

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO RIO GRANDE DO SUL

INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS

**BACIAS HIDROGRÁFICAS E
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**

**PROPOSTA DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE VISANDO À SÍNTESE
DO DIAGNÓSTICO AMBIENTAL, SOCIAL E ECONÔMICO PARA BACIAS
HIDROGRÁFICAS**

Estudo de caso: Subsistema Baixo Camaquã, RS, Brasil

MARCO ANTONIO FONTOURA HANSEN

**Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento
Ambiental da Universidade Federal do Rio
Grande do Sul como requisito parcial para a
Obtenção do título de Doutor em Engenharia Civil.**

Porto Alegre, abril de 2001.

BACIAS HIDROGRÁFICAS
DO RIO CAJATI, RS

**PROPOSTA DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE VISANDO À SÍNTESE
DO DIAGNÓSTICO AMBIENTAL, SOCIAL E ECONÔMICO PARA BACIAS
HIDROGRÁFICAS**

Estudo de caso: Subsistema Baixo Camaquã, RS, Brasil

VOLUME 1 - TESE



APRESENTAÇÃO E AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi desenvolvido no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, **sob a orientação do Prof. Dr. ANTONIO EDUARDO LEÃO LANNA.**

Desejo expressar meus sinceros agradecimentos às seguintes instituições e pessoas:

- à Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), através do Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH), pela oportunidade de realização deste trabalho, e à Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), pelas facilidades, apoio laboratorial e logística;
- ao Programa Institucional de Capacitação Docente (PICD) – CAPES/UNISINOS, pelo apoio de bolsa parcial aos deslocamentos periódicos para a realização do curso;
- aos professores MS Alejandro Borche Casallas, Dr. André L. da Silveira, Dr. Antonio Eduardo Leão Lanna, Dr. Carlos André Bulhões Mendes, Dr. Carlos E. M. Tucci, MS Carmen M. B. de Castro, Dr. David M. L. da Motta Marques, Dr. Joel Goldenfum, MS Liana B. M. Milano, MS Marcos Leão, Dr. Robin Clarke, pelos conteúdos ministrados em suas disciplinas, que contribuíram significativamente para meu aprimoramento;

- ao Prof. Dr. Luiz Emílio Sá Brito de Almeida, pelas sugestões, indicação e apresentação ao orientador;
- aos colegas Alex G. de Santana, Cleuda C. Freire, Flávio H. Troger, Jorge V. Pilar, Luiz Carlos Brusa, Lawson Beltrame e Marcus A. S. Cruz, pelo desenvolvimento e publicação de trabalhos em conjunto ao longo da realização do curso;
- aos amigos e colegas Prof. MS Henrique Carlos Fensterseifer, Prof. MS Marluza Harres, MS Beatriz Stoll Moraes, MS Jaildo Pereira da Silva, MS Beatriz Leipnitz, Prof. Dr^a. Tânia Dutra e Prof. MS Hélio Gerso Konrad, pelas profícuas discussões, correções e atividades conjuntas;
- ao Prof. Dr. Heraldo Campos, Prof. Dr. Diego Alfonso Erba e Prof. Dr. Bardo Ernst Josef Bodmann, pelos aconselhamentos;
- ao colega Prof. Dr. João Soares Viegas Filho pelo empréstimo de material referente a bacia hidrográfica do rio Camaquã;
- ao colega Prof. MS Ricardo Cunha Lopes, pela cedência de material da CPRM;
- ao especialista em letras David Vier, pelas correções da língua portuguesa;
- ao Prof. MS Robin Lane, pelas versão para língua inglesa;
- à funcionária e colega Rita Fabiane Guazina de Oliveira, pelo apoio junto ao laboratório de Sedimentologia da UNISINOS;
- ao amigo Acad. de Eng. Elétrica Carlos Mendel, pelas discussões e apoio na estruturação de rotinas relacionadas com o *software* desenvolvido;
- às bibliotecárias do IPH, UFRGS e à Secretária Executiva Bilingüe Marlise Horn da Silva, pela correção das referências bibliográficas;
- à Acad. de Arq. Fernanda Basso, pelo apoio prestado na digitalização de alguns mapas;

- aos bolsistas Acad. de Biol. Ivanice Magalhães da Silva e Acad. de Geol. José Francisco Borba Martins, pelo apoio nas saídas em campo e companheirismo em todos os momentos;
- aos demais colegas e amigos e a todos aqueles que contribuíram, direta ou indiretamente, para a elaboração deste trabalho;
- em, **especial**, ao Prof. Dr. Antonio Eduardo Leão Lanna, pela orientação, aconselhamentos, amizade e forma com que conduziu meu aperfeiçoamento profissional nas ciências ambientais;
- A banca de defesa da Tese, constituída pelos professores doutores: Carlos André Bulhões Mendes, Diego Alfonso Erba, Elírio Ernestino Toldo Jr. e Herbert Otto Roger Schubart pelos aconselhamentos e sugestões para o engrandecimento e melhoramento deste trabalho.

Aproveito para dedicar este trabalho aos meus pais Lúcio V. e †*Weimar P. F.* Hansen (*in memoriam*, †21-08-2000), meus irmãos Marla Rejane, Marco Aurélio e †*José Luiz* Fontoura Hansen (*in memoriam*, †06-1957), esposa Viviani e filhos Marco Antônio, Eduardo e Gabriel Hansen (nascido em 04-11-1998), pelo constante incentivo, apoio nos momentos das maiores dificuldades e por suportarem as constantes ausências.

RESUMO

Este estudo por meio de indicadores ambientais permitiu obter índices de sustentabilidade para bacias hidrográficas. Propõe-se aqui, uma forma integrada de análise do meio ambiente, levando em consideração os aspectos ambientais, sociais e econômicos, subdivididos em 10 áreas de conhecimento: ação institucional, áreas protegidas e de turismo, aspectos bióticos, demografia e educação, economia e infraestrutura, indústria e energia, influências climáticas, recursos da terra, recursos hídricos, saúde e saneamento, totalizando 165 questões objetivas. Estas questões foram integradas, individualmente, por meio da criação de um banco de dados relacional, com rotinas de programação em visual C++, disposição gráfica em tempo real de preenchimento por controle *ActiveX* e possibilidade de emprego de sensibilidade individualizada. Os índices de sustentabilidade obtidos com o programa elaborado possibilitaram a visualização, em gráficos ternários e binários, dos resultados numéricos e conceituais emitidos em relatórios específicos. A partir desses resultados, é possível sugerir ações imediatas, nas quais os administradores públicos devem concentrar suas ações na tomada de decisões corretas. A ordenação dos índices ambientais, sociais e econômicos permitiu estabelecer o enquadramento em uma nova proposição de zonas ecológico-econômico (zee). A cartografia elaborada para o estudo de caso, Subsistema Baixo Camaquã (SsBC), proporcionou uma visão do comportamento espacial dos elementos analisados e facilitou as respostas de várias questões, sobre rodovias e vias de acesso, formas do relevo, perspectiva ortométrica do relevo, clinografia, geologia, áreas de licenciamento e pesquisa mineral, solos, riscos de erosão, hierarquia de canais, densidade média das drenagens, riscos de inundações, hipsometria, fragilidade à erosão, capacidade de uso dos solos, pictografia dos usos atuais da terra, usos conflitivos, locais de coleta das amostras de água, distribuição granulométrica dos sedimentos, declividade média, cobertura vegetal geral e simplificada, zoneamento ambiental e zonas ecológico-econômicas. Os estudos foram desenvolvidos nas microbacias e sub-bacias hidrográficas do SsBC, situado em uma área de 3.007km², entre as coordenadas geográficas 30°45'00" - 31°16'00", latitude Sul, e 52°20'00" - 52°34'00", longitude oeste, possibilitaram estabelecer um diagnóstico do meio biótico e abiótico, através de cartografia digital temática, que subsidiou a elaboração e estruturação de índices de sustentabilidade. O programa apresentou resultados para o SsBC, com oscilações numéricas, mesmo nos casos em que um número reduzido de questões foi respondido. As relações do crescimento de fornecedor, consumidor e produtor se mantiveram equilibradas. Os resultados do zee para o SsBC mostram que esta vem a ser uma comunidade sustentável, com o inter-relacionamento de potencialidade muito baixa a alta e vulnerabilidade de baixa a alta. As sub-bacias dos arroios Santa Isabel, Evaristo e microbacia da ilha do Vianez, possuem potencialidade média e vulnerabilidade baixa, tratando-se de áreas de transformação; a sub-bacia do arroio do Sapato apresenta potencialidade e vulnerabilidade baixa, caracterizando-se como área com possibilidade de expansão e transformação; a sub-bacia do arroio Duro/Sanga Formosa e microbacia do arroio Palanque tem potencialidade muito alta e vulnerabilidade alta devendo ser recuperadas; a microbacia Ruínas possui potencialidade alta e vulnerabilidade baixa apresentando-se como uma área de transformação e consolidação; a microbacia da granja São Geraldo tem potencialidade muito baixa e vulnerabilidade baixa, constituindo-se em área com possibilidades de expansão; e a microbacia da ilha de Santo Antônio com potencialidade muito baixa e vulnerabilidade alta deve ser conservada. A variabilidade das proposições referentes ao zee mostra a capacidade de diferenciar os resultados encontrados, validando a metodologia proposta, empregada com a aplicação do programa elaborado, pois condiz com a realidade da área estudada.

SUMMARY

This study allows, by means of environmental indicators, the indices of sustainability of hydrographic basins to be obtained. An integrated form of analysis is proposed, that takes into consideration the environmental, social and economic aspects, subdivided into ten categories: institutional activity, protected and touristic areas, biotic aspects, demography and education, economy and infrastructure, industry and energy, climatic influences, land resources, water resources, and health and sewerage, which together raise 165 objective questions. These questions individually through the creation and use of a relational database, with programme routines written in Visual C++, and graphical aspects being provided in real time through Active-X controls, which can be tailored to individual needs. The indices of sustainability obtained through the programme that has been developed can be graphically visualised both two and three dimensionally, and as numerical data and concepts in specific reports. From these results it is possible to suggest which are the actions that the public administrators ought to concentrate on, and allow them to take correct decisions. The structure of the environmental, social and economic factors allows the establishment of a revised ecological-economic zones (eez). The mapping established for the case study, the *Baixo Camaquã* subsystem (SsBC), provided a view of the spatial behaviour of the elements analysed and allowed answers to be given for various questions, about roadways, access systems, the relief shape, the orthometric relief, clinographics, geology, mineral licence and prospecting areas, soils, erosion risks, channel hierarchy, average soil density, flood risks, erosion susceptibility, soil usage capacity, image of the current soil usage, conflictual usage, water sample collection sites, grain-size distribution of sediments, average declivity, plant coverage both general and simplified, environmental zoning and ecological-economic zones. The studies were undertaken on the SsBC micro-basins and sub basin, located in an area of 3,007 km². between the geographical co-ordinates of 30° 45'00" – 31° 16'00" of latitude South and 52° 20'00" – 52° 34' 00" of longitude West., allowing the establishment of the biotic and abiotic profiles through digital thematic cartography which underlies the elaboration and structure of the indices of sustainability. The programme produced results for the SsBC, with numerical variations, even in the cases when a reduced number of answers to questions were obtained. The relationship between supplier, consumer and producer was retained in equilibrium. The eez results for SsBC show that it is becoming a sustainable community, with inter-relationship from the very highest to the lowest potentials and with vulnerability ranging from low to high. The sub-basins of the streams Santa Isabel and Evaristo and the micro-basin of the island of Vianez, have average potential and low vulnerability, treating them as transformative areas. The sub-basin of the Sapato stream has low potential and vulnerability, which characterises it as an area with the possibility for expansion and transformation. The sub-basin of the Duro/Sanga Formosa stream and the micro-basin of the Palanque stream have very high potential and high vulnerability and ought to be recovered. The Ruinas micro-basin has high potential and low vulnerability and presents itself as an area of transformation and consolidation. The micro basin of Granja São Geraldo has very low potential and low vulnerability, making it an area of potential expansion. Finally the micro-basin of the Island of Santo Antônio with very low potential and high vulnerability needs to be conserved. The variation in the propositions relating to eez shows the capacity to differentiate the results obtained, validating the proposed methodology, using the programme that has been developed, as they relate to the reality of the areas studied.

SUMÁRIO

1.º VOLUME - TESE

| | |
|--------------------------------------------|-------|
| APRESENTAÇÃO E AGRADECIMENTOS..... | i |
| RESUMO..... | iv |
| <i>SUMMARY</i> | v |
| SUMÁRIO 1.º VOLUME - TESE..... | vi |
| SUMÁRIO 2.º VOLUME - ANEXOS..... | xi |
| LISTA DE TABELAS..... | xiii |
| LISTA DE FIGURAS..... | xviii |
| LISTA DE FOTOGRAFIAS..... | xxv |
| LISTA DE QUADROS..... | xxxii |
| LISTA DE CAIXAS..... | xxxii |
| LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS..... | xxxv |
| 1 INTRODUÇÃO..... | 1 |
| 1.1 Histórico..... | 1 |
| 1.2 Delimitação do problema de estudo..... | 2 |
| 1.3 Relevância..... | 3 |
| 1.4 Síntese da estrutura da Tese | 6 |
| 2 OBJETIVOS..... | 7 |

| | | |
|--------|--------------------------------------------------------------------|----|
| 2.1 | Objetivos gerais da pesquisa..... | 7 |
| 2.2 | Objetivos específicos da pesquisa..... | 7 |
| 3 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA..... | 9 |
| 3.1 | Desenvolvimento sustentável..... | 9 |
| 3.2 | Bacia hidrográfica como unidade de planejamento..... | 13 |
| 3.3 | Planejamento ambiental e as Unidades de Conservação..... | 20 |
| 3.4 | Ordenamento territorial..... | 31 |
| 3.5 | Gestão ambiental..... | 36 |
| 3.6 | Indicadores e Índices de sustentabilidade..... | 41 |
| 3.7 | Cartografia temática, Sensoriamento remoto e Geoprocessamento..... | 43 |
| 4 | METODOLOGIAS, INFORMAÇÕES E PROCESSOS EM INVESTIGAÇÃO..... | 54 |
| 4.1 | Fase de desenvolvimento..... | 55 |
| 4.1.1 | Levantamento bibliográfico..... | 56 |
| 4.1.2 | Atividade em campo..... | 56 |
| 4.2 | Etapa de processamento dos dados..... | 56 |
| 4.2.1 | Delimitação da bacia hidrográfica..... | 56 |
| 4.2.2 | Base cartográfica..... | 59 |
| 4.2.3 | Dados geológicos e geomorfológicos..... | 61 |
| 4.2.4 | Dados pedológicos..... | 62 |
| 4.2.5 | Dados hidrometeorológicos..... | 64 |
| 4.2.6 | Dados hidrológicos e hidrogeológicos..... | 64 |
| 4.2.7 | Dados sobre a qualidade da água..... | 68 |
| 4.2.8 | Dados sedimentológicos..... | 73 |
| 4.2.9 | Dados sobre fauna e flora comuns na região..... | 74 |
| 4.2.10 | Dados sobre cadastramento e armazenamento dos dados..... | 74 |
| 4.2.11 | Fórmulas empregadas na cartografia temática digital..... | 75 |
| 4.3 | Fase de análise e conclusão..... | 84 |
| 4.3.1 | Elaboração do questionário e rotinas do banco de dados..... | 84 |
| 4.3.2 | Zonas ecológico-econômicas..... | 92 |
| 4.4 | Planejamento e proposição..... | 94 |
| 4.5 | Elaboração da tese..... | 97 |

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 6.1.2.2.6 Horizonte A antrópico (Ha)..... | 157 |
| 6.1.2.3 Considerações sobre os solos e o potencial risco de erosão..... | 160 |
| 6.1.3 Considerações sobre a hidrografia, hidrologia e hidrogeologia..... | 169 |
| 6.1.3.1 Hidrografia..... | 169 |
| 6.1.3.1.1 Índices de caracterização física utilizados na cartografia do SsBC..... | 181 |
| 6.1.3.1.2 Caracterização dos índices básicos hidrogeométricos. | 182 |
| 6.1.3.1.3 Análise hipsométrica do SsBC..... | 188 |
| 6.1.3.2 Hidrologia..... | 202 |
| 6.1.3.2.1 Classificação do rio Camaquã quanto à qualidade da água.... | 213 |
| 6.1.3.2.1.1 Dados referentes aos pontos de coleta da água... | 215 |
| 6.1.3.2.1.2 Análise e interpretação dos resultados da água... | 219 |
| 6.1.3.2.1.2.1 Temperatura..... | 219 |
| 6.1.3.2.1.2.2 Salinidade..... | 221 |
| 6.1.3.2.1.2.3 Cloretos..... | 222 |
| 6.1.3.2.1.2.4 pH..... | 223 |
| 6.1.3.2.1.2.5 Turbidez..... | 225 |
| 6.1.3.2.1.2.6 Oxigênio dissolvido (OD)..... | 226 |
| 6.1.3.2.1.2.7 Demanda bioquímica de oxigênio (DBO ₅)..... | 228 |
| 6.1.3.2.1.2.8 Sólidos suspensos e dissolvidos.... | 229 |
| 6.1.3.2.1.2.9 Fósforo total..... | 232 |
| 6.1.3.2.1.2.10 Nitritos, nitratos e nitrogênio total | 233 |
| 6.1.3.2.1.2.11 Coliformes fecais..... | 236 |
| 6.1.3.2.1.3 Índice de qualidade da água – IQA..... | 239 |
| 6.1.3.2.2 Dados sedimentológicos..... | 240 |
| 6.1.3.3 Hidrogeologia..... | 248 |
| 6.1.3.4 Caracterização geral da fauna e flora..... | 249 |
| 6.2 Indicadores de qualidade ambiental..... | 259 |
| 6.2.1 Indicadores de desenvolvimento sustentável de bacia hidrográfica..... | 259 |
| 6.2.1.1 Considerações sobre o desenvolvimento sustentável do SsBC..... | 314 |
| 6.2.2 Aplicação do questionário do banco de dados no estudo de caso do SsBC.... | 327 |

| | |
|-----------------------------------|-----|
| 7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES..... | 339 |
| 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 351 |

SUMÁRIO DOS ANEXOS

2.º VOLUME - ANEXOS

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| A1 - Recursos e equipamentos utilizados na elaboração da Tese..... | 1 |
| A2 - Interfaces responsáveis pelo diagrama ternário (<i>TernPlot</i> , <i>GraphRegion</i> e <i>GraphPoint</i>)..... | 5 |
| A3 - Código-fonte da interface gerada para o programa da <i>MSAccess</i> | 11 |
| A4 - Carta do banhado do colégio, município de Camaquã. A porção hachurada, em amarelo, corresponde à parte integrante do SsBC..... | 57 |
| A5 - Carta da rede de distribuição dos canais de irrigação proveniente da barragem do arroio Duro, SsBC, situação em setembro de 1969. (Fonte: Departamento Nacional de Obras e Saneamento, 12 ^a Diretoria Regional, 07-02-1975, com base nas cartas 6186/A e 6185)..... | 59 |
| A6 - Precipitações médias mensais (mm) dos anos de 1964 a 1992, referentes a BHRC..... | 61 |
| A7 - Evaporações médias mensais (mm) dos anos de 1964 a 1982, referentes às estações situadas em Bagé, Candiota e Pinheiro Machado, com tratamento estatístico básico..... | 63 |
| A8 - Vazões médias mensais (m ³ /s) dos anos de 1964 a 1992, referentes ao Passo do Mendonça no SsBC..... | 65 |
| A9 - Valores de armazenamento do balanço hídrico: médias mensais dos anos de 1964 a 1982, referentes ao Passo do Mendonça no SsBC..... | 67 |

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| A10 - Déficit médios mensais de evaporação (mm) dos anos de 1964 a 1922, referentes ao Passo do Mendonça no SsBC..... | 69 |
| A11 - Principais índices relativos à qualidade das águas do SsBC, segundo a Resolução CONAMA n° 20/86..... | 71 |
| A12 - Resultados das análises granulométricas dos sedimentos SRC-11, SRC-12 e SRC13 e respectivo tratamento estatístico, utilizando o programa Sedimentos, versão 3.1, de Hansen e Machado (1994)..... | 73 |
| A13 - Relação das espécies de aves encontradas no SsBC e junto a avifauna empalhada do Museu Moacir Beltrame, Parque Bento Gonçalves da Silva, em Cristal..... | 77 |
| A14 - Relatório da aplicação do questionário via <i>MSAccess</i> | 79 |
| A15 - Relatório do cálculo dos índices médios de sustentabilidade por sub-bacia e microbacia hidrográfica das áreas de conhecimento com médias, máximos e mínimos dos índices ambiental, econômico e social..... | 287 |

LISTA DE TABELAS

| | | |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.1 | Comparação e nova proposição para setorização de bacias hidrográficas..... | 18 |
| 4.1 | Codificação adotada para as sub-bacias e microbacias do SsBC..... | 57 |
| 4.2 | Caracterização das estações pluviométricas utilizadas. (Fonte: DNAEE)..... | 66 |
| 4.3 | Faixas de enquadramento dos índices de qualidade das águas e sua classificação. (Fonte: Ott, 1978)..... | 72 |
| 4.4 | Metodologias analíticas empregadas nas análises laboratoriais. (Fonte: APHA, 1995)..... | 73 |
| 4.5 | Intervalos de classes e respectivas classificações, segundo o índice de rugosidade: Ir. | 83 |
| 5.1 | Áreas dos municípios e subsistema com percentual no SsBC. (Fonte: Área dos municípios modificados do IBGE, 1998; área no SsBC; e percentual municipal)..... | 116 |
| 5.2 | Densidade populacional dos municípios que integram o SsBC. (Fonte: População total e área municipal modificadas do IBGE, 1998)..... | 121 |
| 5.3 | Estimativa da população em função da área de contribuição municipal do SsBC. (Fonte: População modificada do IBGE, 1998)..... | 121 |
| 5.4 | Densidade populacional em função da área de contribuição municipal do SsBC. (Fonte: População modificada do IBGE, 1998)..... | 122 |
| 6.1 | Relação entre as formas e as características que abordam a BHRC, relativos a compartimentação geomorfológica do Rio Grande do Sul. (Fontes: Com base nos dados do relatório da Folha SH.22 Porto Alegre e | |

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| partes das Folhas SH.21 Uruguaiana e SI.22 Lagoa Mirim e de Brasil, 1986)..... | 131 |
| 6.2 Dados da análise linear do sistema fluvial das sub-bacias e microbacias do SsBC. | 171 |
| 6.3 Dados morfométricos médios das sub-bacias e microbacias do SsBC..... | 172 |
| 6.4 Tipos de padrões de drenagens predominantes por sub-bacias e microbacias do SsBC..... | 173 |
| 6.5 Ordem máxima de grandeza das principais drenagens do SsBC..... | 174 |
| 6.6 Quantidade de açudes por sub-bacias e microbacias, expressivos na escala 1:250 000..... | 174 |
| 6.7 Indicadores básicos hidrogeométricos das sub-bacias e microbacias do SsBC..... | 181 |
| 6.8 Mensuração dos índices das sub-bacias e microbacias do SsBC, segundo o comprimento total dos canais: L_t | 184 |
| 6.9 Índice de circularidade (I_c) e de forma (I_f) das sub-bacias e microbacias do SsBC. | 185 |
| 6.10 Índice entre o comprimento e a área das sub-bacias e microbacias do SsBC..... | 185 |
| 6.11 Comparação entre os segmentos do SsBC..... | 188 |
| 6.12 Indicadores da análise hipsométrica das sub-bacias e microbacias do SsBC..... | 189 |
| 6.13 Mensuração dos índices das sub-bacias e microbacias do SsBC, segundo o índice de rugosidade: I_r | 193 |
| 6.14 Classificação modificada de Sicco Smit para as sub-bacias e microbacias do SsBC, segundo o índice de rugosidade: I_r | 193 |
| 6.15 Coeficientes de escoamento médios mensais (Fonte: a partir dos dados do DNAEE e CEEE)..... | 205 |
| 6.16 Área de contribuição, vazão média e específica..... | 207 |
| 6.17 Vazão estimada a partir dos gráficos de vazão média sobre área para as sub-bacias e microbacias do SsBC..... | 209 |
| 6.18 Vazão mínima de 7 dias de duração (m^3/s) e vazão específica ($L/s/km^2$) para distintos tempos de retorno..... | 209 |
| 6.19 Vazões máximas anuais (m^3/s) para vários tempos de retorno..... | 209 |
| 6.20 Enquadramento da salinidade nas distintas classes. (Fonte: Resolução do CONAMA n° 20/86)..... | 221 |

| | | |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 6.21 | Enquadramento dos cloretos nas distintas classes. (Fonte: Resolução do CONAMA n° 20/86)..... | 222 |
| 6.22 | Enquadramento do pH nas distintas classes. (Fonte: Resolução do CONAMA n° 20/86)..... | 224 |
| 6.23 | Enquadramento da turbidez nas distintas classes. (Fonte: Resolução do CONAMA n° 20/86)..... | 225 |
| 6.24 | Enquadramento do Oxigênio Dissolvido nas distintas classes. (Fonte: Resolução do CONAMA n° 20/86). | 227 |
| 6.25 | Enquadramento do oxigênio dissolvido nas distintas classes. (Fonte: Resolução do CONAMA n° 20/86)..... | 228 |
| 6.26 | Enquadramento dos sólidos suspensos na proteção das comunidades aquáticas. (Fonte: <i>Environmental Protection Agency</i> - EPA)..... | 230 |
| 6.27 | Enquadramento dos sólidos dissolvidos nas distintas classes. (Fonte: Resolução do CONAMA n° 20/86)..... | 231 |
| 6.28 | Enquadramento do fósforo total nas distintas classes (Fonte: Resolução do CONAMA n° 20/86)..... | 232 |
| 6.29 | Enquadramento do nitrito nas distintas classes (Fonte: Resolução do CONAMA n° 20/86)..... | 234 |
| 6.30 | Enquadramento do nitrato nas distintas classes (Fonte: Resolução do CONAMA n° 20/86)..... | 235 |
| 6.31 | Enquadramento dos coliformes fecais nas distintas classes. (Fonte: Resolução do CONAMA n° 20/86). | 236 |
| 6.32 | Parâmetros e enquadramento de cada local de coleta nas respectivas classes, segundo o valor médio. (Fonte: segundo a Resolução do CONAMA n° 20/86)..... | 237 |
| 6.33 | Enquadramento das classes de usos preponderantes do SsBC, segundo a sazonalidade. (Fonte: segundo a Resolução do CONAMA n° 20/86)..... | 238 |
| 6.34 | Classificação das águas segundo seus usos preponderantes. (Fonte: segundo a Resolução do CONAMA n° 20/86, <i>in</i> : Lanna, 2000)..... | 238 |
| 6.35 | Dados médios dos parâmetros por local de coleta junto ao SsBC..... | 239 |

| | | |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 6.36 | Valores dos subíndices de cada parâmetro adotados (obtidos das curvas)..... | 239 |
| 6.37 | Classificação pelo valor médio para a qualidade de água segundo IQA-NSF..... | 240 |
| 6.38 | Parâmetros estatísticos e características das amostras dos sedimentos do SsBC... | 243 |
| 6.39 | Dados gerais e técnicos pertinentes aos poços tubulares executados no SsBC..... | 249 |
| 6.40 | Principais ordens dos peixes encontrados no rio Camaquã e afluentes do SsBC. (Fonte: modificado de Konrad e Naeher, 1996)..... | 250 |
| 6.41 | Espécies de peixes comerciais relativas ao SsBC. (Fonte: modificado de Konrad e Naeher, 1996)..... | 251 |
| 6.42 | Espécies de mamíferos raros e em extinção do SsBC..... | 251 |
| 6.43 | Espécies de aves vulneráveis, raras e em extinção do SsBC..... | 252 |
| 6.44 | Número de questões elaboradas no banco de dados por áreas de conhecimento.. | 328 |
| 6.45 | Índices numérico e conceitual por área de conhecimento para a sub-bacia do arroio Santa Isabel..... | 329 |
| 6.46 | Índices numérico e conceitual por área de conhecimento para a sub-bacia do arroio Evaristo..... | 329 |
| 6.47 | Índices numérico e conceitual por área de conhecimento para a sub-bacia do arroio do Sapato..... | 330 |
| 6.48 | Índices numérico e conceitual por área de conhecimento para a sub-bacia do arroio Duro/Sanga/Formosa..... | 330 |
| 6.49 | Índices numérico e conceitual por área de conhecimento para a microbacia da ilha do Vianez..... | 331 |
| 6.50 | Índices numérico e conceitual por área de conhecimento para a microbacia da granja São Geraldo..... | 331 |
| 6.51 | Índices numérico e conceitual por área de conhecimento para a microbacia Ruínas..... | 332 |
| 6.52 | Índices numérico e conceitual por área de conhecimento para a microbacia do arroio Palanque..... | 332 |
| 6.53 | Índices numérico e conceitual por área de conhecimento para a microbacia da ilha de Santo Antônio..... | 333 |
| 6.54 | Índices de sustentabilidade, ordem dos índices e nova proposição de | |

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| enquadramento em zee para as sub-bacias e microbacias do SsBC..... | 336 |
| 7.1 Níveis de manejo com as práticas agrícolas de cada unidade taxonômica..... | 341 |
| 7.2 Ordem dos índices de sustentabilidade e nova proposição de enquadramento em zee para as sub-bacias e microbacias do SsBC..... | 349 |

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.1 | Relações da produção industrial com usos, produção e produtos. (Fonte: Modificado de Spangenberg, <i>in</i> : Spangenberg e Bonniot, 1998)..... | 13 |
| 3.2 | Organograma das fases de manejo de bacias hidrográficas. (Fonte: Elaborado a partir das descrições de Hufschmidt <i>in</i> : Basterrechea <i>et al.</i> , 1996)..... | 25 |
| 3.3 | Elementos necessários para apoiar o gerenciamento de bacias hidrográficas. (Fonte: Modificado de Pereira, Nogueira e Lovett, 1998)..... | 40 |
| 4.1 | Carta dos pontos de amostragens de água SsBC. (Fonte: modificado de Konrad e Miranda, 1996)..... | 70 |
| 4.2 | Entidades e relacionamentos estruturados para o banco de dados <i>MSAccess</i> | 86 |
| 4.3 | Interface inicial de seleção da região e a área de conhecimento (NomeArea) para o banco de dados <i>MSAccess</i> | 86 |
| 4.4 | Inter-relacionamentos entre as tabelas empregadas no banco de dados <i>MSAccess</i> .. | 87 |
| 4.5 | Exemplificação do uso da sensibilidade no modo ajuda das questões e respostas do banco de dados <i>MSAccess</i> | 88 |
| 4.6 | Aparência geral do questionário associado ao banco de dados <i>MSAccess</i> | 89 |
| 4.7 | Diagrama triangular de classificação das comunidades que ocupam bacias hidrográficas ou unidades menores, estabelecendo os relacionamentos do crescimento entre produtor, fornecedor e consumidor..... | 90 |
| 4.8 | Diagrama binário, com exemplo hipotético de obtenção dos índices de sustentabilidade..... | 91 |
| 4.9 | Proposição de classificação territorial em zonas ecológico-econômicas (zee) | |

