurar seus alimentos (peixes e anfíbios) (SILVA, 1984; EMMONS, 1997; MORO-RIOS et al., 2008). Em sua dieta também estão incluídos crustáceos, moluscos, insetos, sementes, frutos e pequenos mamíferos (MORO-RIOS et al., 2008). Mesmo sendo uma espécie considerada de ampla distribuição pelo Brasil, ocorrendo em diferentes tipos de ambientes, é um mamífero muito importante dentro das cadeias alimentares, haja vista a gama de alimentos que podem utilizar na sua dieta e até mesmo servirem de dispersores de espécies vegetais nativas da Mata Atlântica;
- c. Graxaim-do-Mato (*Cerdocyon thous*) - Apresenta hábito noturno e crepuscular, ocasionalmente é encontrado durante o dia. Alimenta-se de vegetais, frutos, invertebrados (insetos, crustáceos e moluscos), peixes, anfíbios, lagartos, cobras, pássaros, roedores, carniça e rejeitos humanos. Com relação ao habitat pode utilizar em ambientes florestados, áreas campestres, bordas de florestas, áreas alteradas e habitadas pelo homem (MORO-RIOS et al., 2008);

Para áreas ou sítios mais intensamente urbanizados podem se registradas as seguintes espécies:

- a. Gambá-de-orelha-branca (*Didelphis albiventris*) - É uma espécie com bastante plasticidade ambiental, podendo viver em capoeiras, matas primárias e secundárias, lavouras e até mesmo conviver com a

presença humana nas cidades. O seu hábito alimentar onívoro aumenta muito a sua capacidade de sobrevivência em qualquer ambiente, principalmente no meio urbano onde pode se alimentar de restos de alimentos deixados em lixeiras, ou até mesmo de aves domésticas (SILVA, 1984; EMMONS, 1997; REIS, 2005);

- b. Morceguinho-do-Sótão (*Tadarida brasiliensis*) - É a espécie de morcego mais frequente dentro das cidades e povoados, sendo a mais abundante no Estado. Possui cor castanho-amarronzada. Nos meses mais quentes costuma formar colônias, normalmente em sótãos, forros escuros com condições adequadas de umidade e temperatura. Alimentam-se exclusivamente de insetos, principalmente besouros (coleópteros), percevejos (hemípteros), baratas (blatária) e mariposas (lepidópteros) (FZB/RS);
- c. Morcego-de-cauda-grossa (*Molossus molossus*) - É um morcego muito comum. Também frequentemente se refugia em telhados. Alimenta-se de insetos. Possui coloração castanho-escura uniforme e é maior que o morceguinho-dos-sótãos. Forma colônias menores. Seus locais de repouso são reconhecíveis pelo cheiro forte (FZB/RS);
- d. Rato-do-esgoto (*Rattus norvegicus*) - Espécie exótica de origem asiática, sendo que: suas populações são normalmente formadas por pequeno número de indivíduos com capacidade de multiplicação rápida. Vive fossorialmente em colônias cujo tamanho depende da disponibilidade de abrigo e alimento no território habitado. Com o auxílio de suas patas e dentes, cavam ativamente tocas e/ou ninheiras no chão, formando galerias que causam danos às estruturas locais. Encontram-se facilmente em galerias de esgotos e águas pluviais, caixas subterrâneas de telefone, eletricidade. Embora possam percorrer grandes distâncias esta espécie tem raio de ação (território) relativamente curto até 50m. Na área delimitada por feromônios constroem seus ninhos, onde se alimentam, procuram e defendem seus parceiros sexuais.



#### 5.2.3.2.3 Herpetofauna

No que se refere aos representantes da herpetofauna (anfíbios e répteis), apesar da busca ativa por formas biológicas adultas e por sítios reprodutivos (e.g. poças temporárias; vegetação epifítica), não foram obtidos registros da sua ocorrência nas áreas avaliadas neste levantamento. Entretanto, cabe destacar, que ao longo do rio Criciúma, existem porções vegetacionais (fragmentos florestais) potencialmente favoráveis à manutenção de populações de anuros (anfíbios) ou de répteis (lagartos/serpentes).

Relatos de moradores locais, tomando-se como referência as Áreas 1 e 2 indicam a presença de *Tupinambis merianae* (teiú), espécie de lagarto de tamanho médio caracterizado por seus hábito generalista quanto a utilização dos recursos ambientais.

Cabe destacar que a ocorrência de anfíbios e répteis usualmente está relacionada à presença de fragmentos florestais. Nesse contexto, diante das observações obtidas *in situ* considera-se que as Áreas 1, 2 (Santa Augusta) e 15 (Cruzeiro do Sul) sejam aquelas com maior potencial de ocorrência. Ainda com relação aos anfíbios, estima-se que a espécie *Rhinella icterica* (sapu-cururu) por sua flexibilidade e adaptabilidade à ambientes alterados apresente maior distribuição específica ao longo do rio Criciúma, devendo-se considerar entretanto, para a sua ocorrência, a presença de áreas verdes nas proximidades (e.g. terrenos baldios com vegetação, fragmentos florestais).

Diante da exposição preliminar convém mencionar que a ocorrência de anfíbios está usualmente associada à condições ecológicas que nos reportam a ambientes melhor estruturados, principalmente no que tange aos sítios reprodutivos, já que muitas espécies pertencentes a este grupo efetuam sua oviposição em ambiente aquático com boa qualidade hídrica. Tal condição não foi percebida ao longo das 10 estações de amostragem da água, considerando-se principalmente se o parâmetro oxigênio dissolvido (Tabela 12). Sua ausência ou concentrações ambientais reduzidas é considerada em ecologia com sendo um fator limitante à biota aquática.

Aspectos relacionados à sazonalidade (período estacional) e as condições climáticas (e.g. precipitações chuvosas, temperatura) são particularmente importantes à anurofauna. Nesse contexto, para ambientes melhor estruturados, estima-se que a multiplicidade de habitats, disponibilidade de recursos alimentares e microclima adequado favoreça a ocorrência de espécies, tanto em número de espécies como também no número de indivíduos.

## **5.2.4 Considerações gerais**

### **5.2.4.1 Espécies raras, endêmicas e ameaçadas de extinção**

No que se refere à fauna, tendo-se como referência a legislação vigente nenhum dos representantes faunísticos detectados durante os levantamentos de campo encontram-se em listagens de espécies raras, endêmicas e ameaçadas de extinção.