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Segundo os índices de sustentabilidade desenvolvidos. (Fonte: Modificado de Becker e Egler, 1997; e Schubart, 2000)..... | 92 |
| 4.10 Comportamento da função arco-tangente frente a graus de sensibilidade distintos | 93 |
| 4.11 Escala com os níveis de planejamento ambiental. (Fonte: modificada de Dyer e Vinogradov, 1990)..... | 96 |
| 5.1 Mapa de situação com articulação das cartas topográficas do SsBC..... | 103 |
| 5.2 Carta de situação com divisão dos subsistemas e sub-bacias da BHRC. (Fonte: Modificado de Hansen e Fensterseifer, 1996)..... | 104 |
| 5.3 Posição espacial das sub-bacias e microbacias hidrográficas do SsBC..... | 105 |
| 5.4 Temperaturas médias mensais a partir dos decêndios relativos ao período de 1931 a 1990. (Fonte: IPAGRO, 1989 e Atlas Sócio-Econômico do RS, 1998)..... | 106 |
| 5.5 Estações evaporimétricas georeferenciadas em mosaico de imagens de satélite. (Fonte: Dados das coordenadas geográficas do DNAEE)..... | 106 |
| 5.6 Umidade relativa do ar (%) referente ao período de 1931 a 1990. (Fonte: IPAGRO, 1989 e Atlas Sócio-Econômico do RS, 1998)..... | 107 |
| 5.7 Radiação solar relativa ao período de 1931 a 1990. (Fonte: IPAGRO, 1989 e Atlas Sócio-Econômico do RS, 1998)..... | 107 |
| 5.8 Insolação (horas) relativa ao período de 1931 a 1990. (Fonte: IPAGRO, 1989 e Atlas Sócio-Econômico do RS, 1998)..... | 108 |
| 5.9 Precipitação pluvial (mm) média relativa ao período de 1931 a 1990. (Fonte: IPAGRO, 1989 e Atlas Sócio-Econômico do RS, 1998)..... | 108 |
| 5.10 Estações pluviométricas georeferenciadas em mosaico de imagens de satélite. Postos com quadrado em vermelho foram utilizados neste estudo. (Fonte: Dados das coordenadas geográficas do DNAEE)..... | 109 |
| 5.11 Dias de chuva mensal relativo ao período de 1931 a 1990. (Fonte: IPAGRO, 1989, e Atlas Sócio-Econômico do RS, 1998)..... | 109 |
| 5.12 Estações fluviométricas georeferenciadas em imagem de satélite na BHRC. (Fonte: Dados a partir do DNAEE e CEEE)..... | 111 |
| 5.13 Locação dos poços tubulares, georeferenciados em mosaico de imagens de satélite, destinados à captação de água subterrânea. | |

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| (Fonte: Corsan, www.cprm.gov.br e Hidrogeo Ltda.)..... | 111 |
| 5.14 Mapa com a divisão municipal do SsBC. Contorno em preto, limite do SsBC. (Fonte: Modificado do IBGE, 1998)..... | 117 |
| 5.15 Carta das rodovias e acessos secundários do SsBC. (Fonte: Modificado do mapa rodoviário DAER, 1997)..... | 118 |
| 6.1 Carta das formas do relevo do SsBC..... | 129 |
| 6.2 Perspectiva ortométrica do relevo do SsBC..... | 132 |
| 6.3 Clinografia geral do SsBC..... | 134 |
| 6.4 Carta geológica do SsBC.(Fonte: modificado de Caldasso <i>et al.</i> , 2000)..... | 136 |
| 6.5 Unidades litoestratigráficas do SsBC. (modificado de Caldasso <i>et al.</i> , 2000)..... | 137 |
| 6.6 Secções geológicas do SsBC..... | 138 |
| 6.7 Carta de áreas de licenciamento e pesquisa mineral do SsBC. (Fonte: Dados obtidos juntos ao DNPM, FEPAM e Troian, Hansen e Fensterseifer, 1996)..... | 145 |
| 6.8 Carta de solos com a distribuição das unidades de mapeamento para o SsBC..... | 150 |
| 6.9 Esquema topográfico de montante para jusante, com os perfis de solos do SsBC. <i>AR= Afloramento de Rocha; AR+RL= Afloramentos de Rocha + NEOSSOLOS LITÓLICOS; RL= NEOSSOLOS LITÓLICOS; RL+PVA= NEOSSOLOS LITÓLICOS + ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS; PVA= ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS; SG+RU+RQ=PLANOSSOLOS HIDROMÓRFICOS + NEOSSOLOS FLÚVICOS + NEOSSOLOS QUARTZARENÍTICOS</i> | 151 |
| 6.10 Carta de riscos de erosão nas sub-bacias e microbacias do SsBC..... | 162 |
| 6.11 Carta de hierarquia dos canais do SsBC em relação a BHRC..... | 170 |
| 6.12 Carta de densidade média de drenagens por sub-bacias e microbacias do SsBC.. | 173 |
| 6.13 Histograma das drenagens do SsBC por setor e ordem de grandeza..... | 176 |
| 6.14 Carta de riscos de inundações do SsBC..... | 179 |
| 6.15 Correlação com tendência positiva entre o comprimento do canal medido e o calculado para as sub-bacias e microbacias do SsBC..... | 183 |
| 6.16 Hipsometria do SsBC..... | 190 |

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 6.17 Carta de fragilidade à erosão dos solos do SsBC..... | 191 |
| 6.18 Carta de capacidade de uso dos solos das sub-bacias e microbacias do SsBC..... | 194 |
| 6.19 Carta pictográfica de uso atual dos solos do SsBC. (Fonte: Modificado de Fróes, Hansen e Fensterseifer, 1996)..... | 197 |
| 6.20 Carta de uso conflitivo dos solos do SsBC..... | 199 |
| 6.21 Modelo dos componentes básicos do ciclo hidrológico, envolvendo o SsBC e arredores..... | 203 |
| 6.22 Precipitações para BHRC e vazões médias anuais no Passo do Mendonça. (Fonte: Dados DNAEE, CEEE)..... | 206 |
| 6.23 Aspectos evolutivos relativos à irrigação estimada no SsBC. (Fonte: Dados AUD)..... | 207 |
| 6.24 Relação entre a vazão média e a área do posto fluviométrico para BHRC. Em azul: vazão estimada junto ao delta do rio Camaquã; e, em verde: na entrada do SsBC. Fonte: Modificado da ECOPLAN (1998)..... | 208 |
| 6.25 Relação entre a vazão média e a área das sub-bacias do SsBC. Em magenta: sub-bacia do arroio Santa Isabel; em verde: Evaristo; em azul: arroio Duro/Sanga Formosa; e, em vermelho: arroio do Sapato..... | 208 |
| 6.26 Relação entre a vazão média e a área das microbacias do SsBC. Em vermelho: microbacia da granja São Geraldo; em magenta: ilha de Santo Antônio; em verde: ruína; em vermelho: arroio Palanque; e, em azul: a ilha do Vianez..... | 208 |
| 6.27 Curvas de permanência de vazões normais e vazões específicas versus à probabilidade de excedência para o posto Passo do Mendonça. (Fonte: Dados do DNAEE)..... | 210 |
| 6.28 Evaporação mensal mínima (em azul), média (em verde) e máxima (em vermelho) para os postos evaporimétricos de Bagé, Candiota e Pinheiro Machado, para uma série temporal de 19 anos. (Fonte: Dados da CEEE e DNOS)..... | 211 |
| 6.29 Déficit mensal médio da evaporação para o Passo do Mendonça para os anos de 1964 a 1982. Em vermelho, o déficit máximo; em azul, o médio; e, em verde: o déficit mínimo de evaporação..... | 211 |
| 6.30 Armazenamento médio mensal para os anos de 1964 a 1982 e | |

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| respectivo coeficiente de variação..... | 212 |
| 6.31 Perfil da calha do rio Camaquã de Passo do Mendonça até a lagoa dos Patos, com os níveis de remanso máximo e mínimo da lagoa. (Fonte: Dados de remanso do IBGE)..... | 213 |
| 6.32 Os gráficos menores são secções transversais da calha do rio, referentes ao perfil de declive longitudinal do Passo do Mendonça à lagoa dos Patos. Em azul, com vazão de 500m ³ /s; e, em vermelho, mostra o nível máximo das enchentes históricas. (Fonte: Modificado da ECOPLAN, 1987)..... | 214 |
| 6.33 Histograma espaço temporal a partir dos dados de temperatura do SsBC..... | 220 |
| 6.34 Histograma espaço temporal a partir dos dados de salinidade para o SsBC..... | 221 |
| 6.35 Histograma espaço temporal a partir dos dados de cloretos para o SsBC..... | 223 |
| 6.36 Histograma espaço temporal a partir dos dados de pH para o SsBC..... | 224 |
| 6.37 Histograma espaço temporal a partir dos dados de turbidez para o SsBC..... | 226 |
| 6.38 Histograma espaço temporal a partir dos dados de oxigênio dissolvido OD..... | 227 |
| 6.39 Histograma espaço temporal a partir dos dados de DBO ₅ | 229 |
| 6.40 Histograma espaço temporal a partir dos dados de sólidos suspensos do SsBC... | 230 |
| 6.41 Histograma espaço temporal a partir dos dados de sólidos dissolvidos do SsBC. | 231 |
| 6.42 Histograma espaço temporal a partir dos dados de fósforo total do SsBC..... | 233 |
| 6.43 Histograma espaço temporal a partir dos dados de nitrito do SsBC..... | 234 |
| 6.44 Histograma espaço temporal a partir dos dados de nitrato do SsBC..... | 235 |
| 6.45 Histograma espaço temporal a partir dos dados de nitrogênio total do SsBC..... | 236 |
| 6.46 Histograma espaço temporal a partir dos dados de coliformes fecais do SsBC.... | 237 |
| 6.47 Carta de distribuição granulométrica dos sedimentos no rio Camaquã, SsBC..... | 242 |
| 6.48 Classes granulométricas dos sedimentos do SsBC, conforme Wentworth (1922). | 243 |
| 6.49 Diagrama disperso de momentos estatísticos diagnósticos da distribuição da assimetria <i>versus</i> curtose normalizada..... | 244 |
| 6.50 Diagrama disperso de momentos estatísticos diagnósticos da distribuição do desvio padrão <i>versus</i> média aritmética..... | 245 |

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 6.51 Diagrama disperso de momentos estatísticos diagnósticos da distribuição da assimetria <i>versus</i> média aritmética..... | 245 |
| 6.52 Diagrama disperso de momentos estatísticos diagnósticos da distribuição da assimetria <i>versus</i> desvio padrão..... | 246 |
| 6.53 Diagrama disperso de momentos estatísticos diagnósticos da distribuição do desvio padrão <i>versus</i> curtose normalizada..... | 246 |
| 6.54 Diagrama disperso de momentos estatísticos diagnósticos da distribuição da curtose normalizada <i>versus</i> média aritmética..... | 247 |
| 6.55 Histograma com os teores de metais pesados. Valor médio para os pontos SRC-11 e SRC-13. (Fonte: Modificado de Konrad e Naehrer, 1996)..... | 247 |
| 6.56 Carta de densidade dos sistemas de fraturas do SsBC. (Fonte: Modificado de Fensterseifer e Hansen, 1996b)..... | 248 |
| 6.57 Carta da cobertura vegetal do SsBC. (Fonte: Modificado de Oliveira, Goulart e Fensterseifer, 1996)..... | 253 |
| 6.58 Carta simplificada da cobertura vegetal do SsBC, com a respectivas áreas..... | 256 |
| 6.59 Carta de declividade média do SsBC..... | 279 |
| 6.60 Carta com o zoneamento ambiental do SsBC..... | 319 |
| 6.61 Histograma mostrando a classificação dos índices de sustentabilidade por áreas de conhecimento..... | 327 |
| 6.62 Histograma com os índices de sustentabilidade médio ambiental, social e econômico por sub-bacias e microbacias hidrográficas..... | 333 |
| 6.63 Histograma com os índices de sustentabilidade máximo, médio e mínimo dos aspectos ambiental, social e econômico por sub-bacias e microbacias hidrográficas..... | 334 |
| 6.64 Histograma com os índices médios de sustentabilidade das médias por sub-bacias e microbacias hidrográficas..... | 335 |
| 6.65 Gráfico ternário com a locação dos pontos das quatro sub-bacias e cinco microbacias estudadas..... | 335 |
| 6.66 Aplicação do zee no SsBC, com valor para K_x , de 40 e par K_y , de 60..... | 337 |

| | |
|--------------------------------------------------------|-----|
| 6.67 Carta das zonas ecológico-econômicas do SsBC..... | 338 |
|--------------------------------------------------------|-----|

LISTA DE FOTOGRAFIAS

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.1 Coletor de água Van Dorn e recipientes para fixação do material. Local: Pacheca, microbacia da ilha do Vianez..... | 69 |
| 5.1 Reserva indígena Pacheca. Local: microbacia da ilha de Santo Antônio..... | 114 |
| 5.2 Vista aérea da ilha de Santo Antônio com ocupação antrópica irregular. Está dentro das delimitações originais do Parque Estadual do Camaquã. Local: microbacia da ilha de Santo Antônio..... | 115 |
| 5.3 Vista do Parque Histórico Bento Gonçalves. Ao fundo o museu do parque. Local: microbacia do arroio Palanque..... | 116 |
| 5.4 Vista parcial da BR-116, rodovia com revestimento sólido de duas vias. Conexão de Camaquã com Cristal. Local: sub-bacia do arroio Duro/Sanga Formosa..... | 119 |
| 5.5 Rodovia com revestimento solto de duas vias. Conexão de Camaquã com Chuvisca. Local: sub-bacia do arroio Duro/Sanga Formosa..... | 119 |
| 5.6 Rodovia com revestimento sólido de duas vias. Conexão de Pacheca com a Ilha de Santo Antônio. Local: microbacia ilha de Santo Antônio..... | 120 |
| 5.7 Rodovia com revestimento solto de uma via. Conexão Cristal com Amaral Ferrador. Local: microbacia do arroio Palanque..... | 120 |
| 6.1 Forma de relevo com topo convexo, representado por granitóides. | |

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Local: sub-bacia do arroio Duro/Sanga Formosa, próximo a Chuvisca..... | 130 |
| 6.2 Forma de relevo com superfície inclinada, representada pelos depósitos coluviais originários de granitóides. | |
| Local: sub-bacia do arroio Duro/Sanga Formosa, próximo a Camaquã..... | 130 |
| 6.3 Formas com superfícies planas com campos limpos. | |
| Local: sub-bacia do arroio Santa Isabel, próximo ao rio Camaquã..... | 131 |
| 6.4 Em primeiro plano, planície costeira interna e, em segundo plano, os planaltos rebaixados marginais. | |
| Local: microbacia do arroio Palanque, sobre a BR-116..... | 133 |
| 6.5 Veios pegmatíticos de composição quartzo feldspática. | |
| Local: sub-bacia do arroio Duro/Sanga Formosa..... | 135 |
| 6.6 Suíte Granítica Dom Feliciano, fácies sienogranítica do Neoproterozóico (Nm). | |
| Local: sub-bacia do arroio Duro/Sanga Formosa..... | 139 |
| 6.7 Suíte Granítica Dom Feliciano, fácies monzogranítica do tipo Cerro Grande (Ncg). | |
| Local: sub-bacia do arroio Santa Isabel..... | 139 |
| 6.8 Suíte Granítica Dom Feliciano, fácies monzogranítica do tipo Arroio Carajás (Nac). | |
| Local: sub-bacia da granja São Geraldo..... | 140 |
| 6.9 Complexo Granítico-gnáissico Pinheiro Machado, com fácies porfírica do Proterozóico médio cortado por diques da fácies subvulcânica. | |
| Local: sub-bacia do arroio Evaristo..... | 140 |
| 6.10 Sucessão de eventos deposicionais junto à planície de inundação, associada aos transgressivos e regressivos marinhos registrados na margem esquerda do rio Camaquã. | |
| Local: Pacheca, microbacia da ilha do Vianez..... | 142 |
| 6.11 Mineração de areias e cascalhos. | |
| Local: próximo a Cristal, microbacia do arroio Palanque..... | 143 |
| 6.12 Extração de argila em banhados. | |
| Local: nas proximidades de Cristal, sub-bacia do arroio Evaristo..... | 144 |
| 6.13 Pedreira com extração de paralelepípedos e blocos para pedras ornamentais. | |
| Local: microbacia do arroio Palanque..... | 144 |
| 6.14 Retirada de água, através de bombeamento com geradores a diesel. | |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Local: nas proximidade de Pacheca. Microbacia da ilha de Santo Antônio..... | 146 |
| 6.15 Detalhe dos canais de irrigação a partir da derivação direta do rio Camaquã. Local: microbacia da ilha de Santo Antônio..... | 146 |
| 6.16 Em primeiro plano, Afloramentos de rocha (AR) e, ao fundo, mata ciliar sobre o divisor do SsBC. Local: microbacia da granja São Geraldo..... | 152 |
| 6.17 Perfil de NEOSSOLO LITÓLICO (RL). Horizonte O sobre o A e este sobre a rocha. Local: sub-bacia do arroio do Sapato..... | 153 |
| 6.18 Vista do NEOSSOLO LITÓLICO (RL) + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO (PVA) muito profundo. Local: sub-bacia do Arroio Duro/Sanga Formosa..... | 154 |
| 6.19 Vista do ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO (PVA), com sulcos e ravinas. Local: sub-bacia do arroio do Sapato..... | 155 |
| 6.20 Vista de local com ocorrência de um PLANOSSOLO HIDROMÓRFICO (SG). Local: sub-bacia do arroio do Sapato..... | 156 |
| 6.21 Perfil de NEOSSOLO FLÚVICO (RU) associado a um pequeno depósito de tálus. Local: sub-bacia do arroio do Sapato..... | 157 |
| 6.22 Perfil de NEOSSOLO QUARZARENÍTICO (RQ). Horizonte O sobreposto a areias quartzosas. Local: sub-bacia do arroio Santa Isabel..... | 158 |
| 6.23 Vista de local com ocorrência do Horizonte A Antrópico (Ha) com ocupação urbana. Local: microbacia do arroio Palanque..... | 159 |
| 6.24 Vista de local com ocorrência Horizonte A Antrópico (Ha), com estrada e deposição de lixo. Local: sub-bacia do arroio Duro/Sanga Formosa..... | 159 |
| 6.25 Vista de um NEOSSOLO LITÓLICO (RL) + ARGISSOLO VERMELHO- AMARELO (PVA) em franco processo de erosão, onde as ravinas estão evoluindo para voçorocas. Em segundo plano se avista a cidade de Camaquã. Local: sub-bacia do arroio Duro/Sanga Formosa..... | 161 |
| 6.26 Associação de solos NEOSSOLO LITÓLICO (RL) + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO (PVA), com risco muito fraco de erosão e | |

- presença de ravinas.
Local: sub-bacia do arroio Santa Isabel..... 163
- 6.27 Associação de solos PLANOSSOLOS HIDROMÓRFICOS (SG) + NEOSSOLOS FLÚVICOS (RU) + NEOSSOLOS QUARTZARENÍTICOS (RQ): quando desprovido de vegetação, apresentam risco forte de erosão.
Local: limite entre a sub-bacia do arroio Duro/Sanga Formosa e a microbacia da ilha de Santo Antônio..... 163
- 6.28 Associação de solos PLANOSSOLOS HIDROMÓRFICOS (SG) + NEOSSOLOS FLÚVICOS (RU) + NEOSSOLOS QUARTZARENÍTICOS (RQ). Quando desprovido de vegetação apresentam susceptibilidade forte a muito forte à erosão.
Local: sub-bacia do arroio do Sapato. 164
- 6.29 Associação de solos NEOSSOLO LITÓLICO (RL) + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO (PVA), com risco forte de erosão e presença de voçorocas.
Estrada que conecta Cristal com Amaral Ferrador.
Local: microbacia da granja São Geraldo..... 164
- 6.30 Vista do rio Camaquã para W. Canal de sexta ordem de grandeza (Strahler, 1952).
Barca de passagem para a ilha de Santo Antônio.
Local: microbacia da ilha de Santo Antônio..... 169
- 6.31 Vista ao fundo, da Barragem do arroio Duro/Sanga Formosa. Vista de N-S.
Local: sub-bacia do arroio Duro/Sanga Formosa. 175
- 6.32 Sistema de comportas para o vertedouro da barragem. Ao fundo lago de represamento.
Local: sub-bacia do arroio Duro/Sanga Formosa..... 175
- 6.33 Em primeiro e segundo plano, divisor topográfico do SsBC com o subsistema do Médio Camaquã Inferior. Arroio Sutil à esquerda e rio Camaquã no sentido longitudinal da foto.
Local: vista a partir das microbacias da granja São Geraldo e arroio Palanque... 177
- 6.34 Vista do rio Camaquã para E. Nos fundos do Parque Bento Gonçalves da Silva, município de Cristal.
Local: microbacia do arroio Palanque..... 177
- 6.35 Vista do rio Camaquã para S, a partir da barca de Pacheca.
Local: microbacia da ilha de Santo Antônio..... 178

- 6.36 Vista do braço da Charqueada, paralelo ao rio Camaquã, para S, em direção à lagoa dos Patos, a partir da barca para a ilha de Santo Antônio.
Local: microbacia da ilha de Santo Antônio..... 178
- 6.37 Inundação ocorrida em janeiro de 1998, no balneário de Cristal. Zona de risco de inundações grande. Com 6,6m acima do nível da fotografia 6.38. Vista de N-S.
Local: microbacia do arroio Palanque..... 180
- 6.38 Balneário de Cristal, em condições normais do rio Camaquã, Junho de 1999. Vista de S-N.
Local: microbacia do arroio Palanque..... 180
- 6.39 Problemas gerados pela ocupação humana de pescadores e veranistas que constroem casas na ilha de Santo Antônio, no braço da Charqueada. Vista para lagoa dos Patos.
Local: microbacia da ilha de Santo Antônio..... 187
- 6.40 Visão a partir da cota de 15m sobre a Planície Costeira em direção às porções mais elevadas do relevo, em segundo plano.
Local: microbacia da ilha do Vianez..... 189
- 6.41 Vista da orizicultura junto à região da Planície Costeira com uma área de 18.143ha. Ao fundo, os Planaltos Rebaixados Marginais com plantios de milho, fumo, acácia, eucalipto e pastagens. Vista de S-N.
Local: sub-bacia do arroio Duro/Sanga Formosa..... 195
- 6.42 Vista da fumicultura que, com a orizicultura, possuem o maior valor agregado em relação ao milho.
Local: sub-bacia do arroio do Sapato..... 195
- 6.43 Vista, em primeiro plano, do cultivo de milho com a maior extensão em área de 29.510ha; em segundo, presença de campo limpo utilizado para criação de bovinos, ovinos, eqüinos e outros.
Local: sub-bacia do arroio Evaristo..... 196
- 6.44 Vista, ao fundo, de plantação de soja e, em primeiro plano preparo da terra com curvas de nível para o plantio de fumo.
Local: sub-bacia do arroio Santa Isabel..... 196
- 6.45 Vista, ao fundo, de açude para piscicultura. Recuperação de

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| uma antiga pedreira pela AUD. | |
| Local: sub-bacia do arroio Duro/Sanga Formosa..... | 198 |
| 6.46 Vista aérea do delta do rio Camaquã com seus distributários. | |
| Local: microbacias das ilhas do Vianez, à esquerda, e de Santo Antônio, à direita. | |
| Fotografia: gentileza de Henrique C. Fensterseifer..... | 200 |
| 6.47 Vista do canal retilíneo, braço da Charqueada. | |
| Local: microbacia da ilha de Santo Antônio..... | 200 |
| 6.48 Vista de um canal ramificado, com ilhas fluviais formadas nos períodos de estiagem. Nos pontos mais elevados, encontra-se fixada por vegetação. | |
| Local: entre as microbacias da ilha do Vianez e de Santo Antônio..... | 201 |
| 6.49 Canal meandriforme, com vista para SE. | |
| Local: à esquerda, sub-bacia do arroio Duro/Sanga Formosa e, à direita, microbacia Ruínas..... | 201 |
| 6.50 Canais largos e rasos com alta taxa de sedimentar e baixo índice de sinuosidade. | |
| Local: à esquerda, microbacia da ilha de Santo Antônio e, à direita, a da ilha do Vianez..... | 202 |
| 6.51 Vista parcial do vertedouro da barragem do arroio Duro que alimenta os canais. | |
| Local: sub-bacia do arroio Duro/Sanga Formosa..... | 204 |
| 6.52 Canais de irrigação com elevatórias para redistribuição, com novas tomadas d'água. | |
| Local: microbacia Ruínas..... | 204 |
| 6.53 Vista do local de coleta das amostras de água sobre a ponte em Cristal, sobre a BR-116. | |
| Local: microbacia do arroio Palanque..... | 216 |
| 6.54 Local de coleta d'água no passo da Pacheca, subdistrito de Camaquã. | |
| Local: microbacias das ilhas de Santo Antônio, em primeiro plano, e do Vianez, do outro lado do rio..... | 216 |
| 6.55 Ponto de coleta de amostra de água sobre a ponte do arroio do Sapato. | |
| Local: sub-bacia do arroio do Sapato..... | 218 |
| 6.56 Estação de coleta de águas sobre o arroio Duro/Sanga Formosa a jusante da barragem. Ao fundo, vista parcial da cidade de Camaquã. | |
| Local: sub-bacia do arroio Duro/Sanga Formosa..... | 218 |

| | | |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 6.57 | Vista do local de coleta de sedimentos com draga em Pacheca. Amostra composta. Local: microbacias das ilhas de Santo Antônio e do Vianez..... | 241 |
| 6.58 | Condição de "maré vermelha", com a mortandade de peixes. Local: lagoa dos Patos, nas proximidades da microbacia da ilha de Santo Antônio..... | 250 |
| 6.59 | Vista, em primeiro plano, da avifauna sobre campo limpo e, ao fundo, capão de eucalipto. Local: microbacia da ilha de Santo Antônio..... | 252 |
| 6.60 | Vista, à direita, de campo com capoeira e, a esquerda, gramíneas representando campos limpos de savanas. Local: sub-bacias do arroio do Sapato..... | 254 |
| 6.61 | Mata ciliar e aluvial junto ao rio Camaquã. Local: microbacias das ilhas de Santo Antônio e do Vianez..... | 254 |
| 6.62 | Ao fundo, mata submontana e, em primeiro plano, início de processo erosivo pela retirada da vegetação rasteira, processo de arenização. Local: microbacia da granja São Geraldo..... | 255 |
| 6.63 | Corte de mata de eucalipto para fins energéticos. Local: sub-bacias do arroio do Sapato..... | 255 |
| 6.64 | Cactus da espécie <i>Cereus peruvianus</i> . Local: microbacia do arroio Palanque..... | 257 |
| 6.65 | Cactus da espécie <i>Opuntia dillenii</i> . Local: microbacia Ruínas..... | 257 |
| 6.66 | Figueiras associadas às margens dos rio e lagoa dos Patos. Local: microbacia da ilha de Santo Antônio..... | 258 |
| 6.67 | Epífitas das famílias Orchidaceae e Bromeliaceae. Local: microbacia ilha do Vianez..... | 258 |
| 6.68 | Vista aérea da ilha de Santo Antônio, com ocupação antrópica irregular. Está dentro das delimitações originais do Parque Estadual do Camaquã. Local: microbacia da ilha de Santo Antônio..... | 317 |
| 6.69 | Aspectos da biodiversidade regional. Local: sub-bacia do arroio Duro/Sanga Formosa..... | 317 |

| | | |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 6.70 | Ao fundo, cemitério abandonado da época da revolução com deposição de lixo dentro da área da Reserva Indígena da Pacheca. | |
| | Local: microbacia da ilha de Santo Antônio..... | 318 |
| 6.71 | Aspectos paisagísticos naturais. | |
| | Local: microbacia da ilha do Vianez..... | 321 |
| 6.72 | Vista aérea da quantidade de canais antrópicos. | |
| | Local: microbacia da ilha de Santo Antônio..... | 322 |
| 6.73 | Ecosistema dos banhados. | |
| | Local: microbacia da ilha de Santo Antônio..... | 322 |
| 6.74 | Erosão costeira pela retirada das matas ciliares. | |
| | Local: microbacia da ilha de Santo Antônio..... | 323 |
| 6.75 | Local de mineração de areia com problema de erosão das margens. | |
| | Local: microbacia do arroio Palanque..... | 323 |
| 6.76 | Problemas do assoreamento e déficit de água na região. | |
| | Local: sub-bacia do arroio Duro/Sanga Formosa..... | 324 |
| 6.77 | Períodos de inundações pela falta de escoamento propiciado pelo constante assoreamento devido ao mau uso da terra. | |
| | Local: microbacia Ruínas..... | 324 |
| 6.78 | Pista de aviação particular para uso de defensivos agrícolas e fertilizantes. | |
| | Local: microbacia da ilha de Santo Antônio..... | 325 |
| 6.79 | Figueiras cortadas e, parcialmente, carbonificadas. | |
| | Local: sub-bacia do arroio Evaristo..... | 325 |
| 6.80 | Deposição de lixo urbano em reserva da FUNAI, local proibido. | |
| | Local: microbacia da ilha de Santo Antônio..... | 326 |
| 6.81 | Vista do cinturão marginal com condições mínimas de saneamento básico. | |
| | Local: microbacia do arroio Palanque..... | 326 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|-----------------------------------------------------------------|-----|
| 4.1 Síntese das etapas, atividade e recursos empregados..... | 95 |
| 6.1 - Síntese das etapas, atividades e recursos empregados..... | 274 |

LISTA DE CAIXAS

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.1 Aspectos da declaração do Rio de Janeiro pertinentes ao SsBC..... | 10 |
| 3.2 Principais parâmetros, índices e variáveis responsáveis pelo processo de diagnose ambiental..... | 19 |
| 3.3 Categorias de manejo propostas pela SNUC..... | 22 |
| 3.4 Artigos da Resolução do CONAMA n° 010 relativas ao zee..... | 27 |
| 3.5 Fontes de pesquisa sobre a legislação ambiental..... | 29 |
| 3.6 <i>Táxons</i> do relevo segundo as atividades antrópicas..... | 32 |
| 3.7 Objetivos elementares do ordenamento do território segundo a Carta Européia... | 33 |
| 3.8 Tópicos da definição da ordenação..... | 35 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

A

- A - abundante
- A - alta
- A - Ambiental
- A - área da bacia
- Abast. - abastecimento
- A1 - anexo 1
- A1 - subhorizonte de Solo
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
- Abr ou Abr. ou abr - abril
- ABRH - Associação Brasileira de Recursos Hídricos
- Ac - área do círculo de perímetro igual ao da unidade analisada
- a.C. - antes de Cristo
- acc - Agricultura/Cultura Cíclica
- ACIESP - Academia de Ciências do Estado de São Paulo
- AES - Ambiental, Econômico e Social
- AFUBRA - Associação dos Fumicultores do Brasil
- Ago ou Ago. ou ago - agosto
- al - aluvial
- AM - *Automated Mapping*
- AMD - *Advanced Micro Devices, Inc.*
- ANA - Agência Nacional de Águas
- APA - Áreas de Proteção Ambiental
- APHA - *American Public Health Association*
- apud* - junto a
- Ar - areia
- Ar. - arroio
- AR - Afloramento de rocha
- ARIE - Área de Relevante Interesse Ecológico
- ASE - Ambiental, Social e Econômico
- AUD - Associação dos Usuários do Perímetro do Arroio Duro

B

- B - baixa
- B - horizonte textural mais argiloso do que o A

B2 - subhorizonte de solo
 BHRC - Bacia Hidrográfica do Rio Camaquã
 br - Brasil

C

C - comprimento da vazão superficial
 C - comum
 C - subhorizonte de solo
 CAD - *Computer-Aided Design*
 CADD - *Computer-Aided Drafting and Design*
 cal. - caloria(s)
 CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
 CBC - Companhia Brasileira do Cobre
 CCAUEX - Centro de Cartografia Automatizada do Exército
 CECO - Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica
 CEEE - Companhia Estadual de Energia Elétrica
 CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
 Cfa - clima subtropical mesotérmico brando (Köppen)
 CIAMB - subprograma de Ciências Ambientais do PADCT
 cm - centímetro
 cm² - por centímetro quadrado
 Cm - coeficiente de manutenção
 Cma - coeficiente de massividade
 Co - coeficiente orográfico
 CO₂ - dióxido de carbono
 Coef. - coeficiente
 Coli. - coliformes
 Compr. - comprimento
 COMUT - comutação bibliográfica
 CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente
 CORSAN - Companhia Rio-grandense de Saneamento
 CPRM - Serviço Geológico do Brasil
 CR - coeficiente de rugosidade
 Cu - cobre

D

d - amplitude do intervalo
 DAER - Departamento Autônomo e Estradas e Rodagens
 db - dique de diabásio da Formação Serra Geral
 Db - diâmetro da bacia
 Dd² - densidade de drenagens ao quadrado
 DBO₅ - demanda bioquímica de oxigênio
 d.C. - depois de Cristo
 D.C. - *District of Columbia*
 Dd - densidade de drenagem
 DDT ou DDTs - organoclorado
 DEM - *Digital Elevation Model*
 Descr. - descrição
 Desv. Padr. - desvio padrão
 Dez ou Dez. ou dez - dezembro
 Dia⁻¹ - por dia
 DN - *Digital Number*

DNAEE - Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica
 DNOS - Departamento Nacional de Obras e Saneamento
 DNPM - Departamento Nacional da Produção Mineral
 Dr. - doutor
 Dr - densidade de rios
 DSG - Diretoria do Serviço Geográfico

E

E - Econômico
 E - extinção
 EAS - Econômico, Ambiental e Social
 ECOPLAN - Ecologia e Planejamento Engenharia Ltda.
 ed. - edição
eez - Ecological-economic zones
 EIA - Estudo de Impacto Ambiental
 EMATER - Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural
 EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
 ENG. - engenheiro
 EPA - *Environmental Protection Agency*
 Eps - extensão do percurso superficial
et al. - e outros
 ESA - Econômico, Social e Ambiental
 ESE - leste-sudeste
 ETE - Estação de Tratamento de Esgoto
 Etp - evapotranspiração

F

FAMURS - Federação das Associações de Municípios do Rio Grande do Sul
 Fe - ferro
 Fe⁺² - íon ferroso
 FEE - Fundação de Economia e Estatística Siegfried Heuser.
 FEPAM - Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler
 FES - floresta estacional semidecídua
 Fev ou Fev. ou fev - fevereiro
 FINEP - Financiadora Nacional de Estudos e Projetos
 FIOCRUZ - Fundação Osvaldo Cruz
 FK - feldspato potássico
FM - Facilities Management
 FP - formação pioneira
 Fs - densidade de segmento da bacia
 Fs1 = Fs2 = Fs3 - comparação da densidade de segmentos da bacia
 FUNAI - Fundação Nacional do Índio
 FUNATURA - Fundação Pró-natureza
 FURG - Fundação Universidade do Rio Grande
 f(z) - função de z

G

Gb - gigabites
 GCP - *Ground Control Point*
 GERAMB - gerenciamento ambiental
 GERIBA - gerenciamento das intervenções em bacias hidrográficas
 GERINT - gerenciamento interinstitucional

GEROFA - gerenciamento da oferta da água
 GERUSA - gerenciamento dos usos setoriais da água
 GIS - *Geographic Information System*
 glfg - gramíneo-lenhosa com floresta de galeria
 gov. - governo
 GPS - *Global Positioning System*
 Gr - granitos
 Granul. - granulometria
 GTZ - Agência Alemã para o Desenvolvimento em Cooperação

H

h - hora
 H₂ - gás hidrogênio
 H₂O - fórmula química da água
 ha - hectare
 Ha - horizonte A antrópico
 hab. - habitante(s)
 HCHs - organoclorado
 Hi - integral hipsométrica
 hm - hectômetro
 Hm - altura média do relevo ou amplitude altimétrica
 HRV - *High Resolution Visible*
 http - protocolo de internet

I

i - número de ordem do parâmetro (1 a 8)
 i - 1; 2; ...enésima ordem
 IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
 IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
 Ic - índice de circularidade
 ICMS ou ICMS - imposto de circulação de mercadorias e Serviços
 Ico - índice entre o comprimento e a área
 Id - índice de dissecação
 I.D.F. - intensidade, duração e frequência
 If - índice de forma
 in - em
 INCRA - Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
 INMET - Instituto Nacional de Meteorologia
 INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
 Inter - interdisciplinar
 IPAGRO - Instituto de Pesquisas Agropecuárias
 IPEA - Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas
 IPH - Instituto de Pesquisas Hidráulicas
 IPTU - Imposto sobre a Propriedade Predial Territorial Urbana
 IPVA - Imposto sobre Propriedade de Veículos Automotores
 IQA - índice de qualidade das águas
 Ir - índice de rugosidade
 IRGA - Instituto Rio-grandense do Arroz
 ISSQN - Imposto sobre Serviço de Qualquer Natureza
 ITBI - Imposto sobre Transmissão de Bens Imóveis
 IUCN - *The World Conservation Union*
 IVVC - Imposto sobre a vendas a varejo de combustíveis líquidos e gasosos

J

Jan ou Jan. ou jan - janeiro

JICA - Agência Japonesa para Cooperação Internacional

Jun ou Jun. ou jun - junho

Jul ou Jul. ou jul - julho

K

K - potássio

kg - kilograma

KG' - curtose normalizada

km - quilômetro

km² - quilômetro quadrado

L

L - litro

L - densidade de vegetação intermediário (0,5)

L - comprimento do rio principal ou canal principal

L² - comprimento total dos segmentos da bacia

legisrs - legislação do Rio Grande do Sul

LIA - Laboratório de Inteligência Artificial

LIS - *Land Information System*

Llr - comprimento do canal principal em linha reta

Lm - comprimento médio dos segmentos fluviais

Lmu - comprimento dos canais de determinada ordem

Lm_{u-1} - comprimento dos canais de determinada ordem de grandeza de ordem imediatamente superior

LnQmax - logaritmo neperiano da vazão máxima

LnQmin - logaritmo neperiano da vazão mínima

Log - logaritmo

LogNormal - logaritmo normal

Ltda - limitada

Lt - comprimento total dos canais

Lu - soma total dos comprimentos dos canais de cada ordem de grandeza

M

m - metro

M - média

m² - metro quadrado

m³/s - metros cúbicos por segundo

m³/h - metros cúbicos por hora

Ma. - milhões de anos

Mai ou Mai. ou mai - maio

Mar ou Mar. ou mar - março

Máx. - máxima

Mb - megabites

Mc - mata nativa

MCT - Ministério de Ciência e Tecnologia

Me - mata energética

MG - Minas Gerais

mg/L - miligramas por litro

MHZ - megahertz

min - minuto
 Min. - mínima
 mL - mililitro
 mm - milímetro
 MMA ou mma - Ministério do Meio Ambiente
 MME - Ministério das Minas e Energia
 MNT - Modelo Numérico do Terreno
 Moder. - moderadamente
 MSAccess - *Microsoft Access*
 MS - Mestre em Ciências
 MSS - *Multispectral Scanner*
 Multi - multidisciplinar
 MWh - megawatts hora
 Mz - média aritmética

N

n - número de parâmetros que entram no cálculo
 N - nitrogênio
 N - norte
 N - número de cursos d'água ou rios
 N° ou n° ou n. - número
 Nac - fácies monzogranítica do tipo Arroio Carajás do Neoproterozóico
 NBR - Normas Brasileiras de Referência
 Ncg - fácies monzogranítica do tipo Cerro Grande do Neoproterozóico
 ND - nível dinâmico
 NDVI - *Normalized Difference Vegetation Index*
 Ne - nível estático
 NE - nordeste
 ng/g - nanograma por grama
 NH₃ - amônia
 ni - número de segmentos de determinada ordem
 Ni - níquel
 NIR - *Near Infrared*
 Nm - fácies sienograníticas do Neoproterozóico
 nmp - número máximo provável
 NO₂ - nitrito
 NO₃ - nitrato
 Nov ou Nov. ou nov - novembro
 NQR - número de questões respondidas
 NSF - *National Sanitation Foundation Institution*
 Ntotal - nitrogênio total
 Nu - número de segmentos de determinada ordem de grandeza
 N_{u+1} - número de segmentos de determinada ordem de grandeza de ordem imediatamente superior
 NW - noroeste

O

O - horizonte orgânico
 O₂ - gás oxigênio
 OD - oxigênio dissolvido
 ONG - Organização Não-Governamental
 ONU - Organização das Nações Unidas

op. cit. - *opere citato* - artigo citado, obra citada

org. - organização

Out ou Out. ou out - outubro

P

p.- página

P - precipitação

P - fósforo

PADCT - Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico

Pb - chumbo

PC - *Personal Computer*

PεMS - Pré-Cambriano Proterozóico Médio a Superior

PεS - Pré-Cambriano Superior

pH - potencial hidrogeniônico

PIBpm - produto interno bruto a preço de mercado

PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento

PO₄ - fosfato

Pobre. - pobremente

ppm - partes por milhão

Prof. - professor

prof. - profundidade

Ptotal - fósforo total

PVA - ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO

Q

q₇₋₁₀ - vazão específica de sete dias com dez anos de tempo de retorno

Q₇₋₁₀ - vazão média de sete dias com dez anos de tempo de retorno

Qc4 - depósitos quaternários holocênicos de praias e cristas de praias

Qd4 - depósitos quaternários holocênicos de canais e planícies deltáicas

qe - vazão específica

Qe4 - depósitos quaternários holocênicos de eluviões e coluviões

Qf4 - depósitos quaternários holocênicos de canais e planícies aluviais

q_i - nota de qualidade do i-ésimo parâmetro

Q_j - limite inferior do intervalo j

Q_m - vazão média de longo período

Q_{med.} - vazão média

Qp4 - depósitos quaternários holocênicos de planícies lagunares

Qp3 - depósitos quaternários pleistocênicos de planícies lagunares

Qp2 - depósitos quaternários pleistocênicos de planícies lagunares

Q_{reg} - vazão que se deseja regularizar

Q_t - vazão de aporte

R

R - raro

R\$ - reais

R² - coeficiente de correlação

RAM - *Random Access Memory*

Rb - relação de bifurcação entre as mesmas ordens subseqüentes.

RGB - *red, green, blue*

RIMA - Relatório de Impacto do Meio Ambiente

RIO-92 - Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento

RL - NEOSSOLO LITÓLICO

Rlb - relação entre o índice do comprimento médio e o de bifurcação
 Rlm - relação entre os comprimentos médios dos canais
 RN - *ruggdeness number*
 RPPN - Reservas Particulares do Patrimônio Natural
 RQ - NEOSSOLOS QUARTZARENÍTICO
 Rr - relação de relevo
 RS ou rs - Rio Grande do Sul
 RU - NEOSSOLO FLÚVICO

S

s - segundo
 S - índice de sinuosidade
 S - Social
 S - sul
 S²⁻ - sulfeto
 SA - savana (campo)
 SAD - *South America Datum*
 SAE - Social, Ambiental e Econômico
 Salin. - salinidade
 SAVI - *Soil Adjusted Vegetation Index*
 SE - sudeste
 SEA - Social, Econômico e Ambiental
 Sens. - sensibilidade
 Set ou Set. ou set - setembro
 SG - PLANOSSOLO HIDROMÓRFICO
 SGE - Serviço Geográfico do Exército
 SIG - Sistema de Informação Geográfica
 Ski - assimetria
 sm - submontana
 Sn - estanho
 SNUC - Sistema Nacional de Unidades de Conservação
 SO₂ - dióxido de enxofre
 SO²⁻ - sulfito
 Sól. Dis. - sólidos dissolvidos
 Sól. Susp. - sólidos suspensos
 SRC - sedimento do rio Camaquã
 SsBC - Subsistema Baixo Camaquã
 S_t - volume no início do mês anterior
 S_{t+1} - volume armazenado no início de um mês
 STD - sólidos totais dissolvidos
 SW - sudoeste

T

Tab. - tabela
 TANAC - Tanac S.A.
 Temp. - temperatura
 tg - tangente
 TIFF - *Tagged Image File Format*
 TM - *Thematic Mapper*
 ton. - tonelada
 T/Q - Terciário/Quaternário
 TQe - depósitos terciários e quaternários de elúvios e colúvios

Turb. - turbidez

U

UCPEL - Universidade Católica de Pelotas

UFCE - Universidade Federal do Ceará

UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul

UICN - União Mundial para a Natureza

UnB - Universidade de Brasília

UNEP - *United Nations Environment Program*

UNESCO - *United Nations, Educational, Scientific and Cultural Organization*

UNISC - Universidade de Santa Cruz

UNISINOS - Universidade do Vale do Rio dos Sinos

UNT - unidade nefelométrica de turbidez

UTM - *Universal Transversa Mercator*

V

V - vermelho

v. - volume

V - vulnerável

W

w_i - peso relativo do i-ésimo parâmetro

WNW - oeste-noroeste

WWF - Fundo Mundial para a Natureza

www - *World Wide Web*

Z

zee - Zonas Ecológico-econômicas

ZEE - Zoneamento Ecológico-econômico

Zn - zinco

OUTROS

α - declividade do canal de drenagem principal

σ_I - desvio padrão

10° - dez graus

9'6" - nove minutos e seis segundos

° - graus

°C - grau Celsius

> - maior do que

+ - sinal de adição

< - menor do que

≤ - menor ou igual a

μg/L - micrograma por litro

' - minutos

‰ - partes per mil

% - porcentagem

1° ou 1.° - primeiro

Π - produtório

\sqrt{A} - raiz quadrada da área da bacia

" - segundos

Σ - somatório

- IVA - sub-bacia do arroio Santa Isabel
- IVB - sub-bacia do arroio Evaristo
- IVC - sub-bacia do arroio do Sapato
- IVD - sub-bacia do arroio Duro/ Sanga Formosa
- IVa - microbacia da ilha do Vianez
- IVb - microbacia Ruínas
- IVc - microbacia da granja São Geraldo
- IVd - microbacia do arroio Palanque
- IVe - microbacia da ilha de Santo Antônio

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo, serão tratadas questões relativas aos aspectos históricos dos estudos ambientais e correlatos, delimitação do problema de estudo, relevância da pesquisa e síntese da estrutura da Tese.

1.1 Histórico

Com o constante crescimento populacional, os recursos do meio físico, envolvendo solo água e ar, ficarão cada vez mais escassos, o que torna premente caracterizar e diagnosticar o meio ambiente de forma sistêmica. A evolução dos problemas, comparada e monitorada em tempo real, pode se tornar uma prática comum, a fim de coibir as ações nefastas ao meio abiótico e biótico trazendo sérias conseqüências para sócio-economia.

Desta maneira, são cabíveis a aplicação de instrumentos econômicos, fiscais, ou outros, que induzam a um comportamento convergente com a determinação legal.

O progresso desenfreado tem sido um dos responsáveis pelos problemas ambientais do planeta, ressaltando a erosão de grandes áreas pelo contínuo desmatamento, associado à colonização e suas bases culturais.

O mau uso da terra, com a aplicação indevida e descomedida de defensivos agrícolas, ou projetos de irrigação mal dimensionados, ou sem controle, tem ocasionado a constante poluição, contaminação e exaurimento dos solos e dos recursos hídricos. A ganância por produtividade e conseqüente lucratividade faz com que as matas ciliares sejam destruídas, favorecendo a erosão e o assoreamento dos cursos d'água. Isto acarreta o empobrecimento dos recursos hídricos e limita a vida útil de reservatórios e barragens, favorecendo as enchentes, sem a devida previsão e controle das ondas de cheias. Como resultado, severos

danos sociais, econômicos e ambientais advirão, atingindo os núcleos povoados e a agricultura, através de inundações.

Dentro de uma visão histórica, nas últimas décadas é que começou a haver uma maior preocupação com o meio ambiente em nível mundial, observando-se algumas ações, principalmente ligadas ao setor industrial (desde 1970). Já nos anos 80, as necessidades de melhoria ambiental e o aumento da consciência ecológica fizeram com que os órgãos públicos e privados internacionais e nacionais tomassem posições importantes dentro da conjuntura, com política voltada à proteção ambiental. Foram então criadas a Lei 6.938, de 31 de agosto de 1981, que institui a Política Nacional do Meio Ambiente, que com a Lei 9.433, de 8 de janeiro de 1997, constitui a Política Nacional dos Recursos Hídricos, conhecida como a Lei da Águas, com origem no Código da Águas de 1934, dando as diretrizes ambientais necessárias à implementação de qualquer atividade ou empreendimento. Esta lei estabelece os instrumentos para a gestão dos recursos hídricos por meio de planos, enquadramento dos corpos d'água em classes, outorga do direito de uso, cobrança pelo uso, sistema de compensação municipal e o de informações. Na realidade, a principal motivação dos órgãos públicos, com as questões ambientais, foram a quantidade de problemas que se avolumaram.

1.2 Delimitação do problema de estudo

A existência de uma série índices de natureza diversa, obtidos por distintos indicadores de sustentabilidade, atuam sobre áreas específicas do conhecimento, sem levar em consideração a maior ou menor importância de um valor em relação ao outro, como elemento diagnóstico, para poder se prognosticar ações e mitigar aquelas que se fizerem necessárias.

Têm sido uma constante a busca e pesquisa para reunir uma série de elementos de cunho ambiental, social e econômico, para avaliar de forma conjunta e sistêmica todos componentes que integram uma unidade de estudo, em termos de índices, mas os resultados obtidos têm sido única e exclusivamente de cunho teórico.

Os solos e os recursos hídricos, além do ar, são à base da sustentação da vida sobre a superfície terrestre. Sua longevidade está na dependência de um manejo adequado, visando ao desenvolvimento equilibrado e sustentável de uma região para garantir às gerações futuras condições ideais de subsistência.

1.3 Relevância

A demanda cada vez maior pelos recursos hídricos exige um processo de educação no que se refere aos impactos, tanto nos países desenvolvidos como nos em desenvolvimento.

Os estudos cartográficos mais detalhados dos meios bióticos, abióticos e sócio-econômicos fazem parte do processo de planejamento que auxiliam a ordenação territorial mais equitativa. Cada região apresenta suas próprias características que devem ser diagnosticadas para resultarem em prognósticos mais adequados, empregando um uso mais racional e consciente dos recursos renováveis e não-renováveis.

As utilizações de técnicas de cartografia digital e sensoriamento remoto são ferramentas essenciais para o planejamento e o gerenciamento ambiental e permitem reconhecer as delimitações espaciais, respostas espectrais e radiométricas dos distintos elementos constituintes do meio físico, como solo, água, vegetação e outros.

Estudos desta natureza são elementos de auxílio às administrações governamentais, através da aplicação de técnicas e *software* atualizados de computação. O apoio de fotogramas aéreos, imagens de satélite, de radar e históricas permitem avaliar e prognosticar medidas preventivas, com controle de campo, a fim de identificar os causadores da degradação do meio ambiente.

Como subsídios ao melhor ordenamento territorial, várias medidas de diagnose, de ordem não-estrutural, devem ser implementadas, como as cartas temáticas para avaliar e diagnosticar a região como um todo.

Isto envolve a utilização de métodos computacionais de cartografia digital, aliados a um grande gerenciador e integrador dos dados, o sistema de informações geográficas. Estes instrumentos, juntamente com os dados estatísticos e censitários, permitem estabelecer indicadores sociais, econômicos e ambientais que possibilitem planejar ordenadamente as futuras ações de prevenção e correção com o objetivo de mitigar os impactos ambientais.

Um dos problemas em âmbito mundial, relacionado com bacias hidrográficas, vem a ser como priorizar e ordenar as ações entre as mesmas, pois a bacia é considerada, em nível nacional e por muitos países, como a unidade ideal para estabelecer o planejamento e o gerenciamento ambiental. Podem ser considerados os seguintes aspectos com relação as bacias hidrográficas:

- vem a ser a unidade de planejamento ideal, pois nela se concentram todos os problemas relativos a uma determinada área para auxiliar na gestão das águas,

sendo necessário definir suas características como elemento de diagnose, a fim de subsidiar, tecnicamente, os administradores e gestores. Trata-se de um “sistema fechado”, a fim de identificar e tratar dos problemas impactantes do meio ambiente, que facilitam as ações mitigadoras e emergenciais;

- ❑ administrativamente, uma bacia hidrográfica constitui-se em um problema, pois envolve um conjunto de municípios, com a gerência de diferentes partidos políticos, com áreas de participação e posicionamentos geográficos distintos, que podem ter solução através de atividade conjuntas, sendo a figura dos Comitês de Gerenciamento de Bacias Hidrográficas de fundamental importância na mediação deste tipo de situação;
- ❑ a grande diversidade de nomes e definições que envolvem o ordenamento, planejamento e a gestão ambiental é, na realidade, originária das diferentes áreas do conhecimento e por tratar-se de um assunto muito complexo;
- ❑ verifica-se que a grande diversidade de denominação adotada por diferentes países e pesquisadores faz com que seja difícil uma homogeneização internacional em nível de unidades de conservação, a fim de contribuir ao adequado manejo ambiental destas porções que, para serem geridas, necessitam de gestores com aporte econômico elevado, recaindo na maioria das vezes, por pressão internacional, na mão dos administradores públicos, geralmente, sem uma dotação orçamentária para tal fim. São áreas que necessitam de planos locais de desenvolvimento sustentável e de ordenação territorial com apoio da união, pois é através dos elementos das respectivas localidades e de pesquisas em campo que se obtém as informações necessárias para o gerenciamento ambiental mais correto;
- ❑ outro importante ponto a ser considerado quanto à proposição de áreas protegidas ou unidades de conservação, é a limitação em termos de manejo e ordenamento territorial pelos aspectos legais restritivos, além da grande quantidade de órgãos nacionais, estaduais e, até mesmo, municipais, envolvidos com sobreposição de atividades pouco efetivas em termos de manutenção, proteção, fiscalização e conservação ambiental;
- ❑ Convém ressaltar alguns pontos importantes que abarcam a análise, manejo e as zee de bacias hidrográficas, quais sejam: a) propiciar a conservação dos recursos do meio ambiente; b) os recursos ambientais devem ser manuseados com a finalidade de produzir bens e serviços; c) mostrar a importância do uso da terra e dos recursos hídricos para o desenvolvimento regional; d) analisar a bacia como

um todo, de a montante até a jusante; e) prevenir e controlar os impactos ambientais provenientes do uso dos recursos bióticos e abióticos; f) manter as análises integradas entre os recursos hídricos, solos e vegetação; e g) procurar manter a produção em longo prazo.

Os estudos do SsBC possibilitam subsidiar a obtenção dos índices de sustentabilidade ambiental, social e econômico para priorizar e compatibilizar a capacidade de suporte regional, conciliando o desenvolvimento sustentável, apontando e reduzindo os processos de degradação ambiental e auxiliando nos estudos de impactos ambientais dentro da análise das zee, em termos das relações entre a potencialidade e a vulnerabilidade do meio. A partir das projeções, é possível divisar as ações de proteção e conservação das áreas marginais com instrumentos de regulamentação de turismo, tráfego, caça, gerenciamento florestal, reflorestamento, mineração e outros.

Verifica-se um premente crescimento dos programas de gerenciamento de bacias hidrográficas. Os atuais comitês apresentam uma estrutura interessante, onde participam membros da sociedade, governo, instituições, porém com carência na tomada de decisões e implementação de ações efetivas. Estes devem ser os “setores” de apoio gerencial, a fim de minimizar os gastos públicos, trazendo uma maneira descentralizada de execução, facilitando e implementando o sistema de monitoramento, necessários ao bom ordenamento territorial com ações participativas.

Dentro dos aspectos políticos administrativos após as zee a implantação de um sistema de Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) pode esbarrar e ser um fator restritivo pelos seguintes aspectos: a) desigualdade na distribuição do poder de pressão dos diversos envolvidos no processo político-administrativo; falta de estratégias para os vários sistemas que concorrem entre si; e poder de intervenção desigual nas distintas áreas governamentais envolvidas

Portanto, o correto diagnóstico proporciona uma visão espacial e temporal dos problemas, permitindo, através de um guia, estabelecer os critérios para a tomada de medidas emergenciais e mitigadoras. Isto subsidiará as intervenções relativas às atividades de preservação, conservação e regulamentação dos recursos naturais, sociais e econômicos, como forma de apoio à sociedade através de ações municipais, estaduais e federais.

O processo de avaliação e diagnose de uma bacia hidrográfica e suas unidades menores é importante para o enquadramento e a obtenção de indicadores que levarão a índices de sustentabilidade. Estes, por sua vez, permitirão propor e enquadrar o tipo de comunidade e zee, setores nos quais os administradores públicos devem priorizar suas ações. Com isto, tem-

se a estruturação de uma reflexão do conceito de planejamento integrado dos recursos hídricos, relacionando políticas públicas, com ação participativa e descentralizado com vista ao desenvolvimento sustentável.

1.4 Síntese da estrutura da Tese

A presente Tese de Doutorado, que se insere na temática de avaliação e diagnose de bacia hidrográfica, encontra-se dividida em sete capítulos, a seguir discriminados:

- Capítulo 1 - Introdução, com visão geral e exposição dos assuntos;
- Capítulo 2 - Objetivos gerais e específicos;
- Capítulo 3 - Revisão bibliográfica com análise crítica, para fundamentação teórica;
- Capítulo 4 - Localização geográfica da área;
- Capítulo 5 - Metodologia, informações, processos em pesquisas, equipamentos, programas e referências;
- Capítulo 6 - Resultados e discussões, dados na forma de tabelas, mapas temáticos e discussões em relação aos trabalhos anteriores;
- Capítulo 7 - Conclusões e recomendações para aplicações futuras;
- Referências bibliográficas.

2 OBJETIVOS

Neste capítulo, são apresentados os objetivos gerais e específicos da pesquisa.

2.1 Objetivos gerais da pesquisa

Este trabalho tem por objetivo:

- propor uma abordagem para o estudo interdisciplinar e multidisciplinar de bacias hidrográficas;
- fornecer subsídios ao ordenamento territorial, ao planejamento, com instrumentos auxiliares para o gerenciamento e a gestão do meio ambiente e das águas, focalizando, predominantemente, os aspectos físicos, dentro dos componentes ambientais envolvidos e pertinentes a cada região;
- propor uma síntese de diversos fatores que diagnosticam o "estado ambiental" de uma bacia hidrográfica, permitindo a proposta de ações para uma melhor gestão ambiental;
- enquadrar as comunidades associadas a cada unidade ambiental, em uma visão integrada dos aspectos sociais, econômicos e ambientais utilizando como estudo de caso o Subsistema Baixo Camaquã (SsBC).

2.2 Objetivos específicos da pesquisa

- Avaliar os impactos ambientais naturais e antrópicos no SsBC;

- propiciar uma visão dos usos ideais e dos usos atuais, a fim de estabelecer zonas com maior ou menor conflito de utilização;
- elaborar um guia de avaliação numérico do meio ambiente, com indicadores que gerem índices para avaliar o desenvolvimento sustentável sob enfoque ambiental, social e econômico;
- apresentar sugestões em termos de classificação das comunidades envolvidas em cada unidade ou subunidade, com vistas ao desenvolvimento sustentável a partir de indicadores de qualidade ambiental na forma de índices de sustentabilidade, e enquadrá-los em Zonas Ecológico-Econômico (zee).

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O principal propósito desta revisão bibliográfica é o de buscar, nos trabalhos, subsídios para o desenvolvimento desta pesquisa e, a partir daí, selecionar os aspectos mais representativos para a formulação de um banco de dados relacional, a fim de se obter índices originários dos indicadores de desenvolvimento sustentável para bacias hidrográficas.

Este capítulo faz uma revisão de trabalhos anteriores, por tema, abordando o desenvolvimento sustentável, indicadores e índices de sustentabilidade; a bacia hidrográfica; planejamento ambiental e as Unidades de Conservação; ordenamento territorial; gestão ambiental; cartografia temática, sensoriamento remoto e geoprocessamento;

Procura apresentar os diferentes conceitos e definições utilizados, ao longo dos anos, por diferentes autores e instituições/órgãos.

3.1 Desenvolvimento sustentável

As primeiras ações principiaram nos anos 50, com a Organização das Nações Unidas (ONU) buscando ajuda internacional para as colônias que se tornaram independentes e para os países subdesenvolvidos e em desenvolvimento, porém tal ação não surtiu efeito. Uma década mais tarde, com o contínuo crescimento industrial e econômico, a sociedade em geral pensava ser este um custo ambiental para o bem-estar social. Muitos países subdesenvolvidos e em desenvolvimento receberam inúmeras multinacionais, muitas delas com um potencial poluidor muito grande e que, em seus países de origem, as sanções ambientais coibiram ou proibiram suas atividades.

Somente através dos avanços tecnológicos e da globalização das informações é que o mundo começou a ter consciência do entrelaçamento dos fenômenos naturais e das ações

antrópicas nefastas, advindas do crescimento econômico desenfreado que prejudicavam o meio ambiente terrestre.

A visão estratégica conservacionista mundial foi proposta pela IUCN (1978), a fim de evitar a crescente e desordenada exploração dos recursos naturais, visando ao desenvolvimento sustentado, ancorado em três metas elementares a serem atingidas: a) manter intactos os processos ecológicos essenciais e os sistemas vitais; b) proteger a diversidade genética; c) assegurar o aproveitamento sustentado das espécies e dos ecossistemas (Obara, 1994).

O conceito básico de desenvolvimento sustentável teve um maior aprofundamento com a Comissão Mundial sobre o Desenvolvimento e Ambiente, em 1987, através do relatório intitulado "Nosso Futuro Comum", onde o homem pode satisfazer suas necessidades atuais sem comprometer as gerações futuras, devendo haver harmonia entre o desenvolvimento sócio-econômico, com justiça social nos sistemas de suporte à vida do planeta.

O homem deve saber harmonizar o crescimento populacional e econômico com o ambiental de maneira mais racional e equilibrada.

Segundo Sachs (1993), a terminologia ecodesenvolvimento utilizada por muitos autores tende a ser, paulatinamente, trocada por desenvolvimento sustentável, pois esta surgiu no início da década de 80.

A ONU (1993) apresenta, na declaração do Rio de Janeiro sobre o meio ambiente e o desenvolvimento, alguns princípios que se adaptam ao SsBC com maior propriedade e devem ser motivo de maior preocupação, que são (Caixa 3.1):

Caixa 3.1 - Aspectos da declaração do Rio de Janeiro pertinentes ao SsBC

1 – Os seres humanos são o centro das preocupações relacionadas com o desenvolvimento sustentável, com direito a uma vida saudável, produtiva e harmoniosa com o meio ambiente.