Qualquer área urbana é formada por uma variedade de habitats, desde os semi-naturais até os que surgem como consequência direta da ocupação humana. Nesse contexto, a interferência humana impõe um mosaico de pequenas paisagens adjacentes em uma área relativamente reduzida. Assim, o espectro de habitats à fauna nos centros urbanos é amplo: de parques municipais, florestas urbanas e praças, até grandes áreas de construção civil, industrial e aterros.

Estas características de mosaico fazem com que a biodiversidade urbana possa ser mais alta do que as áreas rurais adjacentes. Alguns centros urbanos constituem ilhas de diversidade por atuarem com sítios de proteção ou refúgio de componentes da fauna oriunda de fragmentos florestais ou de áreas verdes situadas no entorno. Em função do crescimento ou expansão da cidade muitos componentes da fauna acabam confinados em determinados segmentos urbanos. Por outro lado, o complexo urbano oferece a estas espécies “isoladas” sítios apropriados à sua sobrevivência, distante de predadores e de competidores naturais.

Cabe destacar que a naturalmente a abundância de muitas espécies da fauna está correlacionada negativamente com o grau de urbanização. Os ecossistemas urbanos estão sujeitos à perturbações constantes, principalmente se considerarmos o crescimento ou expansão das cidades sobre a zona rural. Nesse contexto,

observa-se a transformação da paisagem natural, substituindo-a por edificações, pavimentação, entre outros exemplos. Tais mudanças promovem desequilíbrios ecológicos constantes podendo acarretar em alguns casos perda da diversidade biológica, mesmo para aquelas espécies com características generalistas e melhor adaptadas a mudanças ambientais promovidas pela ação humana.

## **6 AVALIAÇÃO DA PERCEPÇÃO DA POPULAÇÃO EM RELAÇÃO AO RIO CRICIÚMA**

Para avaliar a compreensão, anseios e expectativas da população de Criciúma com relação ao rio, foi realizada uma pesquisa, com o objeto de avaliar a percepção da população, considerando as categorias de conhecimento, importância, benefícios, problemas e seu grau de importância.

Neste capítulo serão abordados de maneira sintética os resultados obtidos através dos 402 questionários aplicados em todo o território municipal, o relatório de pesquisa na íntegra encontra-se no ANEXO 3: Relatório de Pesquisa.

### **6.1 METODOLOGIA**

Para a realização da pesquisa utilizou-se como método para a coleta de dados, entrevistas de forma pessoal através de um questionário estruturado (vide Apêndice – ANEXO 3: Relatório de Pesquisa).

O público alvo constituiu uma amostra de 402 moradores, entre homens e mulheres, com uma idade entre 18 e 59 anos, de todas as classes socioeconômicas, distribuídos proporcionalmente nas dez (10) regiões administrativas do Plano Diretor Municipal, de acordo com os dados do Censo Demográfico do IBGE do ano de 2010.

A pesquisa apresenta um índice de confiabilidade de 95% com um erro amostral de 5%.

### **6.2 RESULTADOS**

Os 402 questionários foram proporcionalmente distribuídos conforme os dados do Censo Demográfico do IBGE, de modo, a serem realizados 132 (32,84%) questionários na Região 1, seguida da Região 4 (17,91%) e da Região 9 (10,20%) (Quadro 7).

**Quadro 7 - Distribuição do número de questionários (402) de acordo com as Regiões Administrativas do Plano Diretor Participativo (2007). Os questionários foram distribuídos conforme os dados populacionais do Censo Demográfico do IBGE de 2010.**

ALTERNATIVAS	FREQ.	%
REGIÃO 1	132	32,84
REGIÃO 2	31	7,71
REGIÃO 3	18	4,48
REGIÃO 4	72	17,91
REGIÃO 5	29	7,21
REGIÃO 6	7	1,74
REGIÃO 7	36	8,96
REGIÃO 8	20	4,98
REGIÃO 9	41	10,20
REGIÃO 10	16	3,98
<b>TOTAL DE ENTREVISTADOS</b>	<b>402</b>	<b>100,00</b>

Entre os 402 questionários aplicados, 51,00% foram respondidos por mulheres e 49% por homens, sendo que a maioria apresenta idade entre 18 e 44 anos.

No que diz respeito à localização da residência ou trabalho dos entrevistados, verifica-se que 58,46%, não reside ou trabalha próximo ao rio Criciúma, enquanto que 41,54% reside ou trabalha próximo ao rio. Dentre os 41,54% (167 dos entrevistados) que residem ou trabalham próximo ao rio Criciúma, 58 dos entrevistados (34,73%) moram ou trabalham a uma distância de até 100 metros e 42 dos entrevistados (25,15%) (Figura 38).



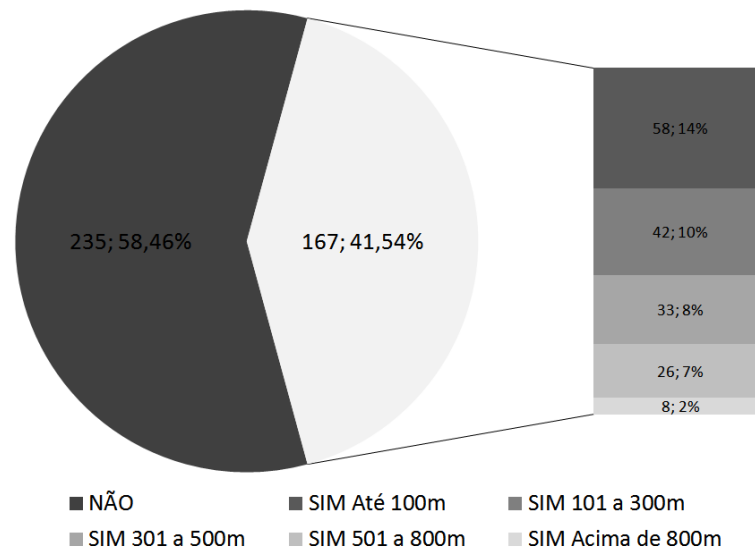


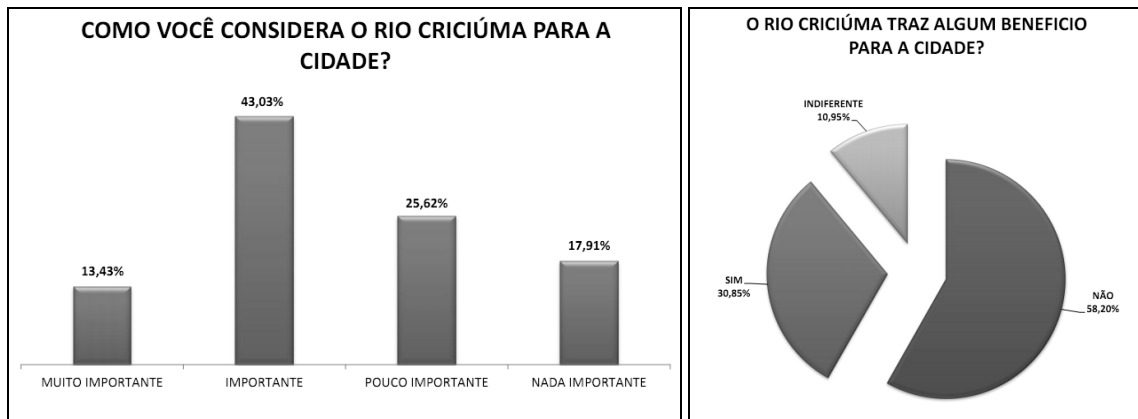
Figura 38 - Distribuição do número de respostas à pergunta “*Trabalha ou reside próximo ao rio Criciúma?*”.

De modo geral, a maioria dos entrevistados tem conhecimento ou já ouviram falar sobre o rio Criciúma (91,29% dos entrevistados), porém, a maioria desconhece o percurso e a história do rio (Figura 39)



Figura 39 - Distribuição das respostas às perguntas referentes ao conhecimento da população com relação ao rio.

Contudo apesar do pouco conhecimento apresentado pela população entrevistada (n = 402), a maioria destes (56,46%) considera que o rio Criciúma seja importante ou muito importante para a cidade, embora reconheçam que o mesmo não traz nenhum benefício para o município atualmente (Figura 40).



**Figura 40 - Distribuição das respostas às perguntas referentes à opinião da população com relação ao rio.**

No cruzamento das questões “importância do rio Criciúma versus o rio Criciúma traz algum benefício para a Cidade” à média ponderada 2,21 (considerando uma escala de 0 a 3) concentra-se entre “importante” e “muito importante” demonstrando que a maioria dos entrevistados considera que o rio Criciúma traga algum benefício à cidade.

Para o cruzamento das questões “importância do rio Criciúma versus o rio Criciúma traz algum problema para a Cidade” a média ponderada ficou em 1,47 (escala de 0 a 3), para aqueles que consideram que o rio Criciúma apresenta algum tipo de problema ao município, enquanto que a média ponderada daqueles que consideram que este não agrega nenhum problema ao município ficou em 2,15 (escala de 0 a 3).

Questionados como descreveriam o rio Criciúma, a maioria dos entrevistados relatou a atual situação de degradação do rio, atribuindo ao rio adjetivos como “poluído, muito sujo, depósito de lixo, mau cheiro, esgoto”. Porém, quanto indagados sobre como gostariam que fosse o rio Criciúma, 48,25% respondeu que gostariam que o rio fosse limpo e 8,42% gostaria de um rio com peixes (Figura 41).

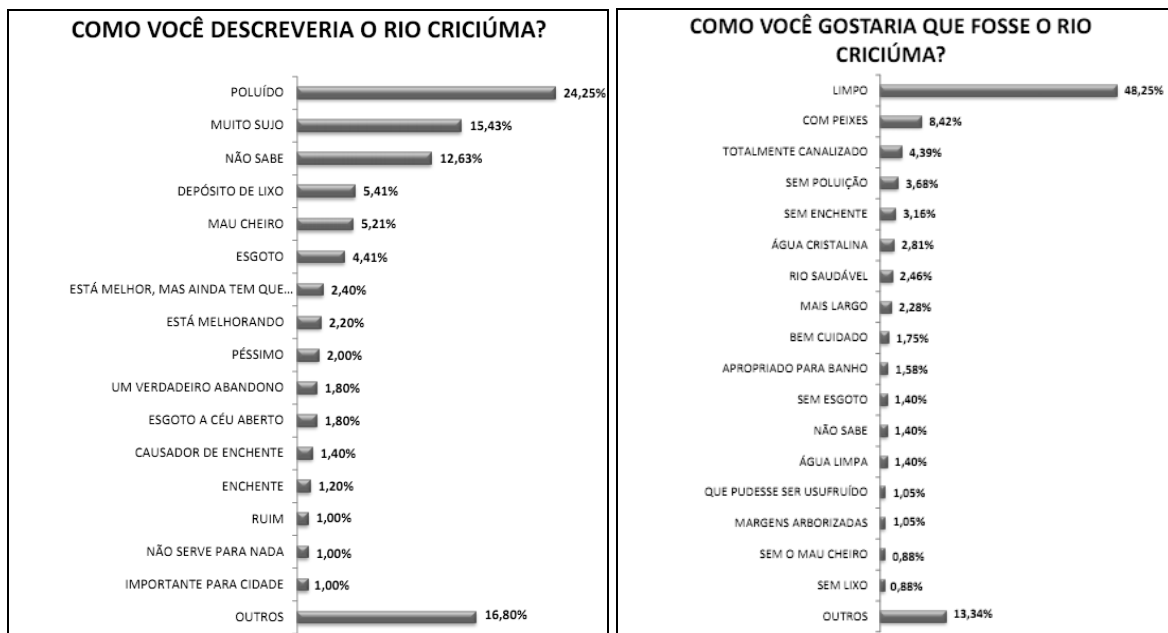


Figura 41 - Distribuição das respostas às perguntas referentes à percepção da população com relação ao rio

Os entrevistados desejam uma melhor condição para o rio Criciúma, de modo que quando questionados a respeito de sugestões para o rio Criciúma, a maioria considera importante a implantação de medidas de educação ambiental para a conscientização da população, retirada de residências localizadas próximo ao rio e o cessamento da emissão de esgotos no rio.

Entre as melhorias a serem adotadas, a maioria da população entrevistada concordaria com ações que visem o desassoreamento e a conseqüente a recuperação das margens.