3 – Evoca a equidade do ambiente e do desenvolvimento atendendo as gerações presentes e futuras.

4 – A proteção ambiental deve ser aliada ao processo de desenvolvimento.

5 – Todos os Estados e pessoas devem contribuir para acabar com a pobreza, sendo este elemento imprescindível ao desenvolvimento sustentável.

6 – Os países em desenvolvimento devem ter prioridade, devendo levar em conta os interesses e as necessidades de todos os países.

7 – Os Estados devem colaborar solidariamente para conservar, proteger e restabelecer o equilíbrio do Planeta Terra.

8 – Os Estados devem promover políticas demográficas adequadas com vistas ao desenvolvimento sustentável.

9 – O Estado deve promover a cooperação interna através de pesquisas científicas e tecnológicas com transferências das experiências e tecnologias.

10 – Participação de todos nas questões envolvendo o meio ambiente com tomada de decisões e acesso a todas as informações públicas administrativas e judiciais.

11 – Os Estados devem ter legislações ambientais modernas, conforme a região-alvo requer.

13 – Os Estados devem ter uma legislação nacional para apurar as responsabilidades e prever indenizações às vítimas da poluição.

15 – Os Estados devem se preocupar com a proteção, procurando prevenir os acontecimentos. No caso da falta de certeza científica, medidas preventivas imediatas devem ser tomadas.

16 – O poluidor deve arcar com os custos da poluição.

17 – Deve ser promovida a realização prévia de estudos de impacto ambiental para qualquer atividade com potencial de impacto.

21 – Motivar a juventude do Planeta para que conjuntamente visem à sustentabilidade do meio e assegure um futuro melhor.

22 – Os índios e suas comunidades desempenham um papel fundamental na gestão e desenvolvimento do meio ambiente. Devem ser apoiados pelo Estado na busca do desenvolvimento sustentável.

27 – Deve haver a cooperação de todos com boa fé e solidariedade na aplicação desta declaração.

Preocupações mais recentes, das autoridades brasileiras, estão a cargo da Comissão Política de Desenvolvimento Sustentável, onde são enfocados os desafios, entraves e propostas para a construção da sustentabilidade, segundo a Agenda 21 Brasileira (2000).

Barbieri (1998) comenta sobre a ambigüidade da expressão desenvolvimento sustentável, pois desenvolvimento relaciona-se com o crescimento econômico, e sustentabilidade tem a ver com os recursos renováveis, envolvendo a racionalidade de uso e o fator tempo para inibir a exaustão, pois os recursos não-renováveis são, simplesmente, uma questão de tempo para o seu esgotamento.

A única maneira de realmente haver um desenvolvimento sustentável é através de uma educação ambiental mais incisiva com a diminuição do crescimento populacional, estruturação de frentes de trabalho com remunerações mais justas para diminuir a pobreza. Também deve ser organizado um sistema de avaliação das reais condições das comunidades a fim de orientar um planejamento com ordenamento territorial para um melhor gerenciamento e gestão das bacias hidrográficas.

Para tanto, deve haver um contínuo e constante monitoramento dos processos evolutivos do planeta e interferências humanas mitigadas com a busca, conservação e melhor gerenciamento dos recursos naturais.

Trabalhos que englobam a questão de sustentabilidade, indicadores, índices e desenvolvimento sustentável são vários, para a última década, tais como: Ott (1978); *United Nations* (1994; 1997); Bartelmus (1997); *World Bank* (1997); Hansen e Schrader (1997); DETR (1997); Leisinger (1998); Rothman (1998); PNUD (1996); ABRH (1998); Atkinson (1999), UNEP (1999), Cordani e Taioli (2000), além de outros, assim como inúmeros endereços eletrônicos, porém aqueles que fazem conjunção das idéias, mas sempre com tendência a algum dos parâmetros, seja econômico, social ou ambiental.

Spangenberg (1997), *in*: Spangenberg e Bonniot (1998), faz um inter-relacionamento dos indicadores rumo à sustentabilidade, através de diagramas tetraédricos para a produção industrial através de usos, produção e produtos envolvendo o capital, trabalho, natureza e sociedade (Figura 3.1).

Segundo Spangenberg e Bonniot (*op. cit.*), o desenvolvimento sustentável possui conceito amplo, porém deve possuir indicadores simples, com método de cálculo transparente. Estes autores fazem uma revisão de trabalhos anteriores envolvendo os tipos de capital natural, social, humano e feito pelo homem (produto). Abordam as quatro dimensões da sustentabilidade (ambiental, institucional, social e econômica) e estabelecem conexões para a sustentabilidade econômica, caracterizando sob o enfoque de pressão-estado-resposta.

Isto, na realidade, trata do que outros autores colocam como causa-estado-efeito. Quanto à complexidade, esta só será minimizada com um grande conjunto de questões a fim de minimizar os desvios-padrão pertinentes a cada questionário, pois as bacias possuem características distintas em termos ambientais, morfológicos, econômicos, sociais e institucionais.

A sustentabilidade associada às bacias hidrográficas, em termos de recursos hídricos, está diretamente relacionada ao balanço hídrico, pois apresenta respostas ao desenvolvimento

econômico e social. Sabe-se, porém, que o inter-relacionamento do meio físico, a ocupação humana e o crescimento econômico são dinâmicos ao longo do tempo e com tendências a ampliar os problemas. Isto tudo é resultado do progresso desenfreado que necessita medidas mitigadoras com proteção ambiental dos solos, recursos hídricos, flora e fauna, pois a demanda pela água tende a crescer e sua qualidade, conseqüentemente, a decrescer.

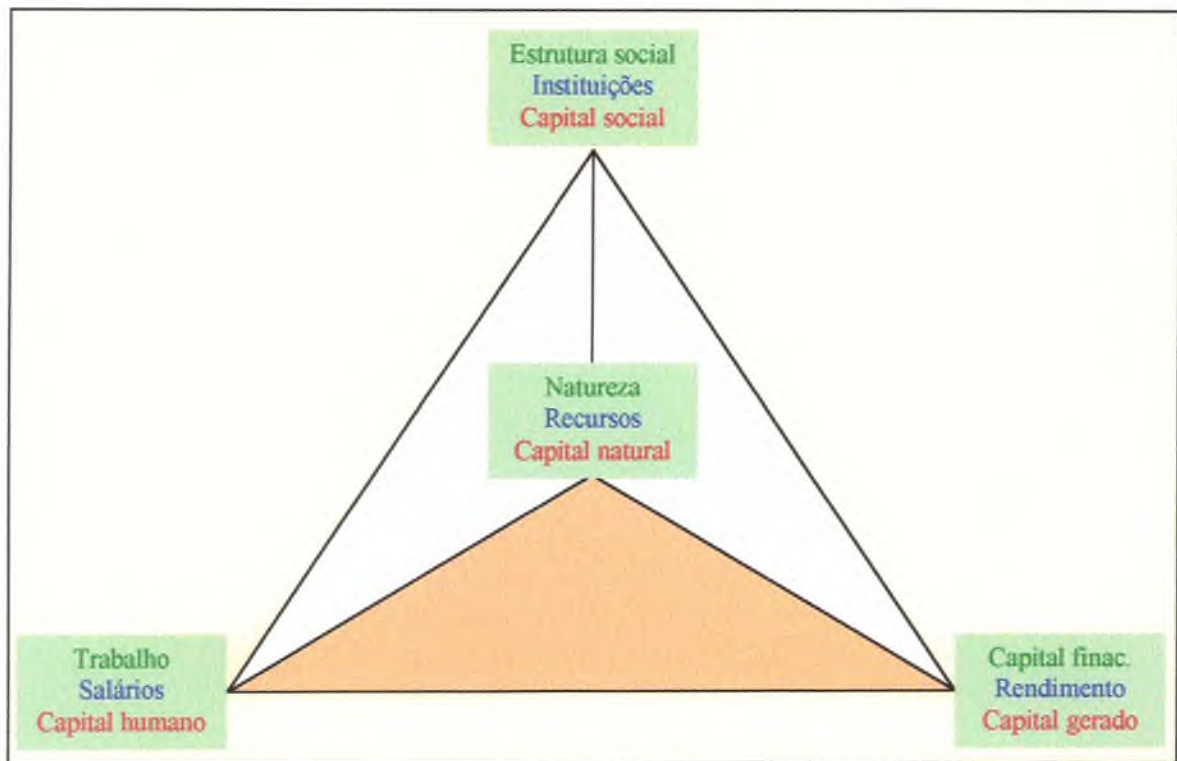


Figura 3.1 - Relações da produção industrial com usos, produção e produtos
(Fonte: modificado de Spangenberg, *in*: Spangenberg e Bonniot, 1998)

Bartelmus (1999a) faz uma abordagem sobre o paradigma ou paranóia relacionada com o desenvolvimento sustentável, porém centra seu principal enfoque no aspecto econômico.

Bartelmus (1999b) faz uma análise das limitações da sustentabilidade, sob as categorias econômica, ecológica e social, apresentando os impactos, medidas e limites para a produção, consumo final e geração de bens. Estas colocações auxiliam, em parte, o desenvolvimento do questionário do banco de dados a ser empregado nesta Tese.

3.2 Bacia hidrográfica como unidade de planejamento

Apesar das várias propostas de compartimentação existentes para bacias hidrográficas, a partir dos instrumentos de gestão do meio ambiente, algumas classificações envolvem escala

territorial e outras regiões geográficas menores. Neste capítulo, é enfocada a abrangência das regiões geográficas, onde se situa a delimitação por bacias hidrográficas, como organizadora dos espaço territorial, sem deixar de levar em consideração a divisão municipal, em função dos aspectos administrativos peculiares a cada região e dados censitário com a qual o município contribui na bacia. Na realidade, a idéia de bacia como unidade administrativa funcional, é a de controlar, regular e dirigir todos "atores" políticos, institucionais, sociais, econômicos e ambientais, com vista a construção de um modelo racional de gestão.

Alguns autores fazem considerações sobre o que é e como se caracteriza uma bacia hidrográfica, conceitos importantes, uma vez que estes servirão de critérios para a delimitação das regiões geográficas estudadas. A seguir, faz-se uma retrospectiva relacionada com a definição de bacias hidrográficas.

Morais (1894) foi quem classificou, pela primeira vez, no Brasil, as bacias hidrográficas, amparado na situação geográfica e na capacidade de navegação dos rios.

Segundo a CEEE (1958), bacia contribuinte é a área que fica à montante de uma seção transversal considerada e que contribui para a alimentação de um curso d'água.

Para Villela e Matos (1975), as características físicas mais importantes de uma bacia hidrográfica são as drenagens formadas pelos tributários e o rio principal.

DNAEE (1976) caracteriza a bacia hidrográfica como "*área de drenagem de um curso d'água ou lago*".

Bacia hidrográfica vem a ser uma área definida morfologicamente, drenada por um ou mais cursos d'água, com sua vazão efluente total drenada por uma saída simples (Viessmann *et al.*, 1977).

As subdivisões do espaço territorial para fins de planejamento e gerenciamento ultrapassam as delimitações político-administrativas municipais, estaduais, nacionais e, até mesmo, internacionais e se constituem em um importante elemento da hidrografia e hidrologia, pois auxiliam no melhor ordenamento e gerenciamento do meio físico.

O *Word Bank* (1978) considera a bacia hidrográfica como "*a área total drenada por um rio e seus afluentes*", praticamente idêntica à conceituação de Guerra (1978), que a define como "*o conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes*". Carvalho (1981) caracteriza-a como "*grandes superfícies limitadas por divisores de água e drenadas por um rio e seus tributários*".

Timmons (1985) considera a bacia hidrográfica ou unidade menor correlata como a unidade hidrológica que fornece uma estrutura adequada para solucionar os problemas advindos das externalidades, “deseconomias” e benefícios.

Brasil (1987) menciona que bacia hidrográfica vem a ser a área total drenada que sustenta uma dada rede hidrográfica, sendo definida também como um espaço geográfico de alimentação dos fluxos d’água de um sistema fluvial hierarquizado.

Para Silveira (1993), dentro de uma visão hidrológica que envolve o balanço hídrico, como uma variante da definição de Viessman *et al.*, (1977), a...

“bacia hidrográfica pode ser considerada um sistema físico, onde a entrada é o volume de água precipitado e a saída é o volume de água escoado pelo exutório, considerando-se como perdas intermediárias os volumes evaporados e transpirados e também os infiltrados profundamente”.

Desta maneira o balanço hídrico pode ser contemplado, desde que existam estações suficientes e dados disponíveis para defini-lo.

O Plano Estadual de Recursos Hídricos para o Estado de São Paulo utiliza os aspectos físicos como elementos de gestão, dividindo as bacias hidrográficas, dando ênfase aos controles de erosão e de inundação (Cunha e Guerra, 1996).

Dentre as várias definições apresentadas para bacias hidrográficas, muitas se repetem com jogo de palavras, mas sem perder a essência original.

Um importante avanço nas negociações e participação comunitária que liga os interesses locais de cada bacia hidrográfica foi a criação dos comitês de bacias, como gestores de primeira instância através da Lei 9.433/97.

Existem vários critérios de planificação do processo de setorização de uma bacia hidrográfica em entidades menores, caracterizadas por interesses particulares de gerenciamento ou para que facilitem o trabalho dentro de uma visão macro e micro do meio físico.

Hidalgo (1987) adota os critérios físico-naturais e os político-administrativos. O primeiro é subdividido em três elementos, denominados de hidrológico, de área e de declividade do curso d’água. O hidrológico considera as drenagens da área de estudo e tem como limites os divisores d’água; o de área relaciona-se à pré-definição de uma determinada área para fins de manejo e planificação; e o de declividade se emprega para as bacias de curso longo e declive variados. O segundo está relacionado com a divisão do território municipal, cabendo as responsabilidades conforme a respectiva proporcionalidade das partes.

Uma das dificuldades relacionadas com a atribuição do devido valor do meio ambiente e sua respectiva preservação e conservação está na escassez de uma análise e integração sistêmica, no âmbito do planejamento, ordenamento e gestão integrada de bacias hidrográficas.

Um importante aporte na estruturação e no processo definidor da bacia hidrográfica como unidade de estudo e discussão, com formulação de um banco de dados, é apresentado nos *Workshops* do Projeto PiraCena em Ferraz *et al.* (1996; 1997). Verifica-se que um dos principais aspectos que devem ser implementados é a atuação efetiva de um maior contingente de integrantes, com uma brigada ambiental, a fim de orientar e/ou coibir as ações nocivas ao meio ambiente.

Tricart (1965), utilizando as escalas de grandeza nos estudos geomorfológicos, subdivide-as em oito ordens, desde a menos detalhada até a de menor valor escalar, porém suas colocações não apresentam limites e dão uma idéia muito ampla. Adaptando esta classificação para bacias hidrográficas, verifica-se que se fazem necessárias somente as da terceira até a sexta ordem de grandeza.

Cendrero (1982) distinguiu três níveis de planejamento territorial: o macroplanejamento, o mesoplanejamento e o microplanejamento.

O macroplanejamento se dá quando a análise do território é feita por estudos e escalas de pouco detalhe, acima de 1:200.000, obtendo-se dados mais gerais e de caráter amplo, permitindo apresentar uma série de recomendações sobre as prioridades do desenvolvimento regional, atividades a serem promovidas ou problemas ambientais a serem considerados.

O mesoplanejamento ocorre quando a análise territorial se enquadra entre as escalas de 1:25.000 a 1:200.000 e envolvem também estudos com a confecção de mapas temáticos.

As caracterizações do meio físico e biótico são obtidas a partir dos estudos geológicos, litológicos, geomorfológicos, pedológicos, edafológicos, climatológicos, hidrológicos, paisagísticos, da fauna, flora e de riscos naturais, com vistas ao inter-relacionamento dos aspectos físicos com as atividades de implantação no território em estudo, como, por exemplo, a demarcação das áreas mais frágeis e de maior interesse para a conservação, localização mais adequada de áreas urbanas, industriais, agrícolas ou de mineração.

O microplanejamento se realiza com a análise territorial mais detalhada, com mapas nas escalas de 1:10.000 ou numericamente menores. É a forma de planejamento que necessita de informações minuciosas, e os dados são com localização precisa e mais adensados ou para

o estabelecimento de um regime específico ou especial de gestão de desenvolvimento do local.

Hidalgo (1987) subdividiu a bacia hidrográfica em quatro níveis semelhantes de setorização:

- a) a bacia, sem limite de área;
- b) a sub-bacia de 1º nível (1.500km² a 3.500km²);
- c) a sub-bacia de 2º nível (300km² a 600km²);
- d) a microbacia (30km² a 120km²).

Moldan e Cerny (1994) apresentam uma visão bastante detalhada, com escala menor do que 5km² em seus estudos biogeoquímicos de bacias hidrográficas.

Singh (1995) faz uma abordagem da escala grande, média e pequena, em quilômetros quadrados, caracterizando com limites arbitrários as áreas, devido aos tipos de dados e respectivas resoluções espaciais. No fundo, trata-se de uma pequena variante da proposição inicial de Tricart (1965).

Apesar de as proposições serem parecidas, umas utilizam as relações de escalas de trabalho e outras usam as áreas em hectares, aqui transformadas em quilômetros quadrados, porém apresentam lacunas, pois a primeira é muito subjetiva, e a segunda, dentro de suas abrangências espaciais, não contempla as dimensões de determinadas sub-bacias ou microbacias hidrográficas. Em função disto, é apresentado um quadro comparativo com a proposição e adaptação dos critérios de setorização (Tabela 3.1).

O uso da classificação de Tricart (*op. cit.*) fica bastante abstrato, sem os limites definidos para os intervalos das escalas, porém abarcam, em um panorama genérico, todo o espectro de escalas, desde as globais até os detalhes relativos às morfologias do relevo. Por isto é que aqui foi empregado somente um grupo das ordens de grandeza das escalas, adaptando à realidade das bacias hidrográficas.

A utilização dos intervalos das escalas e áreas empregadas para a setorização das bacias hidrográficas propostas por Cendrero (1982) e Hidalgo (*op. cit.*) estão relacionadas às áreas de seus países, Espanha e Venezuela, respectivamente, porém, para as dimensões maiores, como o Brasil e outros países, não contemplam determinadas ordens de grandeza. Para nova proposição, qualquer tamanho de bacia (sistema), subsistema, sub-bacia e microbacia poderão ser abarcados, com um amplo espectro de intervalos de escalas.

Tabela 3.1 - Comparação e nova proposição para setorização de bacias hidrográficas

| | | | | |
|---------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Tricart (1965) | < 3ª Grandeza | 4ª Grandeza | 5ª Grandeza | > 6ª Grandeza |
| Escala | > milhares de km ² | Centenas de km ² | Dezenas de km ² | < centenas de m ² |
| Cendrero (1982) | Macroplanejamento | Mesoplanejamento | - | Microplanejamento |
| Escala | > 1:200.000 | 1:25.000 a 1:200.000 | - | ≤ 1:10.000 |
| Hidalgo (1987) | Bacia | Sub-bacia 1º nível | Sub-bacia 2º nível | Microbacia |
| Área (km ²) | Sem limites | 1.500 a 3.500 | 300 a 600 | 30 a 60 |
| Moldan e Cerny (1994) | - | - | - | Bacia muito pequena |
| Escala | - | - | - | < 5km ² |
| Singh (1995) | Bacia grande | Bacia média | Bacia pequena | - |
| Escala | > 1.000km ² | 100km ² a 1.000km ² | < 100 km ² | - |
| Este trabalho | Sistema ou Bacia | Subsistema | Sub-bacia | Microbacia |
| Escala | > 1:200.000 ou > 10.000km ² | 1:200.000 a 1:100.000 ou 10.000km ² - 100km ² | 1: 100.000 a 1:10.000 ou 10km ² - 100km ² | ≤ 1:10.000 ou < 10km ² |
| Número mínimo de Pontos por km ² | < 1 | 1 - 4 | 4 - 25 | ≥ 100 |

(Fontes: citadas na tabela)

Apesar da amplitude imposta para cada forma escalar de planejamento territorial, em uma análise de cunho ambiental e voltada ao desenvolvimento sustentável, faz-se necessário permear de uma escala a outra, para poder se ressaltar alguns detalhes de grande importância ambiental. Muitas vezes, estes não são contemplados na escala objeto ou de atividade. Como exemplo, pode ser citada a indicação exata do local de ocorrência das áreas de mineração e os locais de degradação ambiental, tais como: ravinas, voçorocas e outras, das áreas de balneários, lazer, do desvio da água para irrigação da agricultura e uma série de outras questões relevantes.

A caracterização dos aspectos físicos de uma bacia é o ponto primordial, pois serve de embasamento para as demais áreas que contemplam as ciências ambientais. A obtenção de determinados parâmetros, índices e variáveis subsidiam as análises integradas para iniciar o processo de diagnose do meio ambiente. Villela e Mattos (1977) e Christofolletti (1980) discorrem sobre alguns destes elementos a serem destacados na Caixa 3.2:

Caixa 3.2 - Principais parâmetros, índices e variáveis responsáveis pelo processo de diagnose ambiental

- ❑ para a área de drenagem da bacia, é desenvolvida uma série de cálculos para a obtenção de outros parâmetros;
- ❑ com a forma da bacia, tem-se o tempo de concentração para o escoamento das nascentes para a foz;
- ❑ com o coeficiente de compacidade, que procura igualar o perímetro da bacia com o de um círculo de mesma área com valor unitário, quanto mais distante do maior valor, mais irregular será a forma desta bacia, ampliando-se, com isto, o tempo de concentração;
- ❑ com o fator de forma, existe o relacionamento entre a largura média e o comprimento pela extensão da maior drenagem da bacia, pois uma bacia comprida e estreita implica em um menor tempo de concentração, caracterizada como uma bacia de fator de forma alto e vice-versa;
- ❑ com a ordem dos rios se obtém o grau de segmentações, que, quanto menor o valor, maior será a velocidade de escoamento e vice-versa;
- ❑ com a densidade de drenagem, dada pelo comprimento de todas as drenagens, inclusive as intermitentes e a área de toda a bacia, é possível saber sobre a eficiência desta, pois varia inversamente proporcional com a extensão do escoamento em superfície;
- ❑ com o relevo, este vem a ser o fator que influencia nas condições climáticas e hidrológicas, pois a declividade, temperatura, precipitação e evaporação se modificam em função da maior ou menor energia do relevo, com conseqüente reflexo na velocidade de escoamento das águas superficiais.

A bacia hidrográfica para a gestão ambiental possibilita, em termos de vantagens, ter uma visão integrada da distribuição da água superficial e grande parte da subsuperficial, facilitando a localização de focos de poluição ou degradação ambiental. Vem a ser a unidade de planejamento que está sendo utilizada em todo o Brasil e em várias partes do mundo. Os integrantes dos comitês de bacias, através de seus representantes locais, são os maiores conhecedores das problemáticas locais. Em termos de desvantagens, quando inexitem os comitês gerenciadores de bacias, acontece que: uma única bacia, normalmente, envolve vários municípios; um único município pode ter suas porções limítrofes pertencentes a duas ou mais bacias, havendo necessidade de compartimentação de ações de controle espacial; a água subsuperficial nas áreas-limite da bacia, em função do posicionamento estratigráfico das

camadas rochosas, pode perder ou agregar parte da precipitação pluviométrica por infiltração, ocasionando transposições naturais; portanto, sem estudos estratigráficos locais e geofísicos, fica difícil definir o limite subsuperficial de uma bacia ou outra; os comitês de gerenciamento de bacias hidrográficas devem eliminar ou minimizar a participação de integrantes que tenham interesses em favorecer a si mesmos ou a grupos mais abastados da sociedade, que visam a lucros próprios.

A adoção de bacias hidrográficas como unidades administrativas torna-se mais fácil do que municípios ou ecossistemas, pois, através de ações integradas que ultrapassam os limites municipais, pode ser realizado um gerenciamento envolvendo todos os municípios.

Para superar as dificuldades encontradas deve ser por meio da utilização de instrumentos legais, leis que instituem uma política e o Sistema Nacional dos Recursos Hídricos, como é o caso da Lei 9.433 de 8 de janeiro de 1997, e a vontade dos envolvidos na sua aplicação.

A escala ideal de análise de uma bacia depende diretamente do grau de detalhamento dos estudos abordados na análise. No presente trabalho, serão enfocados escalas macro, meso e micro.

A bacia hidrográfica, dentro de uma visão integrada, deve ser a unidade de caracterização, diagnóstico, planejamento e gestão ambiental, com vistas ao desenvolvimento regional sustentável, pois os impactos ambientais podem ser mensurados e corrigidos mais facilmente. Na realidade, a água vem a ser um elemento integrador dos fenômenos físicos e diluidor e/ou concentrador de benefícios e malefícios.

3.3 Planejamento ambiental e as Unidades de Conservação

A idéia de reservar áreas para planejamento e preservação da natureza surgiu no Brasil com a criação de unidades de conservação: a primeira foi o Parque Nacional Itatiaia, em 1937, seguindo o modelo dos Estados Unidos da América, que o antecedeu em 1872, com o Parque Nacional de *Yellowstone* (IBGE, 1982; Milano, 1989; Eston, 1992). A finalidade primordial destas reservas é a de conservar as áreas silvestres importantes para preservar os recursos naturais, propiciar educação, lazer e manter o equilíbrio ecológico.

Os estudos mais aprofundados, envolvendo o planejamento ambiental na ordenação territorial e sua normatização, dentro dos princípios da sustentabilidade, tiveram início nos

anos 70, apresentados nas pesquisas de Chanlet (1973); Hawley (1974); Davis (1976); e Abelson (1979).

As definições de planejamento ambiental foram aperfeiçoadas com o passar do tempo, com diferentes pontos de vista, em função da formação acadêmico-profissional de cada pesquisador, destacando-se:

- Hackett (1971), que aborda a terminologia “planejamento da paisagem” como a necessidade de reconciliar e incorporar os usos do território com a paisagem;
- Steinitz *et al.* (1974) usam o termo “arquitetura paisagística” com uma forte conotação urbanística;

A abrangência dos termos que encerram as palavras *planejamento* e *ambiental* levam a transcrever e comentar algumas definições:

Lisella (1977) caracteriza o planejamento como...

“o processo ordenado de definir um problema, através da identificação e da análise das necessidades e demandas não satisfeitas que o constituem, estabelecendo metas realistas e factíveis, decidindo sobre suas prioridades, levando os recursos necessários a alcançá-las e prescrevendo ações administrativas para a solução dos problemas, com base na avaliação de estratégias alternativas”.

A “unidade de conservação” é a denominação brasileira para o Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas, empregada em nível internacional e são descritas como: “*áreas definidas pelo poder público, visando à proteção e preservação de ecossistemas no seu estado natural e primitivo, onde os recursos naturais são passíveis de uso indireto sem consumo*” (IUCN, 1978). O principal papel da *The World Conservation Union* (IUCN) foi o de padronizar, em nível internacional, a gestão de áreas protegidas, a fim de facilitar o intercâmbio de experiências, evolução técnica e gerencial, porém no Brasil o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) foi instituído em 18 de julho de 2000 pela Lei 9.985. Por exemplo, as Reservas Antropológicas não fazem parte do SNUC.

As unidades de conservação, além da proteção, devem envolver a preservação das porções territoriais que abrigam áreas com ecossistemas primitivos remanescentes e os seus recursos naturais apresentem um possível uso ou aproveitamento econômico, devendo possuir diferentes restrições conforme a modalidade da área. Na realidade, existem diferentes maneiras de enquadrar estas unidades gerenciadas pelo poder público. Nessas áreas, se encaixam as dez categorias de manejo divididas pelo SNUC, a seguir mencionadas (Caixa 3.3):

Caixa 3.3 - Categorias de manejo propostas pelo SNUC

Art. 7o As unidades de conservação integrantes do SNUC dividem-se em dois grupos, com características específicas:

I - Unidades de Proteção Integral;

II - Unidades de Uso Sustentável.

§ 1o O objetivo básico das Unidades de Proteção Integral é preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais, com exceção dos casos previstos nesta Lei.

§ 2o O objetivo básico das Unidades de Uso Sustentável é compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais.

Art. 8o O grupo das Unidades de Proteção Integral é composto pelas seguintes categorias de unidade de conservação:

I - Estação Ecológica;

II - Reserva Biológica;

III - Parque Nacional;

IV - Monumento Natural;

V - Refúgio de Vida Silvestre.

Algumas destas áreas protegidas incluem-se entre categorias mais restritivas de utilização, denominadas de uso indireto, que não permitem obter benefícios diretos dos recursos naturais. Porém é permissível, para esta área, o desenvolvimento de pesquisas científicas, com a finalidade de manter: os mananciais hídricos, o banco genético, as áreas de recreação e as de educação. Para aquelas de uso direto, é possível a utilização dos recursos naturais, mas de maneira racional, com manejo adequado e produção contínua dos recursos renováveis.

Gómez Orea (1978) denomina de “planejamento ambiental” o processo racional de tomada de decisões, com uma reflexão sobre as condições sociais, econômicas e ambientais que determinam e definem quaisquer ações e decisões futuras.

Ferrari (1979) define planejamento como...

“o método de aplicação contínuo e permanente, destinado a resolver, racionalmente, os problemas que afetam uma sociedade, situada em

um determinado espaço, em determinada época, através de uma previsão ordenada capaz de antecipar suas ulteriores conseqüências”.

Para a Academia de Ciências do Estado de São Paulo ACIESP (1980), o planejamento de bacia envolve “*uso e o tratamento dos solos e águas, tendo em vista a sua utilização e conservação, levando em conta os interesses gerais de uma bacia*”. Este autor deveria contemplar o ar para se tornarem mais completo os estudos.

Segundo Gallopin (1981) planejamento ambiental...

“é a proposta e a implantação de medidas para melhorar a qualidade de vida presente e futura dos seres humanos, através da preservação e do melhoramento do meio ambiente, tanto em seus aspectos localizáveis (espaciais), como não-localizáveis”.

O planejamento ambiental do território enfatiza os aspectos localizáveis e espacialmente representativos, levando em conta, porém, a possível incidência de fatores não-localizáveis.

Cendrero (1982, 1990) e Díaz de Terán (1985) referem-se ao “planejamento territorial” como um exercício intelectual, por meio do qual se analisam fatores físico-naturais, sociológicos, econômicos e políticos de uma zona ou de um país, ou de uma região, ou de um estado, ou de um município, e estipulam-se as formas de utilização do território e de seus recursos na área considerada.

O fator erodibilidade de solos é uma ferramenta importante para o “planejamento conservacionista” e para o uso sustentável dos solos. A resistência dos solos à erosão hídrica apresenta grande amplitude, devido à origem dos mesmos e à variabilidade climática (erosividade das chuvas). As características diferenciadas dos solos refletem-se na sua erodibilidade, que poderá ser acentuada ou atenuada pela posição topográfica, pelo contexto geomorfológico e por outros fatores. *“Isso torna arriscado estimar valores ou mapear a erodibilidade potencial dos solos com base unicamente na classificação pedológica”* (El-Swaify e Dangler, 1982).

Por ser um fator importante, no planejamento ambiental, o item solos será contemplado com uma análise mais detalhada neste trabalho, conforme a metodologia citada no capítulo seguinte.