## 7 PROPOSTAS E MEDIDAS A SEREM ADOTADAS

Baseados nos dados obtidos junto ao diagnóstico dos diferentes compartimentos ambientais e nas respostas da população com relação ao rio Criciúma, foram elencadas algumas propostas com o objetivo de minimizar o efeito das ações antrópicas.

Abaixo seguem algumas medidas a serem adotadas:

- a. Conscientização e incentivo para que sejam realizadas as ligações do esgoto doméstico à rede de esgotamento sanitário

Grande parte da carga poluente do rio Criciúma tem origem em esgotos domésticos que atualmente são despejados diretamente no rio sem qualquer tipo de tratamento prévio, acarretando no aumento da concentração de parâmetros como DBO5, DQO, fósforo e nitrogênio e na redução da concentração de oxigênio dissolvido, inviabilizando a manutenção de organismos aquáticos (e.g. peixes, macroinvertebrados bentônicos).

Por outro lado, as características físicas e químicas dos sedimentos, revelam um sedimento com qualidade variando entre “boa” e “ótima”, conforme os parâmetros estabelecidos pela Resolução CONAMA n. 344/2004 e CETESB (2010), com exceção do P01 (RC2 + RC3 + RC4) onde foi registrado maior concentração de mercúrio.

No que diz respeito à granulometria dos sedimentos, observa-se que este se encontra composto predominantemente por areia média e grossa, o que permite que elementos contaminantes tornem-se mais estáveis e menos disponíveis aos demais compartimentos do ecossistema aquático, ao contrário dos sedimentos com menor granulometria (fração constituída de silte + argila), onde ocorrem as trocas de contaminantes com os outros compartimentos do ecossistema, incluindo a biota.

Mediante o contexto apresentado, recomenda-se a adoção de duas medidas básicas que acarretariam na mudança das atuais condições do rio Criciúma:

1. Realização dos ligamentos dos esgotos domésticos a rede de esgotamento sanitário, recentemente implantada no município, minimizando o despejo de matéria orgânica e elementos como fósforo e nitrogênio, além do aporte de organismos de origem fecal.

b. Adotar ações para a restrição à ocupação

De acordo com a Lei Federal n. 4.771/1965 (BRASIL, 1965) e as Resoluções CONAMA n. 302/2002 e n. 303/2002 (BRASIL, 2002a; 2002b), as áreas de preservação permanente devem ser destinadas a preservação ambiental, não sendo admitido qualquer outro tipo de uso para estas áreas, exceto algumas exceções estabelecidas pela Resolução CONAMA n. 369/2006 (BRASIL, 2006).

Neste sentido, faz-se necessário a adoção de políticas públicas que impossibilite a ocupação/utilização da faixa de 30 metros<sup>1</sup> em cada uma das margens rio Criciúma, salvo as exceções previstas pela Resolução CONAMA n. 369/2006.

Considerando que o rio Criciúma, no trecho ora denominado Alto rio Criciúma, apresenta entre 70% e 80% de seu leito canalizado e fechado, de modo a descaracterizá-lo sob o ponto de vista biológico pode ser admitido para fins de licenciamento ambiental o disposto Lei Municipal n. 3.901/1999 em seu Art. 5º, inciso X, que define para o rio Criciúma e seus afluentes numa faixa de 5 metros para cada lado de sua margem, iniciando na sua nascente, até encontrar a Rua Henrique Lage (PREFEITURA MUNICIPAL DE CRICIÚMA, 1999b). Embora esta Lei seja incompatível com a Legislação Federal vigente, esta se mostra uma

---

<sup>1</sup> Área de preservação permanente do rio Criciúma de acordo com a Lei Federal n. 4.771/1965 e a Resolução CONAMA n. 303/2002.



ferramenta útil para fins de licenciamentos ambientais, desde que acordado junto ao Ministério Público e demais órgãos fiscalizadores.

Contudo cabe ressalva a redação da referida Lei Municipal, no que diz respeito às nascentes e afluentes do rio Criciúma, onde deve prevalecer o disposto da Lei Federal n. 4.771/1965 (BRASIL, 1965) e nas Resoluções CONAMA n. 302/2002 e n. 303/2002 (BRASIL, 2002a; 2002b).

c. Programa de recuperação das margens do rio Criciúma

Considerando o exposto pela Lei Federal n. 4.771/1965 (BRASIL, 1965) e as Resoluções CONAMA n. 302/2002 e n. 303/2002 (BRASIL, 2002a; 2002b) recomenda-se a recuperação das áreas de preservação do rio Criciúma, que atualmente encontram-se sem ocupação urbana.

Esta medida como objetivo limitar uso destas áreas para outros fins que não a preservação ambiental e proporcionar a criação e o estabelecimento de uma cobertura vegetal com espécies arbóreas típicas da região, possibilitando a formação de uma mata ciliar.

Nas porções onde a APP do rio Criciúma encontra-se parcialmente ocupada pela urbanização, devem ser realizadas ações pontuais de recuperação através de introdução de mudas de espécies arbóreas, tendo como preferência espécies frutíferas que sejam atrativas a fauna e de consumo humano.

O Programa de Recuperação das Margens do rio Criciúma deve ser elaborado conforme as diretrizes estabelecidas pela Resolução CONAMA n. 429/2011 (BRASIL, 2011), e executado em consonância com o Programa de Educação Ambiental.

d. Programa de Educação e Conscientização Ambiental

Deverá ser elaborado e executado um Programa de Educação e Conscientização Ambiental buscando o envolvimento e comprometimento

da população para obter melhorias na qualidade ambiental do município, com ênfase na microbacia do rio Criciúma.

Tal Programa deverá ser acompanhado de um Monitoramento de Indicadores de Qualidade Ambiental de modo a expor para a população as ações e melhorias obtidas através das medidas executadas.

Além da melhoria da qualidade ambiental, tal Programa seria um marketing positivo para os gestores públicos municipais, tendo em vista que o rio Criciúma está entre os mais poluídos do Brasil (ver informações Programa Rede das Águas, SOS Mata Atlântica) e a adoção de medidas para a remediação de seus problemas ambientais repercutiriam no cenário nacional.

e. Remoção de moradias localizadas em área de risco

Para que algumas medidas de recuperação das margens do rio Criciúma possam ser adotadas faz-se necessária a remoção de algumas residências, preferencialmente aquelas que se encontram em áreas de risco, conforme estabelecido pelo Plano Municipal de Redução de Riscos (PMRR) do Município de Criciúma.

Criciúma, junho de 2012.

---

**Biól. MSc. Jader Lima Pereira**

Analista Ambiental (CRBio 53521-03D)

Coordenador do Diagnóstico

## 8 REFERÊNCIAS

ADAMI, R.M. **Os significados e representações atribuídos aos cursos d'água da bacia do rio Criciúma (SC) desde 1880 até 2009 e suas influências na configuração da paisagem.** 2010. 312f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2010.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10007: Amostragem de resíduos sólidos industriais.** Rio de Janeiro, 2004.

ALEXANDRE, N.Z. **Análise integrada da qualidade das águas da bacia hidrográfica do rio Araranguá (SC).** 2000. 300f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2000.

ALEXANDRE, N.Z.; KREBS, A.S.J. **Qualidade das águas superficiais do Município de Criciúma, SC.** CPRM – Companhia de Pesquisas em Recursos Minerais. Porto Alegre. 1995.

ANTONIONI, Y.; ACCACIO, G.M.; BRANT, A.; CABRAL, B.C.; FONTENELLE, J.C.R.; NASCIMENTO, M.T.; THOMAZINI, A.P.B.W.; THOMAZINI, M.J. Insetos. In: RAMBALDI, D.M.; OLIVEIRA, D.A.S. (Org.). **Fragmentação de Ecossistemas: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas.** Brasília: MMA/SBF, 2003. p. 239-273.

ARAÚJO, G.H.S.; ALMEIDA, J.R.; GUERRA, A.J.T. **Gestão ambiental de áreas degradadas.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2005. 320p.

AVILA-PIRES, F.D. Mamíferos descritos do Estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Zoologia** 16 (suplemento 2):51-62. 1999.

BECKER, G.B.; RAMOS, R.A.; MOURA, L.A. **Biodiversidade. Regiões da Lagoa do Casamento e dos Butiazais de Tapes, planície costeira do Rio Grande do Sul.** Ministério do Meio Ambiente - MMA/SBF, 2006.

BIBBY, C., JONES, M.; MARSDEN, S. 2000. **Bird surveys (expedition field techniques series).** Bird Life International, Cambridge. 134 p.

BINDER, W. **Rios e Córregos, Preservar – Conservar – Renaturalizar: A recuperação de rios – Possibilidades e limites da Engenharia Ambiental.** Projeto PLANÁGUA: Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMADS), Cooperação Técnica Brasil – Alemanha (SEMADS/GTZ). Rio de Janeiro. 3ª Edição. 2001. 41p.

BRAILE, P.M.; CAVALCANTI, J.E.W.A. **Manual de tratamento de águas residuárias industriais.** CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. São Paulo. 1993. 764p.

BRASIL. CONAMA. Resolução CONAMA n. 303, de 20 de março de 2002a. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente.

**Coleção de leis [do] Ministério do Meio Ambiente.** Disponível em: <  
<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=299> >. Acesso em:  
27/03/2012.

BRASIL. CONAMA. Resolução CONAMA n. 302, de 20 de março de 2002b. Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno. **Coleção de leis [do]**

**Ministério do Meio Ambiente.** Disponível em: <  
<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=298> >. Acesso em:  
27/03/2012.

BRASIL. CONAMA. Resolução CONAMA n. 344, de 25 de março de 2004. Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras, e dá outras providências.

**Coleção de leis [do] Ministério do Meio Ambiente.** Disponível em: <  
<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=445> >. Acesso em:  
27/03/2012.

BRASIL. CONAMA. Resolução CONAMA n. 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Coleção de leis [do] Ministério do Meio**

**Ambiente.** Disponível em: <  
<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459> >. Acesso em:  
27/03/2012.

BRASIL. CONAMA. Resolução CONAMA n. 369, de 28 de março de 2006. Dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente – APP. **Coleção de leis [do] Ministério do Meio**

**Ambiente.** Disponível em: <  
<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=489> >. Acesso em:  
27/03/2012.

BRASIL. CONAMA. Resolução CONAMA n. 421, de 04 de fevereiro de 2010. Dispõe sobre revisão e atualização da Resolução CONAMA n. 344, de 25 de março de 2004. **Coleção de leis [do] Ministério do Meio Ambiente.** Disponível em: <

<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=621> >. Acesso em:  
27/03/2012.

BRASIL. CONAMA. Resolução CONAMA n. 429, de 28 de fevereiro de 2011. Dispõe sobre metodologia para a recuperação das áreas de preservação permanente - APP. **Coleção de leis [do] Ministério do Meio Ambiente.** Disponível em: <

<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=644> >. Acesso em:  
27/03/2012.

BRASIL. Ministério. Decreto n. 6.660, de 21 de novembro de 2008. Regulamenta dispositivos da Lei no 11.428, de 22 de dezembro de 2006, que dispõe sobre a

utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica. **Coleção de leis [do] Ministério do Meio Ambiente**. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/ato2007-2010/2008/decreto/d6660.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2008/decreto/d6660.htm) >. Acesso em: 03/08/2011.

BRASIL. Ministério. Lei n. 11.428, de 22 de dezembro de 2006. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências. **Coleção de leis [do] Ministério do Meio Ambiente**. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Ato2004-2006/2006/Lei/L11428.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Ato2004-2006/2006/Lei/L11428.htm) >. Acesso em: 01/08/2011.

BRASIL. Ministério. Lei n. 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal. **Coleção de leis [do] Ministério do Meio Ambiente**. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L4771.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L4771.htm) >. Acesso em: 29/07/2011.

BRASIL. Ministério. Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Coleção de leis [do] Ministério do Meio Ambiente**. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm) >. Acesso em: 01/08/2011.

CAMPAGNA, A.F. **Toxicidade dos sedimentos da Bacia Hidrográfica do Rio Monjolinho, São Carlos, SP: ênfase nas substâncias cobre, aldrin e heptacloro**. 2005. 281f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2005.

CANADIAN COUNCIL. Ministers of the Environment. **Canadian Sediment quality guidelines for the protection of aquatic life**. Summary tables. Winnipeg-Canadá. 2001.

CARLETON, M.D.; MUSSER, G.G. 2005. Order Rodentia. *In*: Wilson, D.E.; Reeder, D.M. **Mammal Species of the World**. 3ª edição. Third Edition. The Johns Hopkins University Press, pp.745-752.