Para Milano (1989), *“o conjunto organizado de áreas naturais protegidas (unidades de conservação) que, planejado, manejado e gerenciado como um todo é capaz de viabilizar*

os objetivos nacionais de conservação” é definido como “sistema de áreas protegidas” que contam com a proteção de organismos oficiais.

Van Riet e Cooks (1990) aplicam a terminologia “planejamento ecológico” para um modelo de investigação dos valores dos recursos naturais, a fim de assegurar a sobrevivência futura de tais recursos.

Funatura (1992) descreve “unidades de conservação” como porções do território, que incluem as águas territoriais de domínio público ou privado, com características naturais de relevante valor, instituídas, de forma legal, pelo poder público, com fins e limites definidos, sob administração em regimes especiais e com garantias de proteção.

Para Câmara (1993b), os processos menos limitantes na implantação de empreendimentos com fins econômicos são as “Áreas de Proteção Ambiental (APA)”, com o atendimento dos pré-requisitos estabelecidos, sendo normalmente aplicados como processo de gestão os instrumentos de zoneamento ambiental, seja de cunho ecológico ou ecológico-econômico, conforme os planos de manejo e as ações emergenciais que orientam o gerenciamento das unidades de conservação.

Segundo Câmara (1993b), as “Áreas de Relevante Interesse Ecológico (ARIE)” por sua vez abrigam características naturais extraordinárias, regulando a admissão nestes locais com a finalidade de coadunar com a conservação ambiental. Este mesmo autor apresenta as categorias complementares, enquadrando as “Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPN)”, que são propriedades particulares, sem implicar na desapropriação da terra, com condições naturais primitivas, semiprimitivas, recuperadas ou que justifiquem sua recuperação, pelos aspectos de paisagismo ou preservação da flora e fauna.

Souza (1993) refere que o meio ambiente de uma dada região deve ser analisado e monitorado, como elementos básicos da tomada de medidas de intervenções, a fim de manter os níveis desejáveis de qualidade ambiental. O “planejamento de uso e ocupação do solo” está condicionado à real vocação de uma área.

Lanna (1993a) descreve que o “planejamento ambiental” harmoniza os inter-relacionamentos de oferta e usos dos recursos naturais no tempo e o sistema de gerenciamento ambiental, por meio de instrumentos metodológicos, envolvendo leis, decretos, normas e regulamentos que implementam o planejamento do meio ambiente.

Mateo e Mauro (1994) enfocam que as etapas metodológicas para o planejamento de bacias hidrográficas são: organização, inventário, análise, diagnose e elaboração de propostas de execução.

Recatalá (1995) reporta-se ao “planejamento dos usos do território” como uma proposição para harmonizar os vários usos que competem entre si, onde convergem uma séries de variáveis físico-naturais e sócio-econômicas que, conjuntamente, definem um espaço denominado de território. Planejamento territorial é uma disciplina que deve contemplar todos os conhecimentos possíveis sobre os sistemas físicos e biológicos e suas manifestações sócio-econômico-políticas. Com isto, serão reduzidos às deteriorações e alterações, que surgem das atividades antrópicas conflituosas em determinados espaços ambientais.

Hufschmidt (1986), *in*: Basterrechea *et al.* (1996), adota o termo “manejo de bacias” como um processo, um sistema e um conjunto de atividades encadeadas que pode ser sintetizado na figura 3.2.

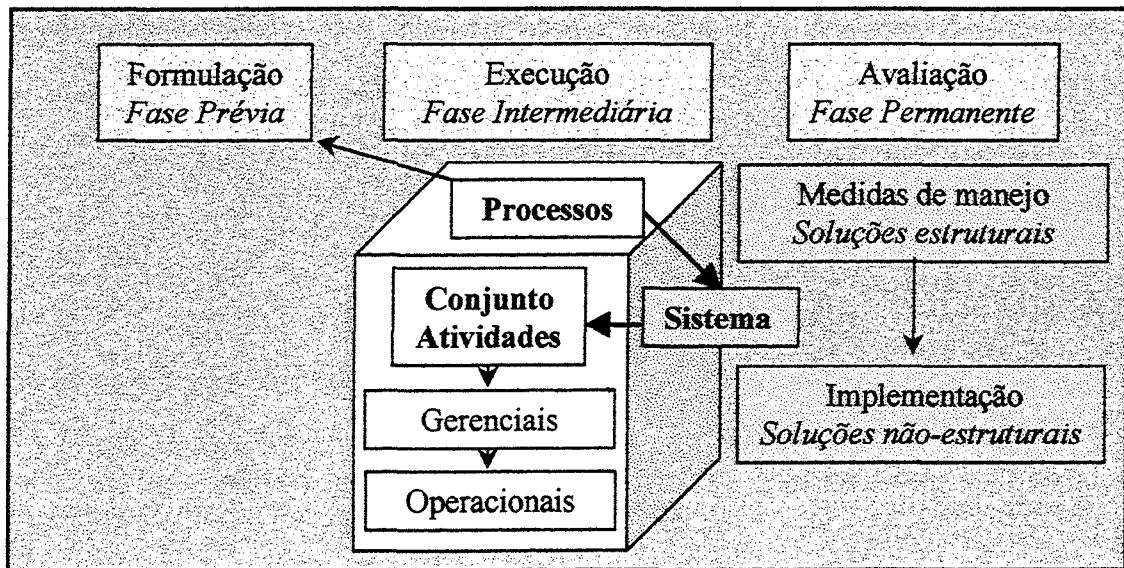


Figura 3.2 - Organograma das fases de manejo de bacias hidrográficas
(Fonte: Elaborado a partir das descrições de Hufschmidt, *in*: Basterrechea *et al.*, 1996)

Fensterseifer e Hansen (1996a) propuseram, informalmente, a denominação de áreas de “destaque ambiental” para aqueles locais que merecem uma maior atenção no aprofundamento de seus estudos e que não estejam sem uma devida recomendação. A intenção é de assegurar que as áreas possuam normas, leis, decretos e outros instrumentos legais específicos que não coíbam, em demasia, determinadas ações de interesse local, municipal ou, até mesmo, dos proprietários da terra. Para estas áreas, segundo os critérios propostos por Hidalgo (1987), se encaixa o físico-natural de área, porém o projeto, como um todo, não deixa de contemplar os limites municipais como subsídio a quem pertence às primeiras ações.

Basterrechea *et al.* (1996) utilizam a denominação “manejo integrado de bacias” para agrupar os conceitos de manejo e desenvolvimento ou aproveitamento.

Segundo o IBAMA/GTZ (1996), os planos de manejo são projetos que se valem do planejamento participativo, gradativo, contínuo e flexível, a fim de permitir que as unidades de conservação sejam compartimentadas em zonas, em função das finalidades e diretrizes elementares para o manejo da unidade.

O plano de manejo antecede o de ação emergencial. Ambos são instrumentos de planejamento. Após, vem o zoneamento, que deve ser entendido como uma interface das pesquisas do meio natural relacionada com a sociedade, necessitando de fatores evolutivos que contemplem os estudos históricos e os prognósticos futuros sobre os usos e a ocupação das terras e dos recursos hídricos. Este plano de manejo deve abarcar os dados abióticos de geomorfologia, geologia, hidrografia, climatologia, pedologia; dados bióticos da flora, fauna; e dados antrópicos com antecedentes históricos, culturais, sítios históricos, arqueológicos, paleontológicos e comunidade indígena, além de elaborar uma análise da qualidade ambiental integrada, levantando dados sócio-culturais de uso da terra, infra-estrutura existente, comunidades instaladas no interior e imediações, situação agrária/fundiária e atividades econômicas.

Os programas de manejo ambiental devem contemplar a proteção, o manejo dos recursos, o monitoramento, a pesquisa científica, os usos públicos de recreação e lazer, interpretação, educação ambiental, relações públicas e extensão, envolvendo administração e manutenção, com conscientização da população do entorno, elaboração de um controle ambiental com cooperação institucional e integração participativa da sociedade.

Lanna (1995; 1997) retrata o “planejamento ambiental” como um estudo prospectivo que visa à adequação do uso, controle e proteção do ambiente às aspirações sociais e/ou governamentais expressas, formal ou informalmente, em uma política ambiental, através da coordenação, compatibilização, articulação e implementação de projetos de intervenções estruturais e não-estruturais, ou seja, a promoção da harmonização da oferta e do uso dos recursos ambientais no espaço e no tempo.

De acordo com o ACIESP (1997), planejamento ambiental vem a ser:

“o conjunto de projetos visando à utilização racional de recursos do planeta e à boa qualidade de vida para as populações humanas em geral”.

Brasil (1997), através da Lei 9.433 de 08 de novembro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, define que a “unidade de planejamento” vem a ser a bacia

hidrográfica, pois a água é um recurso da natureza finito e vulnerável, com diferentes usos, e que os eventuais confrontos devem ser mediados por meio de uma gestão participativa e descentralizada.

Becker e Egler (1997) consideram o ZEE como um delimitador do território, envolvendo os aspectos ecológicos, ambientais e sócio-econômicos. Estes autores classificam o território em zee, mostrando uma relação das áreas com baixa potencialidade e vulnerabilidade, podendo estas ser expandidas. Áreas com baixa potencialidade e alta vulnerabilidade devem ser conservadas; áreas de alta potencialidade e baixa vulnerabilidade são consideradas consolidadas com produção; e as de potencialidade e vulnerabilidade altas devem ser recuperadas, pois se tratam de áreas críticas. A potencialidade, acima referida, está relacionada com a sócio-economia, e a vulnerabilidade, com a erosão natural.

Para Schubart (2000), o ZEE vem a ser dos instrumentos a serem utilizados nas ações político-administrativas, importante na tomada de decisões sobre o planejamento regional.

Em termos da análise ambiental para as zee, os diversos elementos ponderadores do desenvolvimento social estão sendo modelados em classes, delimitando situações da máxima instabilidade até a máxima estabilidade ambiental, representado espacialmente em mapas de vulnerabilidade natural.

A potencialidade social é considerada um complemento indispensável, além da avaliação da vulnerabilidade natural para a integração ecológico-econômica, imprescindível ao zoneamento. A potencialidade deve levar em conta a capacidade das unidades territoriais político-administrativas, municípios e distritos, em termos de estruturação da coleta, organização e divulgação de dados.

Schubart (2000) propõe que o ZEE seja o produto da ação técnica sobre o meio ambiente, aliada à implantação do processo político-administrativo. Em suma, não vale somente o conhecimento científico do meio, sem a devida implementação do sistema associado aos administradores públicos e interessados na temática.

Pela importância que o assunto requer e pelos relacionamentos diretos com o ZEE, serão apresentados alguns artigos da Resolução do CONAMA nº 010, de 14 de dezembro de 1988 (Caixa 3.4):

Caixa 3.4 - Artigos da Resolução do CONAMA nº 010 relativos ao ZEE

| |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Artigo 1º - que as Áreas de Proteção Ambiental (APA) são unidades de conservação, destinadas a proteger e conservar a qualidade ambiental e os sistemas naturais ali existentes, |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

visando à melhoria da qualidade de vida da população local e também objetivando a proteção dos ecossistemas regionais.

Artigo 2º - Visando atender aos seus objetivos, as APA terão sempre um zoneamento ecológico-econômico.

Parágrafo Único - O zoneamento acima referido estabelecerá normas de uso, de acordo com as condições locais bióticas, geológicas, urbanísticas, agro-pastoris, extrativistas, culturais e outras.

Artigo 5º - Nas APA onde existam ou possam existir atividades agrícolas ou pecuárias, haverá Zona de Uso Agro-pecuário, nas quais serão proibidos ou regulados os usos ou práticas capazes de causar sensível degradação do meio ambiente.

§ 1º - Para os efeitos desta Resolução, não é admitida nessas Zonas a utilização de agrotóxicos e outros biocidas que ofereçam riscos sérios na sua utilização, inclusive no que se refere ao seu poder residual. O Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais (IBAMA) relacionará as classes de agrotóxicos de uso permitido nas APA.

§ 3º - Não será admitido o pastoreio excessivo, considerando-se como tal aquele capaz de acelerar sensivelmente os processos de erosão.

Artigo 6º - Não são permitidas nas APA as atividades de terraplanagem, mineração, dragagem e escavação que venham a causar danos ou degradação do meio ambiente e/ou perigo para pessoas ou para a biota.

Parágrafo Único - As atividades acima referidas, num raio mínimo de 1.000 (mil) metros no entorno de cavernas, corredeiras, cachoeiras, monumentos naturais, testemunhos geológicos e outras situações semelhantes, dependerão de prévia aprovação de estudos de impacto ambiental e de licenciamento especial pela entidade administradora da APA.

Artigo 7º - Qualquer atividade industrial potencialmente capaz de causar poluição, além da licença ambiental prevista na Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, deverá também ter uma licença especial emitida pela entidade administradora da APA.

Artigo 8º - Nenhum projeto de urbanização poderá ser implantado numa APA, sem a prévia autorização de sua entidade administradora. Que exigirá:

- adequação com o zoneamento ecológico-econômico da área;
- implantação de sistema de coleta e tratamento de esgotos;
- sistema de vias públicas, sempre que possível, e curvas de nível e rampas suaves com galerias de águas pluviais;

- ❑ lotes de tamanho mínimo suficiente para o plantio de árvores em pelo menos 20% da área do terreno;
- ❑ programação de plantio de áreas verdes com uso de espécies nativas;
- ❑ traçado de ruas e lotes comercializáveis com respeito ao relevo com inclinação inferior a 10%.

Artigo 9º - Nos loteamentos rurais, os mesmos deverão ser previamente aprovados pelo INCRA e pela entidade administradora das APA.

Artigo 10º - A vigilância da APA poderá ser efetuada mediante termo de acordo entre a entidade administradora do Poder Público e organizações não-governamentais aptas a colaborar e de reconhecida idoneidade técnica e financeira.

Aspectos e fontes relativos às leis ambientais são apresentados na Caixa 3.5:

Caixa 3.5 - Fontes de pesquisa sobre a legislação ambiental

Carvalho (1999) apresenta, em sua obra, as leis, decretos, portarias e jurisprudências referentes à legislação ambiental brasileira atualizada até agosto de 1998, tratando dos aspectos legais da Política Nacional do Meio Ambiente, do Patrimônio Natural, Histórico e Artístico, dos Ecossistemas, dos Indígenas, das Águas, Solos, Fauna, Pesca e Flora, além de outros sem maior interesse para este trabalho.

Outros locais de pesquisa sobre a legislação federal ambiental podem ser obtidos no *site* <http://www2.mma.gov.br/scripts/port/cgmi/lfa/lfa.idc>, onde são apresentadas as disposições sobre temas de interesse; e a legislação estadual do RS pode ser adquirida através da Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler (FEPAM), no endereço eletrônico <http://www.fepam.rs.gov.br/legisrs/html>, onde são apresentadas as leis, decretos, portarias, leis complementares, decretos legislativos, resoluções do Conselho Estadual do Meio Ambiente, Resoluções do Conselho de Administração da FEPAM e Normas Técnicas (MMA, 1999; Rio Grande do Sul, 1999).

Carvalho (*op. cit.*) publica a Lei 9.605 promulgada, que trata dos crimes ambientais, de 12 de fevereiro de 1998, a fim de coibir os impactos ambientais, no sentido corretivo e preventivo, caracterizando como crime o lançamento de dejetos poluentes na água, e inclui a medida provisória 1.170, de 7 de agosto de 1998, que altera a Lei de Crimes Ambientais com mais eficiência e transparência. Segundo um ponto de vista preventivo, tem-se a Lei 6.938, de

31 de agosto de 1981, instituidora da Política Nacional do Meio Ambiente, assim como os regulamentos e resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) que regulamentam esta Lei.

Em uma visão moderna da geologia voltada ao planejamento do meio ambiente, trabalhos como o de Bigarella e Mousinho (1965) e Ter-Stepanian (1988) apoiaram as colocações de Peloggia (1997) apresentando a “Geologia do Tecnógeno”, onde correlacionam os elementos geológicos como processos naturais do meio e a ação antrópica como fatores tecnogenéticos, os quais incluem as alterações e modificações geomorfológicas, devido às atividades de mineração, retificação de canais fluviais, terraplanagens, mau uso da terra (erosão, ravinas, voçorocas), além de outros influenciados pela geomorfogênese, pedogênese e sedimentogênese atuais. Um dos trabalhos, dentro desta linha, com enfoque na geologia urbana, aplicados à Bacia Hidrográfica do Rio Camaquã (BHRC), foi desenvolvido por Cardoso e Campos (1995).

Ross (1998) utiliza a denominação “Unidades dos Sistemas Ambientais Naturais” com a divisão em quatro níveis, envolvendo as zonas fitoclimáticas, morfo-estruturais, morfo-esculturais e os padrões fisionômicos nas bacias dos rios Cuiabá e Paraguai, salientando a importância do relevo na análise ambiental integrada do meio ambiente.

Para abranger todos estes itens que, segundo os diversos autores citados, devem ser levados em consideração e são de extrema importância para o planejamento ambiental, deve ser criado e estruturado um banco de dados para a análise e integração destes que englobam os aspectos sociais, econômicos e ambientais.

O planejamento ambiental, em termos de conceito, sobrepõe-se ao desenvolvimento sustentável, pois toda área que sofre um planejamento ou se constitui em uma unidade de conservação não deixa de ser uma reserva estratégica para as gerações futuras. Desta maneira, o meio ambiente é gerenciado, fiscalizado e preservado das ações degradadoras.

A atuação dos diversos setores, órgãos e instituições envolvidas no planejamento participativo, tendem ter interesses próprios, e normalmente, estes são diferenciados de uma bacia para outra, ou seja, da unidade idealizada de planejamento, pois distintos interesses fazem com que se originem interesses diferentes, gerando, muitas vezes, conflitos, que deverão ser administrados de maneira igualitária a fim de contemplar os aspectos sociais, econômicos e ambientais.

3.4 Ordenamento territorial

Na concepção do autor o ordenamento territorial de uma bacia hidrográfica constitui-se em um exercício de reflexão, que procura estabelecer normas para o uso adequado daquela região, respeitando sua vocação natural, a partir da caracterização do meio físico, biológico e sócio-econômico-político-cultural, porém existe uma série de colocações na literatura, que corroboram com esta colocação e outras se confundem com planejamento, gerenciamento e até mesmo com gestão ambiental.

Segundo Schubart (2000) existem discussões de vários autores, sobre a vocação de uma determinada região, que acabam esbarrando no antropocentrismo; outros sobre a necessidade de estudos detalhados da natureza envolvida; e ainda, existem colocações de que território não é a questão mais importante que determina o que se faz sobre o mesmo.

A ordenação territorial, visando ao planejamento e à gestão, vem a ser o zoneamento ambiental, como instrumento da Política Nacional do Meio Ambiente, sendo que, pela primeira vez foi empregado na Legislação Federal Ambiental (Lei Nº 6.938, de 31 de agosto de 1981).

Vários autores apresentam terminologias diferentes para o ordenamento territorial, porém com significados similares, tais como: “*land facet*”, de Brink *et al.* (1965); “*site*”, de Christian e Stewart (1968); “espaço de terreno”, de Amandier (1973); “tipo ecológico”, de Fedoroff (1974); “*land type*”, de Godfrey (1977); “tipos fisiográficos”, de Gómez Orea (1978); “zoneamento”, de Ferrari (1979); “unidade de paisagem”, de Boluda *et al.* (1984); “área espacialmente heterogênea”, de Forman e Godron (1986); “ecodesenvolvimento”, de Sachs (1986); “ecologia de paisagens”, de Turner *et al.* (1989) e de Leser e Rodd (1991); “ciência da informação geográfica”, de Goodchild (1992); além dos novos paradigmas da “sustentabilidade agroecológica”, de Goodland, Daly e Serafy (1993); “macrozoneamento”, Souza (1993); “efeitos padrões espaciais e os processos ecológicos”, de Pickett e Cadenasso (1995); “zoneamento geoambiental”, de Silva (1995); “zoneamento ecológico”, de Koffler, Olivetti e Antonello (1996); “áreas de destaque ambiental”, de Fensterseifer e Hansen (1996a), e zoneamento ecológico-econômico, de Ab'Saber (1989); Schubart (1994); e Becker e Egler (1997).

Dentre estes, cabe comentar alguns trabalhos:

Para Sahop (1978), a ocupação do solo é entendida como...

“a ação ou efeito de ocupar o solo, tomando posse física do mesmo, para resolver uma determinada atividade produtiva ou de qualquer

índole, relacionada com a existência concreta de um grupo social, no tempo e no espaço geográfico”.

A Carta dos Andes, *apud* Ferrari (1979), descreve que o zoneamento...

“é o instrumento legal de que dispõe o poder público para controlar o uso da terra, a densidade de população, a localização, a dimensão, o volume dos edifícios e seus usos específicos, em prol do bem estar social”.

Sachs (1986) conceitua o ecodesenvolvimento com necessidades de soluções de curto e de longo prazo, pois cada ecorregião deve tentar resolver seus próprios problemas a partir dos dados ecológicos, aliados aos culturais.

A ecologia de paisagens vem a ser as bases científicas para o planejamento, o manejo, a conservação e o desenvolvimento dos territórios, com base em Leser e Rodd (1991).

Na classificação taxonômica do relevo, as atividades antrópicas, da área de estudos, se enquadram dentro dos seguintes *táxons*, conforme Ross (1992) (Caixa 3.6):

Caixa 3.6 - Táxons do relevo segundo as atividades antrópicas

- sexto: *“as formas menores produzidas pelos processos ou por depósitos atuais, destacando-se as voçorocas, ravinas, cicatrizes de deslizamentos, bacias de sedimentação atual, assoreamentos frutos dos processos morfogenéticos atuais e quase sempre induzidos pelo homem”, ou “as pequenas formas de relevo que se desenvolvem por interferência antrópica ao longo das vertentes”;*
- quinto: *“as formas de relevos contidas em cada forma de relevo: encostas terraplenadas, mineradas e aterros”;* e
- quarto: *“incorpora as planícies fluviais aterradas e dos morrotes artificiais, como os grandes aterros sanitários”.*

Varela (1992) considera para efeitos de ordenação territorial o espaço geográfico natural da bacia hidrográfica como elemento ideal.

O macrozoneamento é entendido como...

“o estudo das características e o conhecimento das vocações naturais e da capacidade de suporte dos meios físico, biológico e antrópico com vistas a subsidiar planos, projetos e ações de gestão ambiental que buscam conciliar o desenvolvimento social, econômico e a qualidade ambiental”. (Souza, 1993).

Goodland, Daly e Serafy (1993) apresentam novos paradigmas da sustentabilidade agroecológica, abordando as dinâmicas do espaço geográfico e muitas possibilidades de aplicações práticas no planejamento e manejo dos recursos renováveis e não-renováveis, sem deixar de levar em consideração os problemas ambientais.

Segundo Gómez Orea (1994), entende-se por ordenamento territorial a projeção, no espaço, das políticas social, cultural, ambiental e econômica de uma sociedade. Ordenar o território significa vincular as atividades humanas a estes aspectos.

Para a Carta Européia, a ordenação territorial representa uma disciplina científica e uma técnica administrativo-política, idealizada para atuar de maneira interdisciplinar e global, cujo objetivo é um desenvolvimento equilibrado das regiões e a organização física do espaço, segundo um plano diretor. O referido texto assinala que a ordenação territorial deve contar com a participação de todos os indivíduos de maneira democrática, integradora e coordenadora de políticas e administrações setoriais, englobando os aspectos envolvidos; que seja adaptável às várias consciências regionais de modo funcional; deve levar em consideração as tendências e a evolução, em longo prazo, dos aspectos econômicos, sociais, culturais e ambientais que incidem sobre o território considerado de forma prospectiva.

Os objetivos básicos de ordenação territorial apontados na carta, acima mencionada, são (Caixa 3.7):

Caixa 3.7 - Objetivos elementares do ordenamento do território segundo a Carta Européia

- a organização coerente, entre si e com o meio, das atividades desenvolvidas em um espaço físico, de acordo com um critério de eficiência. Com base nas atividades de meio biótico, abiótico, antrópico e o correspondente diagnóstico do cenário ambiental a partir das avaliações inter-relacionadas destas áreas temáticas;
- equilíbrio da qualidade de vida dos diferentes âmbitos territoriais, de acordo com um princípio de equidade. Envolve o planejamento, que orienta, regulamenta, sugere, aponta e define normas, regras e procedimentos para proteger, preservar, conservar usar adequadamente e racionalmente o território e os seus recursos naturais; e
- a integração dos distintos espaços territoriais em áreas de amplitude maior, de acordo com o princípio de hierarquia e de complementaridade. Relaciona-se à gestão, que aplica, implementa, administra e controla o que foi estabelecido no planejamento.

A equidade é entendida como a distribuição dos bens ambientais numa bacia hidrográfica, onde a comunidade apresenta critérios de igualdade e de moderação.

Silva (1995) utiliza a terminologia zoneamento geoambiental, que diagnostica os recursos do meio natural, fatores sócio-econômicos e o suporte físico-biótico, pois considera de abrangência mais ampla o termo “ambiental”.

Koffler, Olivetti e Antonello (1996) empregam o termo zoneamento ecológico para o estabelecimento das diversas utilizações relativas ao levantamento da aptidão agrícola das terras e a implantação de culturas específicas, assim como a obtenção da capacidade de usos da terra relaciona-se com as medidas práticas de conservação.

A denominação “Áreas de Destaque Ambiental” foi proposta no projeto “Caracterização, Diagnóstico e Planejamento da Bacia de Drenagem do Rio Camaquã” (Fensterseifer e Hansen, 1996). Esta nomenclatura foi sugerida para representar os setores dentro da BHRC, que se diferenciam pelas suas características físicas, biológicas e antrópicas, com seu respectivo inter-relacionamento e por evidenciarem as alterações do sistema ambiental, ocasionadas pelos usos da terra. O conhecimento do meio natural e das atividades humanas permite estabelecer as prioridades que devem ser impostas para reduzir ou solucionar os problemas ambientais destas áreas de destaque. O motivo da utilização desta nomenclatura informal fundamenta-se na simplicidade, flexibilidade e procura buscar a expressão aproximada da realidade.

As terminologias adotadas normalmente em trabalhos de ordenamento territorial se mostram impróprias para o caso em questão, pois a “unidade ambiental” relaciona-se a uma área com certa uniformidade, em relação à distribuição dos elementos ou componentes do meio ambiente, o que não se manifesta nestas áreas consideradas. Alguns autores empregam a “unidade geoambiental” para áreas que apresentam uma base geológica aliada a uma ambiental, num sistema de cruzamento das informações. São, portanto, unidades constituídas por um ou mais ecossistemas, que se aplicam em parte e não na totalidade da bacia. É possível, no entanto, encontrar uma ou mais unidades integrando uma área de destaque ambiental, ou seja, equivale à menor porção territorial que compartilha um mesmo funcionamento eco-antrópico.

O emprego de técnicas de trabalho em equipe, através das interpretações dos dados analíticos laboratoriais e de campo, bio-físico-químicos e antrópicas das áreas de estudo, com conotação ambiental, permitem formar opiniões de caráter inter e multidisciplinar, com vistas à impessoalidade no trato das questões ambientais.

A consideração da delimitação espacial das áreas de destaque ambiental não pode ser estanque no tempo, pois o crescimento demográfico e uma série de outras variáveis de ordem natural ocasiona modificações nos elementos da paisagem que requerem, com o passar do tempo, a retomada dos estudos para um reenquadramento espacial mais adequado. Tais modificações são: a ampliação dos núcleos populacionais; novas estradas; lavouras; desmatamentos; mineração; obras de engenharia; além dos processos erosivos; inundações; secas; vendavais; e muitos outros modificadores da geomorfologia.

Segundo o artigo 3º da Lei Estadual nº 10.350, que trata da...

“gestão dos recursos hídricos se dará pelo ordenamento territorial, objetivando desenvolvimento econômico e social com a proteção do meio ambiente”. (Rio Grande do Sul, 1996).

Tardivo e Gardiol (1996) reportam que áreas urbanas e rurais atingidas por inundações ocasionam impactos econômicos e sociais, modificando naturalmente a ordem territorial do ambiente.

Neves e Condessa (1996) reforçam a importância do sistema de informações geográficas e da cartografia temática como um potente instrumento ao planejamento e ao ordenamento territorial.

Conforme o ACIESP (1997), a ordenação vem a ser a (Caixa 3.8):

Caixa 3.8 - Tópicos da definição da ordenação

- *organização dos elementos de um conjunto de acordo com uma relação de ordem, com a qual geralmente se atribuem a todo elemento um antecedente e um sucessor;*
- *processo pelo qual as comunidades vegetais ou animais são ordenadas ao longo de um gradiente; e*
- *método de análise numérica usado para reunir comunidades ou unidades taxonômicas semelhantes, representando-as por pontos em um espaço multidimensional, tal que as distâncias entre os pontos estão inversamente relacionadas às semelhanças.*

A confecção de mapas de riscos representando as áreas, com vários graus de fragilidade são importantes no processo de definições mais acuradas da ordenação territorial. A cartografia digital temática permite uma melhor observação espacial da crescente ocupação,

a fim de avaliar os impactos econômico-social e ambiental referentes ao ordenamento territorial.

3.5 Gestão ambiental

A gestão dos recursos hídricos com seus múltiplos usos, distribuição temporal e espacial irregular está diretamente relacionada com o gerenciamento de bacias hidrográficas com vistas à sua sustentabilidade.

Para Selden *et al.* (1973), gestão...

“é a condução, a direção e o controle pelo governo do uso dos recursos naturais, através de determinados instrumentos, o que inclui medidas econômicas, regulamentos e normalização, investimentos públicos e financiamentos, requisitos interinstitucionais e judiciais”.

Para Chanter e Owen (1976), o aspecto mais importante na implantação de uma unidade de conservação vem a ser a preservação da biodiversidade, e um dos métodos de medir a importância de uma área de conservação é pela quantidade e grau de satisfação dos visitantes, em função da maior ou menor biodiversidade. Esta dependência facilita ou não a mobilização social em favor da sua conservação.

O *Interim Mekong Committee* (1982) define gestão ambiental como a...

“tentativa de avaliar valores limites das perturbações e alterações que, uma vez excedidas, resultam em recuperação bastante demorada do meio ambiente, e de manter os ecossistemas dentro de suas zonas de resiliências, de modo a maximizar a recuperação dos recursos do ecossistema natural para o homem, assegurando sua produtividade prolongada e de longo prazo”.

No Brasil, um dos primeiros trabalhos envolvendo a gestão, através de um plano integrado dos recursos hídricos, foi apresentado nos trabalhos do Departamento Nacional de Obras de Saneamento (1985).

Existe uma divisão das unidades de conservação denominadas de "uso sustentável" e de "proteção integral", que não ficam claras e deixam de contemplar as diferentes categorias de manejo, além de não inserirem a grande diversidade de ecossistemas existentes no Brasil, ressaltando-se a falta das formações associadas ao ambiente transicional costeiro, sem levar em conta a grande extensão do perímetro costeiro de nosso país, modificado de Milano (1989).

Lanna *et al.* (1990) e Lanna (1995) mostram que o gerenciamento apresenta uma ampla abrangência, apresentando os inter-relacionamentos e as dificuldades em função da própria sobreposição dos vários gestores de diferentes órgãos nacionais, estaduais e, até mesmo, municipais. As cinco funções são relativas ao:

- gerenciamento dos usos setoriais da água (GERUSA);
- gerenciamento interinstitucional (GERINT);
- gerenciamento das intervenções em bacias hidrográficas (GERIBA);
- gerenciamento da oferta da água (GEROFA); e
- gerenciamento ambiental (GERAMB).