CARVALHO, G.S. O índice de qualidade da água e sua aplicação no gerenciamento dos recursos hídricos em Maceió. **Revista eletrônica da ABRH**. 1999. 4p.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Relatório de qualidade das águas no estado de São Paulo**. CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. São Paulo. 1996.180p.

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Relatório de qualidade das águas no estado de São Paulo – 2010**. Disponível em: < [http://www.cetesb.sp.gov.br/media/files/Agua/relatorios/rios/rel\\_aguas\\_int\\_2010/relatorio\\_2010.zip](http://www.cetesb.sp.gov.br/media/files/Agua/relatorios/rios/rel_aguas_int_2010/relatorio_2010.zip) >

CHAPMAN, C. A.; CHAPMAN, L. J. Survival without dispersers: seedlings recruitment under parents. **Conservation Biology** 9(3): 675-678. 1995.



- CHEREM, J.J.; SIMÕES-LOPES, P.C.; ALTHOFF, S.; GRAIPEL, M.E. Lista do Mamíferos do Estado de Santa Catarina, Sul do Brasil. **Mastozoologia Neotropical** 12(2): 151-184. 2004.
- CLESCERI, L.S., GREENGERG, A.E., TRUSSEL, L. (Eds.). **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20<sup>a</sup> Ed. Washington: APHA/AWWA/WEF. 1998.
- COLONETTI, S. A. **Floresta Ombrófila Densa Submontana: florística, estrutura e efeitos do solo e da topografia, Barragem do Rio São Bento, Siderópolis, SC**. 2008. 86f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma. 2008.
- DENSKI, A.P. **Criação de um sistema de informações geográficas para análise dos procedimentos administrativos de ocupação de solo em áreas de preservação permanente (APP) no município de Criciúma**. 2010. 125f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2010.
- DERÍSIO, J.C. **Introdução ao controle de poluição ambiental**. CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. São Paulo. 1<sup>a</sup> ed. 1992.
- EMMONS, L.H. **Neotropical Rainforest Mammals: a field guide**. The University of Chicago Press, Chicago. 1997.
- ENVIRONMENT CANADA. **Alternative monitoring methods**. National EEM Office, Environment Canada, Ottawa, Ontario. 2002. 82 p
- ESTEVES, F.A. **Fundamentos de limnologia**. Interciência. 2<sup>a</sup> ed., Rio de Janeiro. 1998. 602p.
- FACURE, K.G.; MONTEIRO-FILHO, E.L.A. Feeding habits of the crab-eating fox, *Cerdocyon thous* (Carnivora, Canidae), in a suburban area of southeastern Brazil. **Mammalia** 60: 147-149. 1996.
- FIGUEIREDO, B.R. **Minérios e Ambiente**. Campinas: Editora UNICAMP. 2000. 399p.
- FILGUEIRAS, T. S.; NOGUEIRA, P. E.; BROCHADO, A. L.; GUALA II, G. F. 1994. Caminhamento - Um método expedito para levantamentos florísticos qualitativos. **Cadernos de Geociências IBGE, n.12**, p.39-43.
- GALETTI, M.; PIZO, M. A.; MORELLATO, P. C. Fenologia, frugivoria e dispersão de sementes. In: CULLEN JR., L.; RUDRAN, R.; VALLADARES-PÁDUA, C. (Org.). **Métodos de estudos em biologia da conservação & manejo da vida silvestre**. Curitiba: Ed. da UFPR; Fundação O Boticário de Proteção à Natureza, 2003. p. 395-422.

HEYER, W.R.; DONNELLY, M.; McDIARMID, R.W.; HAYEK, L.C.; FOSTER, M.S. **Measuring and monitoring biological diversity. Standard Methods for Amphibians.** Smithsonian Institution Press, Washington, 364p. 1994.

HUCHON, D.; DOUZERY, E.J.P. From the old-world to the new-world: a molecular chronicle of the phylogeny and biogeography of hystricognath rodents. **Molecular Phylogenetics and Evolution** 20: 238-351. 2001

IPAT/UNESC; FATMA. Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas - Universidade do Extremo Sul Catarinense e Fundação do Meio Ambiente. **Relatório de Monitoramento da Qualidade das Águas da Região Hidrográfica Sul Catarinense, como subsídio à Gestão dos Recursos Hídricos e ao Controle Ambiental da Bacia do rio Tubarão.** Florianópolis. 2006. 120p.

IPAT/UNESC. Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas - Universidade do Extremo Sul Catarinense. **Projeto Nascentes – 1ª Etapa.** Criciúma. 2010. 78p.

IPAT/UNESC. Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas - Universidade do Extremo Sul Catarinense. **Insumos para Revisão do Plano Diretor do Município de Criciúma. Volume 1: Estudos, Elaboração de Mapas Temáticos, Levantamentos de Dados e Pesquisas Gerais.** Criciúma. 2007. 237p.

IPAT/UNESC. Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas - Universidade do Extremo Sul Catarinense. **Plano Municipal de Redução de Riscos (PMRR) do município de Criciúma.** Prefeitura Municipal de Criciúma. Criciúma. 175 p.

Disponível em: <

[http://www.criciúma.sc.gov.br/uploaded/defesacivil/PMRR\\_Relatorio\\_Final\\_Alterado2.pdf](http://www.criciúma.sc.gov.br/uploaded/defesacivil/PMRR_Relatorio_Final_Alterado2.pdf) >. Acesso em: 28/02/2012.

KER, J.C.; ALMEIDA, J.A.; FASOLO, P.J.; HOCHMÜLLER, D.P. Pedologia. In: **Folha SH. 22 Porto Alegre e parte das folhas SH. 21 Uruguaiana e Sl. 22 Lagoa Mirim: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra.** Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro: IBGE. (Levantamento de Recursos Naturais, v. 33). 1986. p. 405-541.

KLEIN, A. S. **Áreas degradadas pela mineração de carvão no sul de Santa Catarina: Vegetação versus Substrato.** 2006. 87f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma. 2006.

LEITE, F., FONSECA, O. Aplicação de Índices de qualidade da água na lagoa. Caconde, Osório, RS. In : MARQUES, D. M. (org). **Qualidade de águas continentais no Mercosul.** Porto Alegre, 1994. p. 249 a 259.