Lanna *et al.* (1990) descrevem que o gerenciamento dos recursos hídricos é função das ações do poder público, com vistas aos usos adequados, medidas de controle e proteção das águas, conforme as aspirações da sociedade.

Oliveira (1990) menciona que os processos geológicos atuais devem levar em conta as profundas modificações que vêm sendo causadas pelo homem, frente aos impactos no meio físico, devido às atuais formas de ocupações e usos do solo.

Para Funatura (1992), quem integra as unidades de uso sustentável são: as Estações Ecológicas, os Parques, os Monumentos Naturais e os Refúgios da Vida Silvestre, sem previsão do uso direto de seus recursos. Milano (1989), através do zoneamento, subdivide os Parques em zonas intangíveis primitiva, histórico-cultural, de uso extensivo, de uso intensivo, de uso especial e de recuperação.

A Lei 9.985, de 18 de julho de 2000, instituidora do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) vem a ser um importante instrumento de proteção ambiental, com normas que permitem a criação e a gestão das unidades de conservação.

A gestão ambiental está integrada pela política ambiental, que procura contemplar as aspirações da sociedade e/ou do governo, conforme Lanna (1993b).

Para Câmara (1993b), o plano de gestão ambiental se ampara na Resolução do CONAMA n° 010/88 que vem a ser um instrumento de planejamento das APA, visando à conservação do meio ambiente e utilização sustentável dos recursos naturais, com base no zoneamento ambiental e nas diretrizes gerais de uso e ocupação, e efetivada por meio de programas específicos de educação ambiental, controle e monitoramento, fiscalização, extensão rural, manejo sustentado, recuperação de áreas degradadas e desenvolvimento tecnológico para reorientação das atividades econômicas.

CONAMA (1993) aponta nova diretriz a partir da Resolução do CONAMA nº 20/86, quanto ao enquadramento das águas, com novas classes e padrões ambientais, e a responsabilidade pelo processo passou a ser do órgão ambiental estadual, a FEPAM.

A gestão ambiental prevê o inter-relacionamento da oferta de recursos naturais e das pressões pela demanda humana sobre estes. (Lanna, 1994).

Balastreire (1994) descreve que a agricultura de precisão, atualmente, envolve técnicas sofisticadas de posicionamento por satélites, sistemas geográficos de informação, equipamentos para a introdução de sementes, aplicação de fertilizantes e pesticidas com taxa variada, mapeamento da fertilidade do solo, monitoramento e mapeamento da produtividade, sensoriamento remoto, geoprocessamento e outras técnicas que propiciam maior produtividade e controle no uso da terra. Porém, para Paice, Miller e Day (1996), o único benefício direto e almejado pelo produtor é o econômico, pela redução devida à aplicação localizada de insumos. Isto, indiretamente, beneficia o meio ambiente pela diminuição na aplicação de insumos, reduzindo, consideravelmente, os impactos ambientais advindos das atividades agrícolas (Goering, 1993).

Um importante instrumento no processo de gestão físico-territorial vem a ser o cadastro técnico multifinalitário rural, recentemente introduzido no Brasil, segundo Silva e Loch (1994).

Conforme Basterrechea *et al.* (1996), a gestão voltada ao manejo de bacias hidrográficas envolve gerenciamento técnico, administração, aspectos legais, financeiros e econômicos que possuem etapas prévias, intermediárias e permanentes de manejo de bacias. Para estes autores, o manejo de bacias hidrográficas necessita de um conjunto de ações indiretas sobre o meio ambiente, não-estruturais, que são antecedidas por uma fase direta de ordem administrativa; e estrutural, com etapas operativas e físicas, com vistas à modificação, utilização ou proteção, ao desenvolvimento sustentável e ao seu aproveitamento.

Rio Grande do Sul (1996) instituiu o Sistema Estadual de Recursos Hídricos, através da Lei 10.350, de 30 de dezembro de 1994, incluindo novos elementos no processo de enquadramento. O artigo 171º, desta lei, define que a “*bacia hidrográfica é a unidade básica de planejamento e gestão, observados os aspectos de uso e ocupação do solo*”. Os comitês de bacias hidrográficas tornaram-se também responsáveis pela elaboração da proposta de enquadramento, a partir de subsídios técnicos dados pelas agências de bacias hidrográficas e do levantamento dos anseios das comunidades envolvidas.

Biswas (1996) coloca que os projetos relacionados com a água devem contemplar a sustentabilidade social, econômica e ambiental através da utilização mais eficiente dos recursos hídricos.

A Lei 9.433, de 08 de janeiro de 1997, institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, que tem por objetivos: assegurar disponibilidade e qualidade das águas para as gerações atuais e futuras; vislumbrar a utilização dos recursos hídricos, com vistas ao desenvolvimento sustentável; e ação de prevenção ou defesa dos eventos hidrológicos catastróficos naturais ou de origem antrópica.

Fraisse, Sudduth e Kitchen (1997) prevêem que as técnicas de manejo do futuro, envolvendo aplicação de modelos de simulação matemáticos, fisiológicos e hidrológicos, serão estruturadas com base na utilização conjunta de técnicas de monitoramento das condições do solo e da cultura em campo, pois em função das condições de manejo, solo e clima, é possível obter uma maior aproximação da melhor produtividade.

Segundo o ACIESP (1997), entende-se por manejo...

“a aplicação de programas de utilização dos ecossistemas naturais ou artificiais, baseada em teorias ecológicas sólidas, de modo que mantenha da melhor forma possível as comunidades vegetais e/ou animais como fontes úteis de produtos biológicos para o homem e, também, como fontes de conhecimento científico e de lazer. A orientação de tais programas deve garantir que os valores intrínsecos das áreas naturais não sejam alterados para o desfrute das gerações futuras. O manejo correto exige primeiro o conhecimento profundo do ecossistema para o qual ele é aplicado. O manejo é dito de flora, de fauna ou de solo quando a ênfase é dada aos recursos vegetais, animais ou de solo. Quando todos os componentes do sistema têm a mesma importância, diz-se tratar de manejo ambiental”.

Este conceito é tratado por muitos autores como sinônimo de gestão do meio ambiente.

Bakkes *et al.* (1997) refere que é nas bacias hidrográficas que deve haver a gestão integrada. Deve haver conhecimentos sobre a quantidade e a qualidade e os respectivos custos como formas de diminuir os problemas sociais que advirão dos reflexos sociais, econômicos e ambientais.

Para a ACIESP e FEPAM, a terminologia gestão ambiental é sinônima de manejo ambiental e, para outros trabalhos, vem a ser o gerenciamento. Verifica-se que a grande diversidade de conceitos, muitas vezes mal empregada, ocasiona confusões em nível de interpretação, com diferentes significados, devido às diversas ciências envolvidas.

Segundo Miller (1997), a utilização da terminologia gestão biorregional serve de base para a formulação e execução da gestão ambiental, através da subdivisão das biorregiões em unidades de planejamento que deverão ser pesquisadas, a fim de identificar os níveis de manejo mais adequados a serem empregados.

Dentro do sistema de apoio ao gerenciamento ambiental, existe uma série de elementos de entrada e de saída que podem ser benéficos ou maléficos ao meio físico, dependendo das proporções que envolvem qualidade e quantidade e, para tanto, necessitam ser estudados, detalhadamente, para se ter uma noção das ações prioritárias, esquematizadas na figura 3.3.

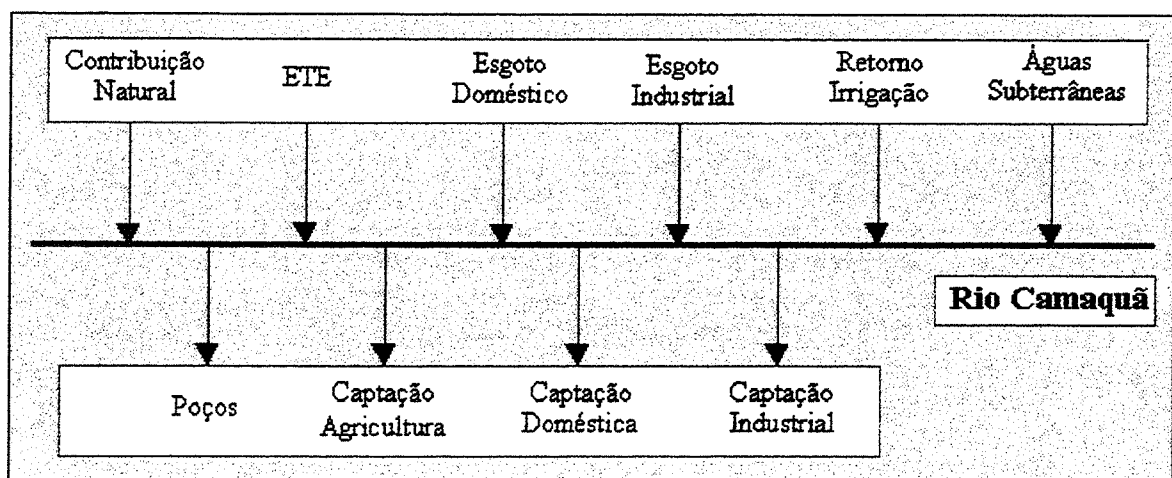


Figura 3.3 - Elementos necessários para apoiar o gerenciamento de bacias hidrográficas.
 ETE = Estação de Tratamento de Esgotos.
 (Fonte: Modificado de Pereira, Nogueira e Lovett, 1998)

Lanna (1999) aborda o inter-relacionamento entre os instrumentos de gestão das águas e a dos recursos escassos por meio de outorga e cobrança.

Aspectos relacionados com o licenciamento ambiental municipal e Imposto de Circulação de Mercadorias (ICMS) ecológico são alternativas de compensação, segundo FAMURS (1999a; 1999b).

Sob o ponto de vista hidrológico, os principais objetivos do gerenciamento ambiental são: a) manutenção da qualidade da água (principalmente pelas atividades rurais e industriais); b) redução da erosão; c) proteção contra enchentes (identificar quais são os reservatórios que desempenham papel de atenuador dos impactos ambientais ocasionados pelo assoreamento, construções).

Os aspectos gerenciais de uma bacia hidrográfica devem contemplar a identificação: a) das diversas atividades responsáveis ou que contribuam para a degradação da qualidade dos recursos hídricos; b) dos distintos usos dos mananciais de águas; c) da avaliação das fontes degradantes, já instaladas, do meio ambiente. Para a melhoria quali-quantitativa do meio ambiente, faz-se necessário formular e implementar programa que vise ao controle e à recuperação das condições originais, além de acompanhar e atualizar os programas em atividades e avaliar os finalizados.

As interações sistêmicas entre os distintos recursos constituídos pelas águas, solos, flora, clima e homem mostram a complexa dinâmica ambiental que tem uma distribuição no espaço e no tempo. Com o diagnóstico, é possível estabelecer o prognóstico que apresenta peculiaridades inerentes a cada área, ou seja, cada situação deve ser analisada individualmente, com a sugestão de medidas, ações e aspectos legais, a fim de preservar os meios bióticos e abióticos existentes.

Alguns autores tratam da gestão como sinônimo de gerenciamento e outros colocam a gestão sobre o ponto de vista único e exclusivo da aplicação das leis.

3.6 Indicadores e Índices de sustentabilidade

A uniformização e validação de indicadores de uso comum, proporcionam uma visão genérica da variabilidade dos aspectos sociais, ambientais e econômicos, porém o estabelecimento de índices numéricos e descritivos (conceituais) de sustentabilidade auxiliam no processo de gerenciamento e norteiam as ações gerenciais das políticas ambientais a serem adotadas.

Índices na realidade são as relações entre os valores de qualquer medida ou gradação, podendo ser um número adimensional, ou não, que pode servir para comparação de fenômenos aleatórios em tempos ou situações diversas, segundo o dicionário da língua portuguesa de Ferreira (1975).

Todos os autores mencionados tratam da questão de maneira teórica, ou quando apresentam algum índice é indicativo de uma das áreas específicas de seu conhecimento, não contribuindo de maneira prática para se ter uma visão mais concreta da quantificação e qualificação da realidade, como um todo, de cada local.

São vários os índices criados por pesquisadores, órgãos e instituições nacionais e internacionais, nos últimos anos, visando ao controle da qualidade ambiental, tais como índices: de qualidade da água; de qualidade do ar; dos efluentes; de diversidade; de qualidade ambiental, dos recursos hídricos; de pressão antrópica; de poluição potencial; de toxicidade; municipal; de desenvolvimento humano; de longevidade; de educação; de renda; de condições de vida, além de muitos outros que permitem tecer comparações entre distintas localidades, através de padrões conhecidos, que permitam verificar as condições de melhora ou degradação do meio ambiente (Ott, 1978; CONAMA, 1986; Sawyer, 1997). Existe uma série de limitações na escolha de indicadores que venham a se constituir em índices de forma que contemplem a complexidade do meio físico, as ações da natureza, os aspectos sociais, econômicos e institucionais.

Os índices, na realidade, são os produtos sintetizados de vários indicadores a fim de retratar, da melhor maneira possível, o meio em análise de uma maneira fácil e simplificada de aplicar e obter respostas rápidas e eficazes que permitam comparar locais sob distintos pontos de vista.

Os dados possibilitaram gerar índices e subíndices que podem ser analisados de maneira individualizada ou integrados, mas, em geral, são introduzidos de maneira arbitrária e, para tanto, necessitam ser validados.

Os indicadores devem ter sensibilidade suficiente para retratarem as mínimas variações do meio em análise.

Os trabalhos relacionados com o meio ambiente não possibilitam tecer comparações entre as bacias a fim de enquadrá-las em determinado estado de qualidade ambiental, social e econômico ou, mesmo, estabelecer correlações entre as sub-bacias ou com relação às microbacias hidrográficas. Portanto, o desenvolvimento de uma cartografia temática com características e diagnósticos relativos ao meio físico do estudo de caso é de fundamental importância para ser o substrato dos questionamentos sobre o meio ambiente. Estes resultados se embasam também em dados censitários a fim de auxiliar na elaboração de um guia contendo questões com a tríade ambiental, social e econômica, com base em alguns dos indicadores de desenvolvimento sustentável.

Nesta Tese, serão utilizados indicadores subdivididos em dez áreas de conhecimentos, envolvendo temas sobre: recursos hídricos, recursos da terra, economia e infra-estrutura, indústria e energia, demografia e educação, saúde e saneamento, aspectos bióticos, influências climáticas, áreas protegidas e de turismo e ação institucional. Todos estes indicadores analisados, concomitantemente, sob o ponto de vista ambiental, social e econômico em banco

de dados relacional e estrutura gráfica de apoio, permitirão obter a proposição dos índices de sustentabilidade. Trata-se de uma maneira distinta de focar o problema, pois a análise é de maneira integrada, visualizando o meio ambiente como um todo.

Portanto, uma das finalidades de se obter índices de sustentabilidade (ambiental, social e econômico), medidores dos estágios do desenvolvimento sustentável de unidades de planejamento (bacia hidrográfica e suas subdivisões) é o de visar a melhor aplicação dos recursos públicos nas zonas ecológico-econômicas, com vistas a uma maior integração setorial, intersetorial e de participação comunitária, com vistas a obtenção de índices de sustentabilidade, cada vez, maiores.

3.7 Cartografia temática, Sensoriamento remoto e Geoprocessamento

Os primeiros mapeamentos cartográficos são originários da época dos babilônicos sobre placas de argila a 1000 a.C., seguido pelas primeiras cartografias básicas dos chineses, anteriores ao século VII a.C. Somente em 150 d.C. é que a cartografia se tornou científica, com os trabalhos de Ptolomeu. A projeção Mercator utilizada na maioria dos mapas da atualidade foi desenvolvida somente no século XVI, e no século XX é que houve os grandes avanços tecnológicos com computadores, programas, sensores remotos e geoprocessamento, propiciando um avanço substancial na cartografia.

A tecnologia atual já desenvolveu sensores com resolução espectral de até 224 bandas, que possibilitam diferenciar e determinar várias temáticas, inclusive diferenciar um mineral de outro pela sua assinatura espectral.

O sensoriamento remoto vem ocupando espaços cada vez mais relevantes no processo de elaboração de mapas, porém a utilização de produtos fotogramétricos não é descartada para o caso das resoluções espaciais mais detalhadas.

A análise e o monitoramento do uso da terra envolvem conhecer a distribuição e área ocupada pela agricultura, vegetação natural, áreas urbanas e edificadas, a fim de inventariar os recursos naturais, o controle de inundações, a identificação de áreas com processos erosivos avançados, avaliação de impactos ambientais, formulação de políticas econômicas, e outros, com vistas ao adequado ordenamento territorial por parte dos planejadores e administradores.

Wiens (1976) reporta que os fenômenos da natureza apresentam uma hierarquização com mosaicos de polígonos, utilizados para representar áreas ambientais homogêneas,

discretas (domínio espacial) ou periódicas (domínio temporal), que dependem do nível de percepção a ser buscado.

As técnicas visuais de divisão da área, objeto de estudo em regiões homogêneas, analisando a forma, os parâmetros estatísticos e a textura utilizada na interpretação fotogeológica, são similares às empregadas no sensoriamento remoto, porém com um maior grau de sofisticação tecnológico, envolvendo eficiência e rapidez no manuseio das informações.

O emprego do sistema *Computer-Aided Design* (CAD) permite uniformizar e formar um banco de dados, porém com limitações no cruzamento das informações, necessitando toda vez uma verificação das cores, espessuras de linhas e outros elementos, relativos às sobreposições dos distintos mapas temáticos gerados, porém não deixa de ser uma importante ferramenta de trabalho, que não se compara a um verdadeiro Sistema de Informação Geográfica (SIG), com ampla difusão pelo tipo de arquivos exportáveis.

Swain e Davis (1978); Schowengerdt (1983); Richards (1986); Jensen (1996); e outros colocam que existem atualmente as mais variadas técnicas para o processamento digital de imagens. Estas envolvem algoritmos para retificação radiométrica, correção geométrica, elaboração de mosaicos, classificações (por exemplo: paralelepípedos, componentes principais, distância mínima e máxima, verossimilhança, e outras), reconhecimento de padrões e segmentação, primordiais para a padronização das análises ambientais. Contudo, a busca da solução de problemas mais específicos mostra que as técnicas vão além com o emprego de algoritmos para casos específicos.

Neves e Condessa (1996) ressaltam que o SIG na análise geográfica emprega a modelização para discretizar os distintos elementos da natureza, passíveis de serem identificados em função da resolução dos sensores remotos empregados. Esta técnica, descrita na metodologia deste trabalho, permitiu elaborar o mapa de vegetação da área de estudos.

Santos, Niero e Lombardo (1980) abordam que vários usos existentes em uma determinada região são representados por padrões que podem ser identificados com o apoio de campo e diferenciados, através do produto dos sensores remotos, pela textura, cor, tonalidade, padrão, forma, sombra, dimensão, relevo e aspecto.

Johannsen e Sanders (1982) abrangem os aspectos do sensoriamento remoto relacionados às aplicações relativas ao diagnóstico e manejo de recursos naturais.

Jackson, Slater e Pinter Jr. (1983) descrevem que o índice de vegetação mais utilizado é o índice de vegetação de diferença normalizada, conhecido pela sigla, em inglês, NDVI,

como estimador de diferentes variáveis ambientais. Os cuidados que devem ser tomados são com relação às influências da saturação em níveis relativamente baixos de vegetação, da calibração, dos tipos de solos, das condições climáticas e dos ângulos de visada e de iluminação.

Marble *et al.* (1983); Burrough (1986); Aronoff (1989); além de outros argumentam que a solução para a complexidade da natureza, onde envolvem a integração de um grande número de dados e variabilidades espaciais, as melhores ferramentas são os SIG como importante via para o manuseio dos dados espaciais. Isto é corroborado pelo presente autor, que principiou uma estrutura através do programa do Instituto Nacional de Pesquisa Espacial (INPE), denominado de *Spring 2.0*, porém, em função do tempo e por não ser um dos principais objetivos desta Tese, foi deixado de lado.

Pesquisas mais atualizadas envolvendo a obtenção de dados automatizados em tempo real, com o emprego de telemetria, vem a ser uma etapa crescente de estudos. Como exemplo, se enquadra o emprego para o controle de irrigação de estações climatológicas automáticas (Howell *et al.*, 1984); e as previsões de enchentes (Sargent, 1986). Atualmente, vários dados complementares são obtidos, que permitem uma avaliação das condições ambientais, tais como: umidade, potencial hidrogeniônico, temperatura, salinidade, crescimento, área de cobertura vegetal, taxa de transpiração, dados da fotossíntese relativos às águas, solos e plantas.

Estes elementos são fundamentais no balanço hídrico e foram utilizados nesta tese, na medida do possível, pois, na realidade, não há um limite definido na criatividade de mapas temáticos possíveis de serem desenvolvidos.

A informação espacial está referenciada a um sistema de coordenadas com a localização, situação e delimitação das classes da área de estudo. Os atributos não-espaciais reúnem dados descritivos do meio ambiente sobre as classes, normalmente associados a um gerenciador de bancos de dados (Burrough, 1986).

Burrough (1986); e Aronoff (1989) exemplificam as técnicas utilizáveis que possibilitam o tratamento espacial abrangendo: a) geração de Modelo Numérico do Terreno (MNT); b) conversão de escalas, projeções e formatos topológicos; c) reclassificações; d) fatiamentos; e) cruzamentos; f) ponderações; g) cálculos de perímetros, áreas e volumes; e h) atualização e expressão cartográfica. Por outro lado, o sistema utilizado na presente Tese, através do redesenhar automático pelo programa *Win Tracer* das áreas homogêneas do *IDRISI* e *Er Mapper 5.5* em *AutoCad 2000*, permite também a geração de um MNT, conversão de escalas, cruzamento, cálculos de perímetro, áreas e volumes e atualização e expressão

cartográfica, ficando limitada na questão da reclassificação, fatiamento e ponderações que, através de uma série de rotinas computacionais associadas, poderiam suprir em parte o problema.

Burrough (1986) e Xavier da Silva (1992) descrevem que as tecnologias de geoprocessamento para o monitoramento e planejamento das análises ambientais têm sido uma importante ferramenta, por meio de um conjunto de aplicativos, de fácil manuseio dos atributos espaciais.

Conforme foi visto, o SIG envolve vários artifícios computacionais com equipamentos e programas que integram dados, usuários, metodologias e instituições, tornando possível a coleta, o armazenamento, o processamento, a análise e a disponibilidade, com dados georeferenciados (indexação ou codificação geográfica), da informação produzida, visando à maior facilidade, segurança e agilidade nas atividades humanas referentes ao monitoramento, planejamento e tomada de decisões relativas ao espaço geográfico com informações espaciais e não-espaciais de origens e formas diferentes, através de um sistema de referência cartográfica.

Diversas são as medidas apresentadas por diferentes autores que servem de elemento de comparação entre os distintos aspectos fisiográficos do relevo, tais como: diversidade vem a ser a medida de proporção do relevo em apresentar um determinado elemento da paisagem (O'Neill *et al.*, 1988); complexidade mensura o tamanho e a forma dos elementos espaciais do relevo: embasa-se na razão entre o perímetro dos polígonos e sua área (Robbins e Bell, 1994); lacunaridade mede a heterogeneidade dos padrões da paisagem com dependência escalar (Turner *et al.*, 1989); contigüidade verifica a agregação ou dispersão dos polígonos (Turner, 1990); dominância é a proporção que um elemento qualquer da paisagem apresenta em relação a outro (O'Neill *et al.*, *op. cit.*); análises fractais medem a distância entre um polígono e seus vizinhos mais próximos (Forman e Godron, 1986); fragmentação é o inverso da contigüidade (Olsen, Ramsey e Winn, 1993); além de outras.

Myers *et al.* (1989) enfocam que não é suficiente o uso isolado dos sistemas de tratamento de imagens, nas análises conjuntas e complexas que envolvem muitos elementos descritores da paisagem e seus inter-relacionamentos espaciais.

Para Townshend (1990), o SIG está cada vez mais difundido e possui uma ampla aplicação, como um poderoso instrumento para estudos analíticos. Esta importante ferramenta está sendo utilizada nos mais distintos campos do conhecimento humano.

Coulson *et al.* (1991) abordam que a evolução do sistema de informações geográfico se tornou uma importante ferramenta de apoio ao planejamento e gerenciamento dos recursos naturais e dos problemas ambientais associados.

Assunção, Formaggio e Alves (1990); e Davidson (1992) consideram o SIG uma poderosa ferramenta integradora de diferentes sensores e que permite o armazenamento e a manipulação de banco de dados georeferenciados, a fim de monitorar as modificações temporais que venham a ocorrer.

Hepner *et al.* (1990) mostram que a tendência de evolução das técnicas de processamento de imagens de satélite tem avançado e tenderá a40 uma evolução ainda maior. Em seu trabalho compara a classificação, adotando técnicas de treinamento mínimo com redes neurais, e a classificação tradicional, concluindo sobre a superioridade do primeiro método.

Donzeli, Valério Filho e Pinto (1992) colocam que são poucos os trabalhos de cartografia do uso da terra que realmente contribuem em escalas de detalhe e semidetalhe para o planejamento, porém as técnicas empregadas com o sensoriamento remoto permitem revisões periódicas das condições das áreas, assim como permitem estabelecer rápidas avaliações do meio ambiente, o que corrobora o trabalho de Crósta (1992).

Woodcock e Harward (1992) colocam que a finalidade da segmentação, em sensoriamento remoto, é delimitar regiões na imagem, com correspondência a objetos na superfície terrestre.

O mapeamento do uso e ocupação da terra é mais facilmente identificado nas imagens por meio de reclassificações e cruzamentos das distintas feições, possibilitando efetuar vários mapas temáticos que subsidiam as políticas conservacionistas, econômicas e sociais.

Goodchild (1992); e UCGIS (1996), pela ampla abrangência que envolve os conhecimentos de sensoriamento remoto, geoprocessamento, modelagem, simulação, análise espacial e pela multiplicidade de aplicações, denominam o SIG como um espectro mais global, denominando de ciência da informação geográfica.

Conforme Câmara (1993a); boletim eletrônico Fator GIS *on line* (1999), geoprocessamento é o conjunto de técnicas relacionadas ao tratamento da informação espacial, envolvendo a coleta de informação espacial (cartografia, sensoriamento remoto, *global positioning system* (GPS), topografia convencional, aerofogrametria, levantamento de dados alfanuméricos); armazenamento da informação espacial (banco de dados orientado a objetos, relacional, hierárquico, e outros); tratamento e análise de informação espacial, como modelagem de dados, geoestatística, aritmética lógica, funções topológicas, redes; e uso

integrado de informação espacial, como os sistemas: *Geographic Information Systems* (GIS = SIG), *Land Information Systems* (LIS), *Automated Mapping* (AM) e *Facilities Management* (FM), *Computer-Aided Drafting and Design* (CADD).

O GIS envolve recursos humanos, *hardware*, *software*, dados e metodologias, permitindo coletar, armazenar, processar e analisar os espaços geográficos, a fim de subsidiar o monitoramento, planejamento e ordenamento territorial de maneira ágil e segura.

No caso do presente estudo, foram empregados recursos humanos para a elaboração da cartografia temática, sensoriamento remoto, com obtenção da coordenada geográfica dos pontos, utilização da topografia convencional, armazenamento das informações em diferentes camadas (*layers*). Neste sentido, são conhecidas as limitações dos processos e técnicas empregadas em relação a um SIG propriamente dito.

Borges, Pfeifer e Demattê (1993) compararam o uso de fotogramas aéreos na escala 1:35.000 e as imagens LANDSAT TM 5 na escala 1:100.000, enfatizando o maior detalhamento espacial dos fotogramas aéreos. Lobão (1996) argumenta sobre a necessidade do uso de fotogramas aéreos nos estudos ambientais pela baixa resolução apresentada pelas imagens de satélite. Cabe ressaltar que o elevado custo minimiza o número de usuários, porém, hoje em dia, aviões de pequeno porte, com estabilizadores, proporcionam a tomada de fotografias que permitem acompanhar e monitorar o meio ambiente com um baixo custo, porém deve ser levado em consideração o fator das distorções, que são uma questão da escala que se queira atingir.

Outro aspecto é a vegetação a ser considerada como um elemento importante dentro do processo de degradação gradativa do meio ambiente e, para isto, o sensoriamento remoto permite fazer o inventário, identificando estratos, tipologias, as áreas de ocorrência e o monitoramento das áreas através do tempo.

Para Fedra (1993), a transferência dos dados de modelização matemática do sistema de informações geográficas ocorre de maneira invisível para o usuário, porém cabe salientar que este deverá ter conhecimentos sobre os algoritmos, para não incorrer em análises inadequadas da realidade dos fatos.

Segundo Rash (1994), o sensoriamento remoto por satélite apresenta uma grande evolução nos trabalhos de análise e monitoramento ambiental no âmbito local, regional e global.

Na geologia, as aplicações são no mapeamento geológico e na pesquisa mineral, principalmente nas feições de maiores dimensões, pois, com a visão tridimensional do relevo, a geomorfologia se beneficia, permitindo observar as ações do homem sobre o meio natural.

Os recursos hídricos, na realidade, são o receptáculo dos problemas de montante para jusante e, através deste, podem ser obtidos dados qualitativos de imagens de satélite, radar, fotogramas aéreos, a fim de identificar modificações locais na coloração, volume corpos de água, caracterizar sistemas de fraturas e falhas, além de quantificar, por meio de modelagem, as propriedades espectrais do solo e água, através de medidas localizadas.

Flamm e Turner (1994) argumentam que os métodos de simulação quantitativos relativos às modificações do meio ambiente impulsionaram a avaliação espacial, aliados aos *hardware* e *software* de sensoriamento remoto e geoprocessamento.

Os trabalhos mais específicos abordando o uso do SIG em bacias hidrográficas são da Unesco (1994); Rosário e Brennsen (1994); Mendes (1996); e outros menos específicos, abordando aspectos, tais como: a simplicidade de operação, eficiência na resolução rápida de problemas e interações, permitindo aliar distintos elementos oriundos de diferentes fontes com diversas escalas, constituindo mapas temáticos.

Trata-se de um instrumento importante no suporte à tomada de decisões que incorporam cada vez mais sofisticação com banco de dados relacionais georeferenciados e orientados a objetos.

Kam (1995) estimou índices entre 79% a 100% na cartografia do uso da terra para cada uma das classes, o que se enquadra dentro dos intervalos de exatidão aceitáveis de 80% a 95% de confiabilidade, fazendo com que valide os resultados obtidos no processo de segmentação e classificação supervisionada de imagens por algoritmo, propostos por Shandley e Franklin (1996). Na geração das cartas temáticas, foi observada esta questão acima dos 80% de confiabilidade, e quando estes valores ficavam inferiores, foi obtido, em campo, um maior adensamento da malha de pontos buscando as verdades de campo.

Chen *et al.* (1995) empregando a rede neural com aprendizado dinâmico, mostra em seu trabalho ser ela mais eficiente do que a rede neural tradicional.

Jensen (1996) coloca que, para melhorar os mapeamentos, novas técnicas de análises estatísticas envolvem os *pixels* vizinhos e não somente o valor individual de cada *pixel*. Cabe ressaltar que existem técnicas que proporcionam a obtenção de dados mais detalhados.

Tabaczinski, Souza e Roma (1996) abarcam o zoneamento, através do SIG, como um instrumento de apoio da política ambiental na tomada de decisões, com vistas ao

desenvolvimento econômico equitativo e a qualidade ambiental, através da simulação dos dados gerenciais, procurando reconhecer a capacidade de suporte do meio através de estratégias que respeitem os limites do meio ambiente.

Como aplicação para o correto levantamento sobre os recursos hídricos, é importante obter informações relativas ao seu entorno, envolvendo as terras agricultáveis com a caracterização de solos ou identificação e mapeamento de culturas.

Tardivo e Gardiol (1996) analisam, em seu trabalho, a recorrência e a distribuição de áreas alagadas, utilizando a análise multitemporal de imagens de satélite TM, *Multispectral Scanner* (MSS) e fotogramas aéreos para distintas datas, estados hídricos e bandas espectrais. Com isto, conseguiram avaliar os impactos ao longo do tempo. Os autores se valeram de dados topográficos, aliados aos tipos de solos e à dinâmica hidrológica.

O sensoriamento remoto continuará sendo a maior fonte de dados para vários SIG, com vantagens de integrar as informações, corrigir, atualizar e manter bancos de dados cartográficos digitais de forma rápida, precisa e eficiente. Porém, cabe salientar sobre a necessidade de tempo para a formação de recursos humanos especialistas no tema.

O constante avanço dos *software*, *hardware* e o desenvolvimento tecnológico de novos sensores remotos, como infravermelho termal e microondas tem apresentado melhorias nas resoluções espaciais, espectrais, radiométricas e temporais. Novos, satélites, instrumentos de medição exemplificados mais recentemente pelo *QuickBird*, *Ikonos 1*, *Eros B* e *Orb View-4*, cada vez mais sofisticados na obtenção de imagens orbitais que atingem atualmente resolução espacial de 1m x 1m, em relação aos satélites russos (2m x 2m), IRS-1C-Pan (5m x 5m), *Spot-Pan* (10m x 10m), que teve seu lançamento em 1986, e do LANDSAT TM 5 (30m x 30m), que principiou em 1972, porém com a maior resolução espectral disponível de 7 bandas, além de outros que recobrem áreas intermediárias. Estes satélites deverão ser suplantados pelo *Aster*, consórcio japonês e americano, com o dobro de bandas do Landsat e recobrimento das mesmas faixas do espectro eletromagnético, o que vem a ser uma das grandes vantagens, permitindo um imageamento orbital cada vez mais detalhado. Isto corrobora as afirmações de Rougharden, Running e Matson (1991) sobre os problemas e limitações das imagens de satélite relativas a resolução espacial como uma função do tempo para a solução das limitações relativas a certas escalas de abordagens, como o ângulo de visada dos sensores orbitais com bi-direcionalidade, permitindo assim a estereoscopia das imagens.

McCann; Pennock e Van Kessel (1996) demonstram que os fotogramas aéreos em branco-e-preto constituem-se em uma importante ferramenta de trabalho para demarcar digitalmente as unidades de manejo.

Os programas e seus algoritmos, cada vez mais elaborados, têm permitido a rápida atualização cartográfica, necessária para a correta tomada de decisões, pois a maior parte do mapeamento básico encontra-se desatualizada ou não acompanham as modificações das demandas do crescimento sócio-econômico, importantíssimas no rápido apoio aos administradores públicos.

Uma das dificuldades e problemas de interpretação encontrados para os fotogramas aéreos e imagens de satélite são as condições atmosféricas no momento de aquisição, modificando a tonalidade ou inibindo a correta visualização dos alvos, além daqueles mais específicos dos fotogramas aéreos, como os erros de paralaxe, distorção pelas lentes, as séries de dados históricas descontínuas. Uma evolução que já se apresenta com o apoio dos sensores remotos é o monitoramento em tempo-real, possível através do imageamento por satélites ou sensores instalados em diferentes locais, com o envio de dados telemetricamente via rádio, linha de transmissão telefônica ou por satélite.

Batistella (1996) mostra a utilização do geoprocessamento na ecologia de paisagens voltado para o ordenamento territorial, a fim de melhor planejar e manejar os recursos naturais renováveis e não-renováveis, apresentando modelos mais reais com a aplicação em distintas escalas da resolução espacial, temporal e espectral, a fim de compreender a dinâmica espaço-temporal da ocupação da terra e as degradações antrópicas.

Ferrari *et al.* (1996), utilizando o SIG, elaboraram o cadastro com o registro da disposição dos resíduos sólidos domésticos e industriais (metal-mecânicas, elétrica, madeira, borracha, couro, química); locais de armazenamento de produtos químicos; comerciais; postos de combustíveis; e outros na escala de 1:50.000 das áreas com concentrações de poluentes e a distribuição das fontes contaminadas. Isto tudo como elemento de apoio ao gerenciamento ambiental.

Neves e Condessa (1996) apontam para um dos problemas relacionados com a dificuldade de discretizar as informações necessárias da complexa realidade do meio ambiente para o plano com representação da variabilidade dos fenômenos e implicações espaciais. De outro lado, como aspecto positivo, o SIG otimiza, organiza, analisa, apresenta, visualiza, representa e armazena os dados e informações georeferenciadas, conforme visto anteriormente.

Um ponto a considerar refere-se ao elevado custo de aquisição dos produtos dos sensores remotos que limitam a sua obtenção, ou oneram os projetos e as atividades de pesquisas (Crósta, 1996a; 1996b). No caso em questão, foram utilizadas imagens orbitais dos satélites LANDSAT TM 5 e *Spot-Pan*, para auxiliar na execução da cartografia temática que foi repassada e georeferenciada em *AutoCad 2000*. Um dos trabalhos que trata da importância e de como fazer o georeferenciamento das informações ambientais é o de Teixeira (1998).

O emprego de índices de caracterização física e indicadores hidrogeométricos de bacias hidrográficas, foram empregados no trabalho de Hansen e Fensterseifer (1996), utilizando na cartografia digital as fórmulas propostas por Horton (1945); Strahler (1952); Miller (1953); Schumm (1956); Melton (1958; 1962); Lee e Salle (1970) e outros.

Os serviços de aerofotogrametria tradicionais futuros tendem a estar com os dias contados, pois os constantes avanços tecnológicos estão paulatinamente substituindo os fotogramas aéreos tradicionais por imagens de baixo custo, com câmeras digitais, fotográficas e videografias acopladas a pequenos aviões, tornando-se uma rotina de destaque que permitem o tratamento digital das imagens *raster* de maneira menos onerosa e com possibilidades de estereoscopia. Cabe, porém, informar que existe uma série de restrições quanto ao uso dessas ferramentas pela dificuldade de correção das distorções que apresentam.

A conjunção de técnicas de aerofotogrametria com o imageamento por satélite, ou seja, a interpretação analógica e digital permite uma maior ampliação temporal e escalar, pois, com o avanço tecnológico, verifica-se que é possível obter a fusão destas imagens através da manipulação escalar georeferenciada e observar a evolução temporal sobre o espaço por meio de *software* como o *Idrisi 2.0*, *Er Mapper 5.5* e outros empregados para a execução deste trabalho, como pode ser observado na metodologia, informações e processos de pesquisa.

INPE (1996) considera a região como um conjunto de *pixels* juntos, espalhados bi-direcionalmente e apresentando homogeneidade.

Becker e Egler (1997) e Schubart (2000) empregam a terminologia vulnerabilidade e potencialidade utilizando o SIG na estruturação e organização de cartas temáticas e informações para gerenciar as ações ambientais e os aspectos relativos ao crescimento sócio-econômico.

Os trabalhos e técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento são inúmeros na atualidade, porém uma das limitações é o grande número de programas de SIG que geram formas distintas de armazenamento dos dados que dificultam o intercâmbio através da

migração de um programa para outro, necessitando, para tanto, de conhecimentos extras de programação.

A confecção de mapas de riscos representando as áreas de uma bacia hidrográfica, com vários graus de fragilidade, são importantes no processo de definição mais acurada da ordenação territorial. O mapeamento digital temático permite uma melhor observação espacial da crescente ocupação a fim de avaliar os impactos econômico-sociais e ambientais do ordenamento territorial.

Trata-se de uma técnica convencional, porém moderna, ou seja, em constante atualização, que auxilia no processo de ordenamento territorial e propicia a estruturação de um banco de dados relacionais.

Ao longo deste levantamento, observou-se que muitos conceitos e definições tidos como novos são, na verdade, modificações de antigas proposições. Pode também ser constatado que, com relação aos estudos envolvendo o desenvolvimento sustentável, as propostas são complexas e pontuais por áreas de conhecimento específico, não contribuindo, de uma maneira efetiva, para uma visão integrada dos aspectos ambientais, sociais e econômicos.

A seguir, no Capítulo 4, são apresentados os aspectos relativos à metodologia, informações e processos de pesquisa.

4 METODOLOGIAS, INFORMAÇÕES E PROCESSOS DE PESQUISA

A presente Tese foi subdividida em duas partes. A primeira contempla o levantamento convencional, mas com técnicas modernas (cartografia digital temática), e a segunda trata da contribuição original deste trabalho, que vem a ser cobrir a lacuna de demanda por índices de sustentabilidade, analisados, de forma conjunta, sob os aspectos ambientais, sociais e econômicos, com a formulação de questões inseridas no banco de dados relacional.

Com sua aplicação, obtém-se os índices de sustentabilidade que, locados em diagrama ternário, classificarão as comunidades e suas respectivas tendências de crescimento, segundo regiões ou áreas de conhecimento específico.

Trata-se de um guia que pretende abranger qualquer tipo de bacia hidrográfica. Por isto, o questionário, associado ao banco de dados, contém questões que podem não estar contempladas na área de estudo, mas em função do grande número de questionamentos, não influenciarão no resultado de obtenção dos índices de sustentabilidade. Cabe destacar que, na realidade, não existem duas bacias, subsistemas, sub-bacias ou microbacias iguais, devido à complexidade da natureza. Por isto, não é permitida a elaboração de um questionário padrão, mas sim o mais abrangente possível, onde um grupo de questões pode não ser respondidas e possibilita a fácil introdução de novas questões, se necessárias. Além do mais, as questões apresentarão simplicidade para a obtenção de respostas que representam as condições do meio ambiental, social e econômico.

A caracterização física e a elaboração de índices de sustentabilidade para bacias hidrográficas têm como estudo de caso, para validar o questionário, o SsBC. Para isto, se obtiveram dados relativos ao clima, geomorfologia, geologia, hidrografia, hidrologia, hidrogeologia, pedologia, edafologia e desenvolvimento sustentável. Toda a cartografia elaborada, pesquisas em campo, dados levantados a partir de estudos anteriores e em diversos

órgãos serviram de subsídio para responder e apoiar as respostas dos questionários temáticos, referentes aos indicadores de desenvolvimento sustentável, a fim de obter os índices de sustentabilidade e o enquadramento de cada uma das áreas delimitadas do SsBC, em comunidades específicas, que envolvem a tríade ambiental, social e econômica, passíveis de serem ajustadas com grau de sensibilidade diferenciado, se necessário.

A presente Tese, visando à análise do meio abiótico, biótico e sócio-econômico, seguiu as etapas com as fases de desenvolvimento, de análise e de conclusão.

O presente levantamento foi realizado na escala 1:250.000, utilizando-se a carta do Serviço Geográfico do Exército, fotogramas aéreos, em preto e branco, de 1965 e 1975 na escala de 1:110.000 e imagens de satélite do LANDSAT TM 5, de 1992, bandas 3, 4 e 5, na escala 1:100.000.

4.1 Fase de desenvolvimento

Esta fase abarcou o levantamento bibliográfico, saídas em campo, etapa de processamento dos dados, hidrologia e usos da terra.

4.1.1 Levantamento bibliográfico

Consistiu na obtenção, seleção e resumo das referências bibliográficas, consulta a mapas-base, fotogramas aéreos e imagens de satélite. Pesquisas em bibliotecas nacionais e internacionais, físicas e virtuais. Vários artigos foram adquiridos por meio do sistema COMUT e internet. Aquisição de literatura especializada em livrarias e levantamentos junto a empresas e instituições, complementaram os estudos e dados sobre os meios bióticos, abióticos, aspectos históricos e sócio-econômicos. Estada de pesquisa, com um mês de duração, foi realizada junto às universidades de West Virginia, em Parkersburg, Estado de Virginia do Oeste, Instituto Smithsonian, em Washington D.C., localizados nos Estados Unidos da América, além de outras menores, com a finalidade de avaliar e verificar o que estava sendo realizado sobre o desenvolvimento sustentável.

Todas as referências bibliográficas seguiram o padrão da NBR 2063, publicada em Santos (2000).

4.1.2 Atividades em campo

As pesquisas em campo foram executadas com veículos da UNISINOS e um particular, na busca das verdades de campo, coletas de dados, com reconhecimento, avaliação e documentação dos impactos gerados ao longo do tempo, pelas ações naturais e àquelas produzidas pela interferência humana.

4.2 Etapa de processamento dos dados

Esta etapa discorreu sobre a delimitação da bacia hidrográfica, a base cartográfica, planialtimetria, hidrografia e geometria do SsBC, com dados geomorfológicos, geológicos, hidrológicos, hidrogeológicos, pedológicos, das vegetações, geológicos e usos da terra.

4.2.1 Delimitação da bacia hidrográfica

O limite do SsBC foi realizado a partir da divisão da BHRC, em subsistemas, e estes em sub-bacias e microbacias hidrográficas, a partir dos divisores de água indicados pela morfologia do relevo, onde os instrumentos de delimitação foram fotogramas aéreos nas escalas de 1:110.000, imagens de satélite LANDSAT TM 5, na escala de 1:100.000, cartas topográficas nas escalas de 1:250.000 e 1:50.000 e levantamentos altimétricos. Os divisores de água do SsBC foram levantados em campo com altímetros do tipo Pauling Paluk, com precisão de 1m e *Casio Digital Barometer*, com 5m de precisão, o que permitiu definir o real limite da bacia e que afeta o subsistema em estudo.

Com relação à nomenclatura o SsBC, esta recebeu uma classificação com algarismos romanos e letras maiúsculas para caracterizar as sub-bacias, que são em número de quatro, e os algarismos romanos maiúsculos, seguidos de letras minúsculas para representar as microbacias, em número de cinco (Tabela 4.1).

Em função das pesquisas bibliográficas, verificou-se que as classificações mais utilizadas para a definição das áreas das bacias hidrográficas e respectivas hierarquias mais detalhadas não contemplavam as escalas de maneira continuada e, muitas vezes, apresentavam problemas de subjetividade na questão. Para tanto, realizou-se uma comparação entre os principais trabalhos e propôs-se uma nova classificação que contemplasse as demais escalas descritas no capítulo 6, item 6.1, que trata das considerações sobre as bacias.

Tabela 4.1 - Codificação adotada para as sub-bacias e microbacias do SsBC

| Sub-bacias/Microbacias | Código |
|---------------------------|--------|
| Arroio Santa Isabel | IVA |
| Arroio Evaristo | IVB |
| Arroio do Sapato | IVC |
| Arroio Duro/Sanga Formosa | IVD |
| Ilha do Vianez | IVa |
| Ruínas | IVb |
| Granja São Geraldo | IVc |
| Arroio Palanque | IVd |
| Ilha de Santo Antônio | IVe |

Para os cálculos das áreas e perímetros do SsBC, sub-bacias e microbacias utilizaram-se o planímetro de compensação, tipo KP-27, marca Koizumi, curvímetro marca Ushida e programas em computador pessoal *AutoCad 2000i* e *Microsoft Excel 2000*.

A área das sub-bacias e microbacias se relaciona ao total da drenagem ocupada pelo sistema fluvial, com a respectiva projeção no plano horizontal.

4.2.2 Base cartográfica

A partir da cartografia de base e levantamento em campo, foi gerada uma série de mapas temáticos intermediários, tais como: de subsistemas, sub-bacias e microbacias, divisão municipal, hidrografia, hierarquia de canais, densidade de drenagens, rodovias e vias de acesso, pontos de amostragem de água, perspectiva ortométrica, geomorfologia, declividade geral e média, geologia com as respectivas secções, densidade de fraturas, distribuição granulométrica, áreas de licenciamento e pesquisa mineral, pedológico e respectivas secções, fragilidade à erosão dos solos, riscos de erosão, capacidade de uso dos solos, uso atual dos solos, uso conflitivo dos solos, riscos de inundações, cobertura vegetal e áreas de destaque ambiental.

As folhas cartográficas básicas utilizadas foram produzidas pelo Ministério do Exército, Diretoria do Serviço Geográfico, DSG, nas escala de 1:250.000 e 1:50.000, conforme articulação apresentada no início do capítulo 5.

As cartas topográficas do SGE são provenientes da restituição, em 1977, dos fotogramas aéreos de 1975, com apoio em campo no ano de 1976. Utilizaram, para tal finalidade, um aparelho restituidor de segunda ordem. A primeira impressão é de 1981, para as folhas de Pelotas e Porto Alegre, e de 1983, para a folha de Pedro Osório.

O mapa resultante usa a projeção UTM com *datum* vertical a partir do marégrafo de Imbituba, SC, e o *datum* horizontal SAD-69, MG, para as folhas de Pelotas e Porto Alegre, e o de Córrego Alegre, MG, para a folha de Pedro Osório.

A base cartográfica digital utilizada para a integração dos dados temáticos foi a mesma, com um georeferenciamento, através do programa *AutoCad 2000i* e *Er Mapper 5.5*.

As informações selecionadas referentes às bases cartográficas digitais utilizadas são de procedência do Centro de Cartografia Automatizada do Exército (CCAUEX), a partir das cartas analógicas na escala de 1:250.000 da DSG. As informações retiradas e utilizadas foram as seguintes:

- limites da BHRC e dos subsistemas;
- delimitações da área de estudos do SsBC compreendida por seis municípios, com as emancipações políticas (Camaquã, Canguçu, Chuvisca, Cristal, Dom Feliciano e São Lourenço do Sul), com uma área total de 3.007km²;
- hidrografia constituída pelas drenagens que compõem os tributários, açudes, delta e seus distributários temporários e permanentes;
- subdivisão das sub-bacias e microbacias;
- atualização do sistema viário principal e secundário pelo mapa do DAER (1997); e levantamentos em campo com o sistema de percurso do GPS Garmin III *plus*;
- curvas de nível de 1:250.000 e detalhamentos destas na escala de 1:50.000, realizados para a elaboração da carta de projeção ortométrica do relevo;
- grade com as quadriculas identificadas por um sistema duplo de coordenadas, geográficas e UTM;
- locais de coleta e amostragens de campo;
- estabelecimento da hierarquia dos canais do SsBC;
- energia do relevo;
- reições topográficas;
- hipsometria;
- declividade.

Através da análise dos dados dos fotogramas aéreos e imagens orbitais, obtiveram-se importantes informações com o tratamento digital e a visualização do produto obtido.

Realmente, vem a ser uma valiosa ferramenta de apoio aos projetos, que envolvem planejamento e ordenamento territorial, para a avaliação, caracterização e diagnósticos dos processos multitemporais que interferem e modificam o relevo.

Não se pode deixar de levar em conta o que Davis Jr. e Borges (1994) colocam: "*o sucesso da implementação em computador de um sistema de informação é dependente da qualidade da transposição de objetos do mundo real e suas interações, para uma base de dados informatizada*". Todos os elementos e entidades que serão representados possuem localização, forma e dados associados.

Sanchez e Gerardi (1983) colocam que, por meio dos sensores aéreos, a fotointerpretação é um dos meios mais utilizados pelo seu nível de resolução, além de ser empregado para diferentes épocas, oportunizando a projeção de decisões futuras.

O desenvolvimento de mapas digitais, com dados vetoriais (*vector*) e matriciais (*raster*), foram organizados em coberturas (*coverages*) para permitirem a elaboração de outras sobreposições específicas que constituem a cartografia temática.

Os elementos cartográficos pontuais e poligonais dos mapas temáticos digitais apresentam a espacialização das barragens e açudes; áreas de inundação; rio Camaquã e principais afluentes; lagos; lagoas; rede hidrográfica com enquadramento dos rios e infraestrutura existente, descrita por linhas de contorno. Os aeroclubes e aeroportos foram identificados por pontos. Além disto, situaram-se também as estradas de ferro, de rodagem principais e secundárias, linha de contorno da bacia do rio Camaquã e SsBC, malha de coordenadas UTM e geográficas, contorno do Estado do Rio Grande do Sul, mineradoras, divisão político-administrativa da bacia em alto, médio superior, médio inferior e baixo Camaquã, distritos localizados na bacia, identificados por pontos, limites municipais, pontos d'água, áreas identificadas, em função do potencial erosivo, áreas de voçoroca, potencial mineral, ocorrência de minerais metálicos e não metálicos. Além disso, mencionaram-se as áreas comuns entre municípios e sub-bacias do modelo de qualidade da água, sub-bacias do modelo hidrológico, relevo, curvas de nível, pontos cotados, unidades de conservação, identificadas por pontos, linhas de bordas, linhas de cristas e vertentes, áreas de conservação, identificadas por polígonos, uso do solo, cobertura vegetal e mancha correspondentes às áreas urbanas e dados não-gráficos (atributos).

Os programas de processamento digitais de imagens (*ER Mapper 5.5 e o Idrisi for Windows 32*) foram usados para fazer o registro da imagem a partir de dados coletados em campo e plotados sobre uma carta denominada de procedimento registro (*Image to Map*). A partir disto, foi possível realizar a projeção cartográfica, com algoritmo de transformação,

entre células de uma grade e entre as diferentes grades, que se constituem nos diferentes mapas temáticos.

Os pontos de controle, chamados, em inglês, de *Ground Control Point* (GCP), foram obtidos a partir de sua boa distribuição, conhecidos na carta e reconhecidos na imagem orbital. Normalmente são entidades físicas, tais como: interseções de cursos d'água, estradas, pontes, limites de propriedades, rótulas em estradas, e outros, tanto na composição colorida, quanto nas bandas isoladas, para proceder à transformação dos espaços. Um número de 20 pontos de coordenadas representara um bom controle, dependente do tamanho da área, mas quanto maior o número, melhor para minimizar o erro na transformação das coordenadas. A interpolação linear ou o sistema de coordenadas cartesianas, na carta topográfica, tem como um bom modelo, para registro, o polinômio de segundo grau, com 16 parâmetros.

A seguir, os *pixels* foram reamostrados em relação ao *digital number* (DN) e foi realizado o emprego de algoritmo de convolução cúbica. Apesar de suavizar a imagem, ele torna esta com aspecto próximo do real. É muito utilizado para sobrepor com uma carta de base, segundo método empregado por Crósta (1992).

Para a etapa de identificação e isolamento das entidades, relativas à cartografia digital, foi vetorizada a carta-imagem, com o auxílio do *AutoCAD* 2000. Este programa possui, em sua nova versão, a ferramenta de georeferenciamento, que permite manipular as imagens com arquivo *raster* de fundo, desde imagens RGB (vermelho, verde e azul), assim como nas bandas isoladas, em tons de cinza, ou, ainda, pela combinação matemática entre elas. Desta forma, foi possível construir mapas tão atuais quanto o ano das respectivas imagens analisadas e até fazer comparações de ocupação espaço-temporal pelo uso e cruzamento de um maior número de produtos de sensores.

Um recurso que facilita identificar, com limitação da escala, as diferentes entidades das imagens (por exemplo: contornos, divisão política, hidrografia, rodovias, uso e ocupação dos solos, vegetação, além de outras) são as técnicas de realce.

Além da sobreposição dos dados vetorizados sobre a imagem de satélite são colocadas informações de escala, legenda ou convenções adotadas, declinação magnética, dados da obtenção da imagem, fotogramas aéreos, base cartográfica, grade de coordenadas e outras necessárias para formulação do produto final. A fim de não perder a qualidade do produto e a fácil comunicação com outros programas, o arquivo gerado, com todas as informações do produto final, será o *Tagged Image File Format* (TIFF).

Um outro elemento importante para o presente estudo foi à obtenção automática dos cursos de água do SsBC, a partir do manuseio do Modelo Numérico do Terreno (MNT), chamado, em inglês, de *Digital Elevation Model* (DEM), através de interpoladores de malha regular e irregular. A malha regular leva em conta os dados originais, permite encontrar os vizinhos de cada *pixel* mais próximos à sua volta; e a irregular não leva em conta os dados originais: ao invés de um conjunto de quadrados, são representados por triângulos, utilizando a elevação próxima do valor real para cada ponto.

Para Cintra e Veiga (1998), a qualidade do MNT depende de como os dados são coletados, seja através de campo, aerofotogrametria, cartas existentes, dando ênfase aos modelos de malha regular de pontos, a mesma técnica, que foi empregado no presente estudo.

Vários autores apresentam programas e rotinas relativas à extração do MNT, destacando-se mais recentemente os de:

- Meisels, Raizman e Karnieli (1995), que desenvolveram programa específico para extração dos canais de drenagem, denominado de SKEL;
- Skroch e Vieira (1998) utilizam o sistema CARIS, para a geração e manipulação de modelos digitais de altitude.

Uma rotina simples, subsequente vem a ser a confecção de mapas de declividade a partir de MNT, devendo-se tomar cuidado nos cálculos do tamanho das celas, que compõem a malha ou grade, nos diferentes artificios matemáticos, no grau de arredondamento dos valores da declividade, pois estes influenciarão diretamente na precisão do modelo.

Cintra (1997), abordando a questão de que a abertura da grade é função de cada problema, sendo que as malhas esparsas escondem elementos do relevo e as muito densas são ideais, mas demandam maior tempo de processamento. Burrough (1986) coloca que os usos de amostragens progressivos contornam o problema, ou seja, utiliza, malhas com espaçamento variáveis, em função da complexidade do terreno. Ritter (1987) utiliza o algoritmo para a geração do aspeto e declividade, baseado em vetores, como uma das maneiras de solucionar o problema.

4.2.3 Dados geológicos e geomorfológicos

A partir dos dados de mapas e cartas geológicas, assim como em campo, foram obtidos os seguintes elementos:

- disposição espacial e temporal das rochas aflorantes;

- perfis plani-altimétricos, com a disposição das litologias e demais elementos integrantes da geologia;
- posicionamento dos sistemas de fraturas e falhas;
- agrupamentos das litologias, com as mesmas respostas ambientais, no nível de ocupação e uso da terra, como unidades litotípicas;

A partir de mapas e cartas geomorfológicas, com controle de campo obtiveram-se dados sobre:

- províncias geomorfológicas;
- províncias morfológicas;
- domínios morfo-estruturais;
- unidades geomorfológicas;
- formas morfográficas.

Foram compilados os dados junto aos órgãos de cadastro e fiscalização do Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM) e da Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM), a fim de obter as áreas de pesquisas e os licenciamentos minerais cadastrados.

A geologia do SsBC apresentada, neste trabalho, foi compilada e modificada da carta geológica do escudo Sul-rio-grandense, escala 1:600.000 (Brasil, 1989), transformada em 1:250.000, com o apoio do Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil, Folha de Porto Alegre (SH.22-Y-B) e Folha de Pelotas (SH.22-Y-D), de Caldasso *et al.* (2000), desenvolvido pelo Serviço Geológico Nacional e Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica (CECO), consistido pelos dados obtidos em campo.

O mapa dos sistemas de fraturas foi desenvolvido a partir das imagens de satélite LANDSAT TM 5, e fotogramas aéreos e intervalos de classes foram subdivididos em baixa, média e alta densidade.

4.2.4 Dados pedológicos

Obtiveram-se os dados dos solos a partir dos mapas existentes e estabeleceu-se uma malha com descrição e classificação em dois níveis categóricos, enquadrados dentro da nova proposição do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos da EMBRAPA (1999) e correlacionada com a classificação da EMBRAPA (1988), apoiado pelos trabalhos de Franzmeier (1990).

A distribuição dos distintos solos que recobrem o SsBC foi cartografada, levando em consideração as unidades de mapeamento e suas respectivas distribuições espaciais.

Para a descrição dos solos, foram abertas várias trincheiras a fim de auxiliar no enquadramento e classificação dos solos do SsBC. Uma das bases bibliográficas deste trabalho foi o Levantamento dos Recursos Naturais de Brasil (1986), Reconhecimento dos Solos do Estado do Rio Grande do Sul, de Lemos *et al.* (1973), classificação de Camargo, Klamt e Kauffman (1987) e Hansen e Fensterseifer (2000).

Pela síntese dos dados anteriores e cálculos específicos, foi possível estabelecer o uso ideal da terra, ou seja, obter uma carta temática com a capacidade de uso da terra.

Os trabalhos de campo, fotogramas aéreos e imagens de satélite, permitiram obter dados sobre os usos atuais da terra e estabelecer sua cartografia.

Com o cruzamento das informações das cartas de uso atual e capacidade de uso, foi possível estabelecer uma terceira carta de usos conflitivos, apontando para as áreas que necessitam estudos mais detalhados, pois são destaques em termos de conservação e mudança da mentalidade, às vezes de consequência intergeracional.

Para a obtenção do potencial agrícola, realizou-se o inter-relacionamento da cobertura vegetal, ocupação dos solos, capacidade de uso, solos, adequação do uso agrícola e suscetibilidade à erosão.

As áreas de riscos foram elaboradas levando em conta a suscetibilidade à erosão, geologia, formações superficiais, riscos de inundações alterados de Hansen e Fensterseifer, (1996j) e os solos modificados de Lorandi, Gonçalves e Bertei (1996) e FEPAM (1996, 1998) adaptados pela nova classificação da EMBRAPA (1999). Com estes dados, sintetizaram-se as informações pertinentes à aptidão de uso dos solos do SsBC.

Por fotointerpretação selecionaram-se as áreas com relação ao padrão de drenagem e relevo, que auxiliaram na distinção preliminar das diferentes classes taxonômicas de solos. Através das imagens de satélite, foram separadas as unidades de mapeamento dos solos, auxiliadas pelos dados de campo, adaptados de Borges, Pfeifer e Demattê (1993). Com a verificação das verdades de campo, foi elaborada a classificação supervisionada, com respectivo, tratamento estatístico, que propiciou a confecção vetorial do mapa de solos.

O mapa de uso e cobertura do solo foi obtido por meio da interpretação de imagens de satélite LANDSAT TM 5, de fevereiro de 1992 e 1996, adquiridas do INPE, tendo como base fotogramas aéreos de anos anteriores sobre as quais se fez uma análise evolutiva da ocupação antrópica.

4.2.5 Dados hidrometeorológicos

Estes dados foram, em parte, compilados a partir de pesquisas, parcialmente realizadas, junto ao INMET, IPAGRO, DNAEE, Secretaria de Recursos Hídricos do Estado do Rio Grande do Sul, CEEE, IPH, CORSAN, EMATER, Secretaria de Planejamento do Governo do Estado do Rio Grande do Sul (Programa Mar de Dentro) e outros órgãos particulares e institucionais.

4.2.6 Dados hidrológicos e hidrogeológicos

Com base nos dados hidrológicos, foi possível obter uma visão das disponibilidades e demandas superficiais e subsuperficiais, relativas aos recursos hídricos, do SsBC, possibilitando reger os seus usos consuntivos e não-consuntivos.