LIMA, N.C.; MELO, S.Q.; CARDOSO, T.R.; FEITOSA, M.S.S. **O processo de degradação ambiental do rio Parnaíba no trecho urbano bairro Sacy até o encontro com o rio Poty em Teresina-Pi.** In: Simpósio de Produção Científica, 10. 2010. Disponível em: <

<http://www.uespi.br/prop/XSIMPOSIO/TRABALHOS/PRODUCAO/Ciencias%20Humanas%20e%20Letras/O%20PROCESSO%20DE%20DEGRADACAO%20AMBIENTAL%20DO%20RIO%20PARNAIBA%20NO%20TRECHO%20URBANO%20BAIRRO>

[%20SACY%20ATE%20O%20ENCONTRO%20COM%20O%20RIO%20POTY,%20EM%20TERESINA-PI.pdf](#) >. Acesso em: 23/02/2012.

MARTINS, R. **Florística, estrutura fitossociológica e interações interespecíficas de um remanescente de Floresta Ombrófila Densa como subsídio para recuperação de áreas degradadas pela mineração de carvão, Siderópolis, SC.** 2005. 94 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

MARTINS, S.V. **Recuperação de Mata Ciliares.** Viçosa: Editora Aprenda Fácil. 2001. 143p.

MATARAZZO-NEUBERGER, W.M. Avifauna urbana de dois municípios da grande São Paulo, SP (Brasil). **Acta Biológica Paranaense**, 21 (1, 2, 3 e 4): 86-160. 1992.

MORATO, R.G.; BUENO, M.G.; MALMHEISTER, P.; VERRESCHI, I.T.N.; BARNABE, R.C. Changes in the fecal concentrations of cortisol and androgen metabolites in captive male jaguars (*Panthera onca*) in response to stress. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research** 37 (Short Communication): 1903-1907. 2004.

MORO-RIOS, R.F.; SILVA-PEREIRA, J.E.; SILVA, P.W.; MOURA-BRITTO, M.; PATROCÍNIO, D.N.M. **Manual de Rastros da Fauna Silvestre Paranaense.** Instituto Ambiental do Paraná – IAP. 2008. 72 p.

PITMAN, M.R.P.L.; OLIVEIRA, T.G.; PAULA, R.C.; INDRUSIAK, C. **Manual de identificação, prevenção e controle de predação por carnívoros.** Brasília. Edições IBAMA. 2002. 83 p.

PRADO, M.R.; ROCHA, E. C.; GIUDICE, G.M.L. **Mamíferos de médio e grande porte em um fragmento de mata atlântica, Minas Gerais, Brasil.** Sociedade de investigações florestais/ Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG. v.32, n.4, p.741-749, 2008.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CRICIÚMA. **Lei Municipal n. 2.974 de 30 de agosto de 1994.** Dispõe sobre a legislação ambiental do município de Criciúma e dá outras providências. Disponível em: <  
[http://camara.virtualiza.net/conteudo\\_detalhe.php?id=2866&tipo=l&criterio=](http://camara.virtualiza.net/conteudo_detalhe.php?id=2866&tipo=l&criterio=) >. Acesso em: 28/02/2012.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CRICIÚMA. **Lei Municipal n. 3.900 de 28 de outubro de 1999a.** Institui a Lei do Zoneamento de Uso do Solo do Município de Criciúma e dá outras providências. Disponível em: <  
[http://camara.virtualiza.net/conteudo\\_detalhe.php?id=3792&tipo=l&criterio=](http://camara.virtualiza.net/conteudo_detalhe.php?id=3792&tipo=l&criterio=) >. Acesso em: 28/02/2012.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CRICIÚMA. **Lei Municipal n. 3.901 de 28 de outubro de 1999b.** Dispõe sobre o parcelamento do solo urbano e dá outras providências. Disponível em: <

[http://camara.virtualiza.net/conteudo\\_detalhe.php?id=8171&tipo=l&critério=](http://camara.virtualiza.net/conteudo_detalhe.php?id=8171&tipo=l&critério=) >. Acesso em: 28/02/2012.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CRICIÚMA. **Lei Municipal n. 4.461 de 30 de dezembro de 2002.** Altera a Lei n. 3.900, datada de 28 de outubro de 1999 e dá outras providências. Disponível em: <  
[http://camara.virtualiza.net/conteudo\\_detalhe.php?id=4353&tipo=l&critério=](http://camara.virtualiza.net/conteudo_detalhe.php?id=4353&tipo=l&critério=) >. Acesso em: 28/02/2012.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CRICIÚMA. **Minuta do Projeto de Lei do Plano Diretor.** Disponível em: <  
[http://www.criciuma.sc.gov.br/plano\\_diretor/texto\\_minuta/codesc\\_f4\\_lei\\_pd\\_criciuma.pdf](http://www.criciuma.sc.gov.br/plano_diretor/texto_minuta/codesc_f4_lei_pd_criciuma.pdf) >. Acesso em: 28/02/2012.

REIS, A.; KAGEYAMA, P.Y. Restauração de Áreas Degradadas Utilizando Interações Interespecíficas. In: KAGEYAMA, P. Y. et al. **Restauração Ecológica de Ecossistemas Naturais.** Botucatu: FEPAF, 2003. p. 91-110.

REIS, A.; ZAMBONIM, R. M.; NAKAZONO, E. M. **Recuperação de áreas florestadas degradadas utilizando a sucessão e as interações planta-animal.** Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, São Paulo, Caderno n. 14, 1999.

REIS, N.R. **Mamíferos da Fazenda Monte Alegre.** Londrina: EDUEL, 2005. 202 p.

REIS, N.R., SHIBATTA, O.A., PERACCHI, A.L, PEDRO, W.A., LIMA, I.P. **Sobre os mamíferos do Brasil.** Editora da Universidade Estadual de Londrina, 2006 Londrina, PR.

ROSÁRIO, L.A. **As aves em Santa Catarina: distribuição geográfica e meio ambiente.** Fundação de Meio Ambiente – FATMA. Florianópolis.

SÁNCHEZ, L.E. **Avaliação de Impacto Ambiental: Conceitos e Métodos.** São Paulo: Oficina de Textos. 2008. 496 p.

SANTA CATARINA. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. **Bacias hidrográficas do estado de Santa Catarina: Diagnóstico Geral.** Florianópolis, 1997. 163p.

SANTOS, M.F.M.; PELLANDA, M.; TOMAZZONI, A.C.; HASENACK, H.; HARTZ, S.M. Mamíferos carnívoros e sua relação com a diversidade de habitats no Parque Nacional dos Aparados da Serra, sul do Brasil. **Iheringia, Sér. Zool.** **94:** 235-245. 2004

SANTOS, R. **Reabilitação de ecossistemas degradados pela mineração de carvão a céu aberto em Santa Catarina, Brasil.** 2003. 115 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mineral) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia de Minas e Petróleo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

SANTOS, R.; KLEIN, A. S.; CITADINI-ZANETTE, V.; PEREIRA, J. L.; CAZNOK, J. Composição florística de fragmento urbano de Floresta Ombrófila Densa em Morro Casagrande, município de Criciúma, Santa Catarina. **Revista Tecnologia e Ambiente** 12(1): 103-119. 2006.

SEVEGNANI, L. 2002. Vegetação da Bacia do Rio Itajaí em Santa Catarina. In: SCHÄFFER, W.B.; PROCHNOW, M. (Org.). **A Mata Atlântica e Você: Como preservar, recuperar e se beneficiar da mais ameaçada floresta brasileira**. Brasília. Apremavi. p 85-101.

SIBLEY, C.G.; MONROE Jr., B.L. **Distribution and taxonomy of birds of the world**. New Haven, Connecticut, Yale University. 1111 p. 1990.

SICK, H. 1997. **Ornitologia Brasileira**. Nova Fronteira: Rio de Janeiro. 912 p.

SILVA, F. **Mamíferos silvestres: Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, 1984. 208 p.

SILVA, R.T. **Florística e estrutura da sinúsia arbórea de um fragmento urbano de Floresta Ombrófila Densa do município de Criciúma, Santa Catarina**. 2006. 61 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2006.

SILVA, S.M. 1999. Considerações fitogeográficas e conservacionistas sobre a floresta Atlântica no Brasil. In: **Avaliação e ações prioritárias para conservação dos biomas Floresta Atlântica e Campos Sulinos**. Conservation International do Brasil. Disponível em: < <http://www.conservation.org.br/publicacoes/files/Sumario.pdf> >.

STRANECK, R.; CARRIZO, G. **Canto de las aves de Misiones I; pampeanas I; de las serranías centrales; del noroeste. selva y puna; patagónicas. mar, meseta, bosques; de los esteros y palmares**. L.O.L.A.: Buenos Aires. 1990.

TABARELLI, M.; PERES, C. A. Abiotic and vertebrate seed dispersal in the Brazilian Atlantic Forest: implications for forest regeneration. **Biological Conservation** 106: 165-176. 2002.

TEIXEIRA, M.B.; NETO, A.B.C.; PASTORE, U.; RANGEL FILHO, A.L.R. Vegetação. In: **Folha SH. 22 Porto Alegre e parte das folhas SH. 21 Uruguiana e SI. 22 Lagoa Mirim: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra**. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro: IBGE. (Levantamento de Recursos Naturais, v. 33). 1986. p. 541-632.

TERRES, C.A.; MÜLLER, M.M.L. 2008. Proposta de recuperação de área degradada às margens do Arroio do Engenho na Vila Concórdia, Guarapuava - PR. **UNICENTRO: Revista Eletrônica Lato Sensu, ed. 5**. Pág. 1 - 17. Disponível em: < [http://web03.unicentro.br/especializacao/Revista\\_Pos/P%C3%A1ginas/5%20Edi%C3%A7%C3%A3o/Agrarias/PDF/2-Ed5\\_CAPropo.pdf](http://web03.unicentro.br/especializacao/Revista_Pos/P%C3%A1ginas/5%20Edi%C3%A7%C3%A3o/Agrarias/PDF/2-Ed5_CAPropo.pdf) >. Acesso em: 23/02/2012.



TRAYLOR, M.A.; FITZPATRICK, J. A survey of tyrant flycatchers. **Living Bird** 19:7-50. 1982.

VALADÃO, R.M.; MARÇAL Jr., O. FRANCHIN, A.G. Avifauna no Parque Municipal Santa Luzia, zona urbana de Uberlândia, Minas Gerais. **Bioscience Journal** 22(2): 97-108. 2006.

VELOSO, H.P.; RANGEL-FILHO, A.L.R.; LIMA, J.C.A. 1991. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Rio de Janeiro.

VIELLIARD, J. M. **Guia sonoro das aves do Brasil**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ornitologia, Fundação O Boticário de Proteção à Natureza, CD 1. 1995b.

VIELLIARD, J.M. **Canto de aves do Brasil**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ornitologia, CD. 1995a.

WHITMORE, T. C. Gaps in the forest canopy. In: TOMLINSON, P. B.; ZIMMERMANN, M. H. (Ed.) **Tropical trees as living systems**. Cambridge: Cambridge University Press, 1978. p. 639-655.

ZAMBONIM, R. M. **Banco de dados como subsídio para conservação e restauração nas tipologias vegetacionais do parque estadual da Serra do Tabuleiro**. 2001. 118 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

## ANEXOS

## ANEXO 1: Mapas

## **ANEXO 1: Mapas**

### **Anexo 1.1: Mapa de localização**

## **ANEXO 1: Mapas**

### **Anexo 1.2: Mapa hipsométrico**



## **ANEXO 1: Mapas**

### **Anexo 1.3: Mapa de declividade**

## **ANEXO 1: Mapas**

### **Anexo 1.4: Mapa das áreas com deposição de rejeitos**

## **ANEXO 1: Mapas**

### **Anexo 1.5: Mapa das áreas de preservação permanente**

## **ANEXO 1: Mapas**

### **Anexo 1.6: Mapa dos pontos de monitoramento**

## **ANEXO 1: Mapas**

### **Anexo 1.7: Mapa de uso do solo e cobertura vegetal**



## **ANEXO 1: Mapas**

### **Anexo 1.8: Mapa de ocupação APP**

## **ANEXO 2: Relatórios de análises**

### **Anexo 2.1: Águas superficiais**

## **ANEXO 2: Relatórios de análises**

### **Anexo 2.2: Sedimentos**

## **ANEXO 3: Modelagem para a reoxigenação do rio Criciúma**

## **ANEXO 4: Relatório de Pesquisa**

### **Avaliação da percepção da população local em relação ao rio Criciúma**