Diante da evidente carência de dados hidrológicos que abrangem todas as sub-bacias definidas, adotou-se, como alternativa de análise, a transposição de dados das regiões da bacia que apresentassem regimes hidrológicos semelhantes para as sub-bacias, através da relação de áreas de drenagem. Tais transposições dos parâmetros hidrológicos foram efetuadas levando-se em consideração as características hidrológicas representativas de cada região hidrológica nas sub-bacias correspondentes.

As estações pluviométricas, em operação na bacia, utilizaram o método dos polígonos de Thiessen, sendo relacionadas à compartimentação ambiental da bacia com a distribuição das estações climatológicas, fluviométricas, pluviométricas e de qualidade da água.

Os valores dos parâmetros hídricos de cada sub-bacia foram determinados corrigindo-se os valores dos postos selecionados, através da relação das áreas de contribuição dos mesmos e suas respectivas sub-bacias correspondentes. Deve-se observar que os parâmetros adimensionais, como o coeficiente de escoamento, ou relativo à área, como a vazão específica, não são corrigidos por esta relação.

Os critérios de transposição levaram em conta as características uniformes, que dificilmente são encontradas, mesmo em poucos km², o que gera limitações nos parâmetros estimados para a mesma.

Os modelos devem contemplar vários aspectos e situações relativas aos recursos hídricos superficiais de bacias hidrográficas, procurando simular os eventos a partir de dados

de vazões históricas (naturais e observadas), médias das mínimas de sete dias para prever situações críticas com a obtenção de médias, extremos, tempo de permanência dos eventos, séries anuais de volumes (captação e consumo) e lançamentos de vazão e de cargas poluidoras nos cursos d'água.

A intenção na manipulação dos dados hidrometeorológicos, considerando os usos existentes e as previsões futuras, é de realizar o balanço hídrico do SsBC, para o qual se levará em consideração a disposição da atual rede hidrométrica existente e a obtenção de parâmetros para o enquadramento relacionado com o modelo de qualidade da água.

Os dados pluviométricos e fluviométricos históricos utilizados para a elaboração do balanço hídrico englobam somente o período de 1964 até 1992, e os evaporimétricos consistidos são relativos a 1964 até 1982.

As séries históricas, acima de 25 anos, são consideradas satisfatórias, segundo Meis, Coelho Netto e Oliveira (1981).

Para as análises estatísticas de vazões máximas e mínimas, foi utilizada toda a série existente, apesar da evaporimétrica ser limitada há 18 anos.

Os dados pluviométricos referentes ao SsBC se encontram na tabela 4.2.

Todas as estações pluviométricas, fluviométricas e evaporimétricas existentes na BHRC foram localizadas em um mosaico de imagens de satélite LANDSAT TM 5.

O posto fluviométrico utilizado foi o do DNAEE (Passo do Mendonça, com o código 87.905.000).

Os dados evaporimétricos são provenientes dos postos da CEEE, na usina de Candiota (1970/80), do DNOS, em Piratini (1964/76), e da Estação Fitotécnica da Secretaria da Agricultura, sediada em Bagé (1961/82), com períodos de observações menores do que as séries pluviométricas e fluviométricas, com máximo de 22 anos.

A vazão específica foi obtida através da seguinte equação:

$$q_e = \frac{Q_m}{\text{área}} \quad \text{onde:} \quad (4.1)$$

q_e = vazão específica (L/s/km²); Q_m = vazão média de longo período (m³/s); área = km² para séries de 1964 a 1992.

Tabela 4.2 - Caracterização das estações pluviométricas utilizadas

| Número | Código do DNAEE | Nome | Coordenadas Geográficas | |
|--------|-----------------|----------------------|-------------------------|------------|
| 1 | 03051003 | Camaquã | 30°51'00"S | 51°48'00"W |
| 3 | 03051016 | Camaquã | 30°50'00"S | 51°49'00"W |
| 5 | 03052004 | Dom Feliciano | 30°42'00"S | 52°04'00"W |
| 6 | 03052007 | Passo da Guarda | 30°54'00"S | 52°27'00"W |
| 7 | 03052008 | Passo do Marinheiro | 30°54'00"S | 52°27'00"W |
| 8 | 03052009 | Passo São José | 30°53'00"S | 52°14'00"W |
| 9 | 03052010 | Porto Tarumã | 30°55'00"S | 52°57'00"W |
| 12 | 03053007 | Lavras do Sul | 30°48'00"S | 53°54'00"W |
| 14 | 03053015 | Santana da Boa Vista | 30°52'00"S | 53°07'00"W |
| 17 | 03151003 | São Lourenço do Sul | 31°22'00"S | 51°58'00"W |
| 18 | 03152002 | Boqueirão | 31°17'00"S | 52°04'00"W |
| 19 | 03152003 | Canguçu | 31°23'00"S | 52°40'00"W |
| 20 | 03152011 | Passo do Mendonça | 31°00'00"S | 52°04'00"W |
| 21 | 03152021 | Canguçu | 31°23'00"S | 52°40'00"W |
| 23 | 03153003 | Paraiso | 31°13'00"S | 53°51'00"W |
| 28 | 03153008 | Pinheiro Machado | 31°34'00"S | 53°22'00"W |
| 32 | 03153013 | Pinheiro Machado | 31°34'00"S | 53°22'00"W |

(Fonte: DNAEE)

A série amostral de vazões máximas a mais do posto Passo do Mendonça foi ajustada a uma distribuição estatística Log-Pearson III.

A equação de Log-Pearson III utiliza três parâmetros, definidos pelas fórmulas a seguir:

$$p(x) = p_0 \left(1 - \frac{x}{\alpha}\right)^{\alpha/\delta} e^{-x/\delta} \quad (\text{função de densidade de probabilidades}) \quad (4.2)$$

$$p(X > x) = \int_{\tau=0}^x p_0 \left(1 - \frac{x}{\alpha}\right)^{\alpha/\delta} e^{-x/\delta} d\tau \quad (\text{função cumulativa de probabilidades}) \quad (4.3)$$

As curvas de permanência foram desenvolvidas com os dados das vazões e vazões específicas. Para os valores diários observados, foi usada a fórmula apresentada em Tucci (1997), que define os intervalos de forma logarítmica, segundo as seguintes equações:

$$d = \frac{\ln Q_{\max} - \ln Q_{\min}}{50} \quad \text{onde:} \quad (4.4)$$

d = amplitude do intervalo; $\ln Q_{\max}$ = logaritmo neperiano da vazão máxima; $\ln Q_{\min}$ = logaritmo neperiano da vazão mínima.

$$Q_j = \exp[\ln Q_{\min} + (j-1)d] \quad \text{onde:} \quad (4.5)$$

Q_j = limite inferior do intervalo j ; $\ln Q_{min}$ = logaritmo neperiano da vazão mínima; d = amplitude do intervalo.

O procedimento adotado consistiu em elaborar primeiro as curvas de permanência de valores mensais e estudar sua correlação com as de valores diários (ambas com vazões específicas), para ver se era possível estimar uma curva diária em função de uma mensal.

As curvas de regionalização mensais foram obtidas por simulação, utilizando a equação de balanço de um reservatório, sem um valor de área.

No caso em questão, desprezou-se a evaporação e se utilizou a série média de locais que proporcionam uma visão mais ampla do quadro.

$$S_{t+1} = S_t + Q_t - Q_{reg} \quad \text{onde:} \quad (4.6)$$

S_{t+1} = volume armazenado no início de um mês; S_t = volume no início do mês anterior; Q_t = vazão de aporte; e Q_{reg} = vazão que se deseja regularizar.

Para a obtenção do volume de água a ser regularizado, utilizou-se a série de vazões mensal dos postos. As vazões são divididas pela vazão média, e os volumes pelo volume anual correspondente à vazão ($Q_{med} \times 365 \times 86.400$).

O balanço hídrico no SsBC foi calculado em base mensal, e se encontra detalhado no capítulo 6, usando uma série de evaporação montada a partir da média das únicas três estações evaporimétricas, com dados disponíveis (Bagé, Candiota e Pinheiro Machado) para o período 1964 a 1982, com recobrimento parcial aos dados de pluviometria e fluviometria.

Os dados foram obtidos através do atmômetro de Piché. As estações, acima mencionadas, estão próximas entre si e fora do SsBC; representam, portanto, uma generalização da tendência da distribuição anual para a bacia como um todo. Consideram-se os dados resultantes do balanço hídrico como estimativas.

O balanço hídrico foi realizado para o Passo do Mendonça. Junto com este, foi calculada a série de déficit mensal de evaporação ($P - E_{tp}$).

Para a elaboração da carta temática de densidade média das drenagens do SsBC, foi obtido o valor máximo e mínimo do comprimento da vazão superficial de todas as drenagens presentes em cada sub-bacia e microbacia, a fim de obter a amplitude, sendo a mesma dividida em três intervalos de classes alta, média e baixa.

Na confecção da carta de riscos de inundações das drenagens, foi obtido o valor máximo e mínimo do comprimento da vazão superficial de todas as drenagens presentes em cada sub-bacia e microbacia, a fim de obter a amplitude, sendo a mesma dividida em três intervalos de classes grande, médio e pequeno.

O modelado hidrológico do SsBC levou em conta os parâmetros geométricos, associados aos dados hidrológicos, climatológicos, pedológicos, geológicos e de cobertura vegetal.

Os dados relativos aos poços tubulares, para a obtenção de água subterrânea, foram obtidos junto à CPRM, CORSAN e HIDROGEO Ltda. Existem vários outros poços na região, porém sem o cadastro dos dados técnicos.

Os dados hidrogeológicos foram obtidos a partir de informações relativas aos poços artesianos perfurados na região, com dados físicos. Foi realizado um mapa dos sistemas de fraturas a partir de imagens de satélite e fotogramas aéreos, a fim de auxiliar e obter três intervalos de classe, relativos aos fraturamentos e falhas mais propícias à obtenção de água a partir de poços tubulares.

4.2.7 Dados sobre a qualidade da água

Os locais de amostragens foram selecionados após o levantamento dos dados existentes em diversos órgãos e seguiram os critérios de representatividade e homogeneidade das amostras junto ao perfil de coleta, naquele instante, com lâmina d'água contínua. Precauções foram tomadas, procurando distanciar-se dos pontos de possível interferência e contaminação, tais como: pilares de pontes, obras hidráulicas, barragens, corredeiras e outros que modificam os dados de oxigênio dissolvido (Fotografia 4.1). As coletas foram realizadas no meio do curso d'água, em superfície e repetidas nas quatro estações do ano, com distintos regimes hidrológicos.

Para a classificação do rio Camaquã, foram realizadas análises das 19 coletas em quatro pontos do SsBC. Estes locais são relativos às sub-bacias do arroio Duro, arroio do Sapato, Cristal e Pacheca. Foram contempladas as estações do ano em um período de 36 meses (outubro de 1997 até setembro de 1999) (ver mapa da figura 6.32).

Outro aspecto a considerar é o fácil acesso ao local para a obtenção dos dados, contemplando o fator tempo de coleta devido aos parâmetros conservativos, não-conservativos e não-conservativos/não-preserváveis.



**Fotografia 4.1 - Coletor de água *Van Dorn* e recipientes para fixação do material.
Local: Pacheca, microbacia da Ilha do Vianez**

Os locais de coleta foram em número de cinco e procuram contemplar a distribuição a fim de proporcionarem uma visão ampla das condições d'água do SsBC a seguir discriminadas:

Ponto - 01: Próximo a Cristal

Arroio do Sapato

Bacia de Contribuição: 966,0km²;

Ponto 02: Em Cristal (ponte sobre a BR-116)

Rio Camaquã

Bacia de Contribuição: 15.540,0km²;

Ponto 03: Em Pacheca (próximo ao balneário)

Rio Camaquã

Bacia de Contribuição: 16.804,0km²;

Ponto 04: A jusante da barragem do arroio Duro

Arroio Duro

Bacia de Contribuição: 436,0km² (Figura 4.1).

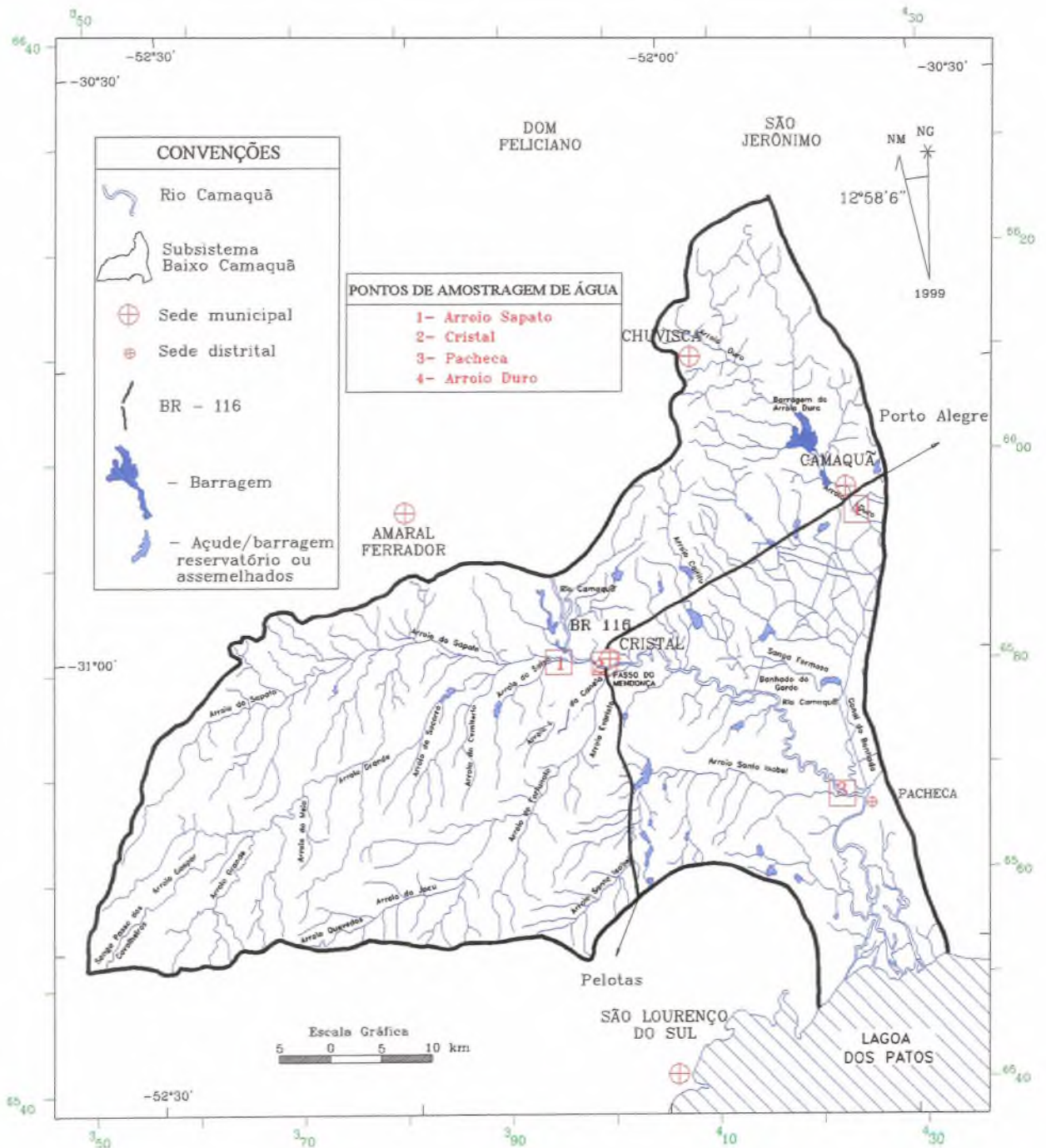


Figura 4.1 - Carta dos pontos de amostragens de água SsBC. (Fonte: modificado de Konrad e Miranda, 1996)

As amostras de água foram analisadas quanto aos seus principais parâmetros físico-químicos e bacteriológicos.

A temperatura-ambiente, relativa aos dias de coleta das amostras de água, variou entre 23,0°C e 26,5°C, no verão (período de estiagem) e 12,5°C e 21°C, no inverno.

A embalagem das amostras de água e os procedimentos de laboratórios estiveram conforme a NBR-9898.

O acondicionamento das amostras foi em embalagens distintas para contemplar a análise dos parâmetros de demanda química de oxigênio, nitratos, nitritos, fósforo total, óleos e graxas; outra de vidro para verificar DBO₅, cloretos, condutividade, pH, sólidos suspensos, sólidos totais e surfactantes; outra de polietileno, para análise dos metais pesados; outra de vidro, para o oxigênio dissolvido; e uma para os dados pertinentes aos coliformes fecais. Todas as amostras foram acondicionadas em envoltório térmico, a baixa temperatura, e não ultrapassaram sete horas até o início das atividades analíticas.

A cada parâmetro de qualidade da água, é dado um peso e uma nota em função da concentração do ensaio a partir das águas analisadas.

Os ensaios foram realizados pelo laboratório especializado da Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC) e da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS).

Utilizou-se a Resolução CONAMA nº 20/86, a fim obter os limites estipulados pelas cinco classes de enquadramento das águas doces (as que possuem valor de salinidade igual ou inferior a 0,5‰). Estas, de acordo com os seus usos preponderantes, são classificadas em classe Especial; classe 1; classe 2; classe 3; e classe 4). Além disto, foi calculado o índice geral de qualidade das águas, proposto pela *National Sanitation Foundation Institution*, NSF.

Para a execução dos cálculos, elaboração dos gráficos e obtenção das notas referentes às análises dos oito parâmetros, acima mencionados, utilizou-se a planilha eletrônica do *Microsoft Excel 2000*.

O IQA utilizado e com adaptações dos estudos e técnicas empregadas no rio dos Sinos foi obtido usando-se as seguintes equações do produtório (equação 4.7) e do somatório (equação 4.8):

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad \text{onde:} \quad (4.7)$$

$$IQA = \sum q_i \times w_i, \quad \text{onde:} \quad (4.8)$$

IQA = Índice de Qualidade das Águas, um número entre zero e 100; q_i = nota de qualidade do i -ésimo parâmetro, um número de zero a 100, obtido da respectiva “curva média de variação da qualidade”, em função de sua concentração ou medida; e w_i = peso relativo do i -ésimo parâmetro, um número de zero e um, atribuído em função de sua importância para conformação global de qualidade, sendo que

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad \text{onde:} \quad (4.9)$$

n = número de parâmetros que entram no cálculo; e i = número de ordem do parâmetro (1 a 8).

No caso de não se dispor de um dos nove parâmetros, o cálculo do IQA é inviabilizado.

A criação do IQA baseou-se numa pesquisa de opinião feita junto a especialistas em qualidade de águas, que indicaram os parâmetros a serem medidos, o peso relativo dos mesmos e a condição com que se apresenta cada parâmetro, segundo uma escala de valores *rating*. A partir dos 35 parâmetros indicadores de qualidade de água, inicialmente propostos, foram selecionados nove. Para estes, a critério de cada profissional, foram estabelecidas curvas de variação de qualidade das águas, de acordo com o estado ou a condição de cada parâmetro.

O IQA é determinado pelo somatório ponderado das qualidades de água correspondentes aos parâmetros: temperatura da amostra, pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, coliformes fecais, nitrogênio total, fosfato total, resíduo total e turbidez. No Brasil, a temperatura foi abolida, e os pesos redistribuídos nos outros parâmetros.

Para se obter dados sobre a qualidade das águas brutas e sua classificação, empregaram-se as faixas de enquadramento de Ott, (1978) (Tabela 4.3):

Tabela 4.3 - Faixas de enquadramento dos índices de qualidade das águas e sua classificação

| FAIXA DE IQA | CLASSIFICAÇÃO |
|--------------|---------------------|
| 0 - 25 | qualidade péssima |
| 26 - 50 | qualidade má |
| 51 - 70 | qualidade média |
| 71 - 90 | qualidade boa |
| 91 - 100 | qualidade excelente |

(Fonte: Ott, *op. cit.*)

A metodologia analítica dos parâmetros, de forma resumida, se encontra na tabela 4.4.

Tabela 4.4 - Metodologias analíticas empregadas nas análises laboratoriais

| PARÂMETROS | METODOLOGIAS ANALÍTICAS |
|---------------------|---------------------------------------------------------|
| Temperatura da Água | Termometria |
| pH | Eletrometria |
| Condutividade | Eletrometria |
| Óleos e Graxas | Extração-Soxhlet |
| DQO | Espectrofotometria |
| DBO ₅ | Incubação 5 dias - Oxímetro |
| Sólidos Suspensos | Gravimetria |
| Cloretos | Titulometria |
| Fósforo Total | Espectrofotometria |
| Nitrito | Espectrofotometria |
| Turbidez | Espectrofotometria de Absorção Atômica |
| Oxigênio Dissolvido | Oxímetro - Nefelometria |
| Coliformes Fecais | Oxímetro - Eletrodo/Membrana Tubos Múltiplos - Índex |

(Fonte: APHA, 1995)

Estudos similares, para a BHRC, sobre a qualidade da água, foram desenvolvidos por Konrad e Naeher (1996), ECOPLAN (1998) e Ronchi, Baecker e Martins (2000).

4.2.8 Dados sedimentológicos

As coletas de sedimentos procuram obter a melhor representação e homogeneidade das porções sedimentares do rio e dar uma visão ampla da distribuição destes. Estas foram obtidas com pá de corte, situando-se a maioria entre 15cm e 20cm de profundidade, em forma de cunha. As amostras pesaram, em média, 500 gramas, após quarteamento prévio de campo. Depois da coleta, estas foram embaladas em sacos plásticos, etiquetadas com a sigla SsBC, numeradas seqüencialmente com data e enviadas para análise granulométrica. Os dados locais foram anotados em caderneta de campo, assim como os de posicionamento geográficos, obtidos com um receptor GPS de mão, marca Garmin, modelo III *plus*.

As análises granulométricas foram analisadas no laboratório de sedimentologia da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), a fim de auxiliar na caracterização geral das classes texturais dos sedimentos coletados junto à margem e dragados junto ao canal principal do rio Camaquã. As amostras foram as mesmas para as quais se realizaram análises de metais pesados, pesticidas e organoclorados apresentados em Konrad e Naeher (1996).

Os trabalhos mais detalhados sobre a sedimentologia da região são de Juchem (1982), sobre o delta do rio Camaquã; de Muniz e Pedebos (1980), sobre a drenagem do rio; e de Semmelmann, Bordas e Lanna (1989), a respeito da sedimentação.

Referentes aos estudos granulométricos, para cada ponto de sedimentos amostrados, foram descritos os seguintes aspectos:

- percentagens das frações granulométricas totais, segundo a escala de tamanhos de Wentworth (1922) e classificações de Folk (1954) e Shepard (1954);
- análises estatísticas, segundo Folk e Ward (1957), estabelecendo os graus de seleção, assimetria e curtose;
- análises dos histogramas com descrições, conforme Udden (1914).

4.2.9 Dados sobre fauna e flora comuns na região

Este tópico envolveu o levantamento de quais são os tipos principais de vegetações presentes, na forma de mata nativas, mata ciliar, mata plantada e campo, auxiliando o processo de classificação, e foram levadas em consideração as observações de Rambo (1956).

Com relação à fauna, foram realizadas pesquisas bibliográficas no Museu de animais empalhados Moacir Beltrame, em Cristal e em observações em campo. A classificação referente a avifauna teve como base o trabalho de Silva e Caye (1992).

O levantamento da vegetação e utilização do uso do solo foi realizado a partir de classificação digital, com a supervisão das verdades de campo, a partir de imagens de satélites digitais e fotointerpretação de fotogramas aéreos *rasterizados*.

4.2.10 Dados sobre cadastramento e armazenamento dos dados

O levantamento do meio físico, a fim de compor uma visão globalizada do meio ambiente e suas necessidades, para melhor gerir as bacias hidrográficas, foi desenvolvido levando-se em consideração e contemplando os seguintes aspectos:

- emprego de um banco de dados de ampla utilização *MSAccess* com a finalidade de facilitar a utilização das rotinas geradas;
- estruturação de novas questões facilmente atualizáveis e mutáveis, junto ao banco de dados, com estrutura similar ao método *Delphi*;
- registro dos dados municipais, contemplando a proporcionalidade de cada município, em termos de área territorial;

- projeção das populações urbana e rural dos municípios pertencentes à bacia (IBGE, 1998);
- renda *per capita* e outras como alternativa complementar aos dados sócio-econômicos;
- cadastramento dos usuários - Podem ser subdivididos em proprietários, arrendatários, parceiros e outros. Em função da escala, foram utilizados os elementos do banco de dados da ECOPLAN (1998);
- usos consuntivos e não-consuntivos;
- mananciais a partir dos cursos d'água, reservatórios, poços, fontes e outros;
- tipos de captação por derivação via gravidade, bombeamentos e outras;
- retenção da água e destino: curso da água, lavoura, outros.

Com esta visão globalizada dos recursos hídricos, é possível ter uma idéia mais acurada, com vistas ao correto planejamento, ordenamento e gestão do meio ambiente, empregando adequadamente os recursos financeiros e seus respectivos fluxos nos pontos de maior interesse e com melhor garantia de retorno social.

4.2.11 Fórmulas empregadas na cartografia temática digital

Para a obtenção dos dados relativos às análises lineares do sistema fluvial do SsBC, foram empregadas as seguintes equações matemáticas:

O N_u representa o somatório do número de segmentos de drenagens de cada ordem de grandeza. O R_b é a relação de bifurcação proposta por Horton (1945), com a seguinte expressão:

$$R_b = \frac{N_u}{(N_{u+1} + 1)} \quad \text{onde:} \quad (4.10)$$

- R_b = relação de bifurcação; N_u = número de segmentos de determinada ordem de grandeza; N_{u+1} = número de segmentos de determinada ordem de grandeza de ordem imediatamente superior. O L_u é a soma total dos comprimentos dos canais de cada ordem de grandeza.

O comprimento médio dos segmentos fluviais expresso por:

$$L_m = \frac{L_u}{N_u} \quad \text{onde:} \quad (4.11)$$

- L_m = comprimento médio dos segmentos fluviais; L_u = soma total dos comprimentos dos canais de cada ordem de grandeza; e N_u = somatório do número de segmentos de drenagens de cada ordem de grandeza. Este resultado é importante na determinação da relação entre o comprimento médio dos canais de cada ordem.

O Rl_m é a relação entre os comprimentos médios dos canais, onde se tem:

$$Rl_m = \frac{L_{mu}}{L_{mu-1}} \quad \text{onde:} \quad (4.12)$$

- Rl_m = relação entre os comprimentos médios dos canais; L_{mu} = comprimento dos canais de determinada ordem; L_{mu-1} = comprimento dos canais de determinada ordem de grandeza de ordem imediatamente superior.

A Rl_b é a relação entre o índice dos comprimentos médios dos canais e o índice de bifurcação, expressa por:

$$Rl_b = \frac{Rl_m}{R_b} \quad \text{onde:} \quad (4.13)$$

- Rl_b = relação entre o índice do comprimento médio e o de bifurcação; Rl_m = índice do comprimento médio entre duas ordens subseqüentes; R_b = relação de bifurcação entre as mesmas ordens subseqüentes.

A análise da área das bacias hidrográficas envolveu a planimetria e a utilização de medições lineares.

A drenagem contribuinte ou área da bacia vem a ser a superfície drenada pelo sistema fluvial projetado no plano horizontal, em km^2 .

O perímetro delimita cada sub-bacia e microbacia junto ao interflúvio ou divisor topográfico, dado em km.

O diâmetro auxiliou na obtenção do índice de forma das sub-bacias e microbacias, km.

O comprimento da bacia apresenta vários conceitos. O utilizado foi obtido a partir da distância da desembocadura até o ponto mais alto, situado no perímetro do SsBC, medido em linha reta, em km.

A medida de maior largura da bacia é retirada no ponto de maior largura da sub-bacia ou microbacia hidrográfica. Dependendo da escala de trabalho, poderá ser em m ou km.

O comprimento do canal principal medido é a distância da foz até a nascente. Consideram-se as sinuosidades que o rio ou a drenagem principal de maior ordem de grandeza apresenta para cada sub-bacia ou microbacia, dado em km.

A obtenção matemática do comprimento do canal principal do rio foi obtida através da relação entre o comprimento do rio principal pela área da sub-bacia ou microbacia do SsBC, calculado pela seguinte fórmula:

$$L = 1,5 \times A^{0,6} \quad \text{onde:} \quad (4.14)$$

- L = comprimento do rio principal, em km; A = área da bacia, em km^2 .

O comprimento paralelo ao canal principal é à distância da foz até a nascente, sem considerar as sinuosidades que o rio ou a drenagem principal de maior ordem de grandeza apresenta para respectiva sub-bacia ou microbacia, dado em km.

A extensão do percurso superficial vem a ser a distância de percurso médio das águas entre o interflúvio e o canal permanente. Para seu cálculo, utiliza-se a seguinte equação:

$$Eps = \frac{1}{(2 \times Dd)} \quad \text{onde:} \quad (4.15)$$

- Eps = extensão do percurso superficial, em km; e Dd = densidade de drenagem.

A cota máxima é a maior altitude, ou seja, o ponto mais culminante que se encontra na área de estudo.

A cota mínima é a menor altitude, ou seja, o ponto mais baixo, associado, geralmente, à desembocadura.

A amplitude altimétrica é obtida pela subtração da maior cota pela menor cota da sub-bacia ou microbacia, em m.

O comprimento total dos canais é obtido pelo somatório de todos os segmentos de cursos d'água que estão presentes na área a ser analisada, em km.

Para a obtenção da ordem de grandeza das drenagens do SsBC, foi utilizada a classificação de Strahler (1952), por ser amplamente utilizada. Para este autor, os menores canais situados a montante de uma bacia hidrográfica são os canais de primeira ordem, que, pela união de dois, de ordem inferior, formam um de ordem superior, de segunda ordem; os de terceira são originários pela confluência de dois canais de segunda ordem e recebem canais de ordem inferior, e assim sucessivamente. É uma maneira de segmentar, em função das bifurcações, o sistema de drenagem de uma bacia hidrográfica.

O número de canais é o valor obtido do total de canais de todas as ordens, presente nas sub-bacias e microbacias.

A área do círculo é obtida a partir do círculo de perímetro igual ao da sub-bacia ou microbacia estudada, em km².

A forma de uma bacia, subsistema, sub-bacia ou microbacia hidrográfica foi proposta por Miller (1953). Dá-se através do cálculo que compara a mesma com uma figura geométrica, tal como um quadrado, um retângulo, uma elipse, um círculo, um hexágono, triângulo ou outra qualquer, a fim de eliminar a subjetividade no processo de analogia entre bacias ou unidades menores. Estas relações matemáticas permitem calcular o índice de circularidade, que possibilita comparar a área de uma bacia com a de um círculo de igual perímetro, dado pela seguinte equação:

$$I_c = \frac{A}{A_c} \quad \text{onde:} \quad (4.16)$$

- I_c = índice de circularidade; A = área da bacia ou unidade menor estudada, em km²; e A_c = área do círculo de perímetro igual ao da unidade analisada, em km². O valor adimensional máximo obtido é 1,0.

A proposição de Lee e Salle (1970) corrobora com o índice de forma, pois, enuncia que os valores são inversamente proporcionais aos encontrados para o índice de circularidade, indicando que, quanto maior for o valor numérico encontrado, tendendo à unidade, mais sujeita a inundações estará a área. A modificação proposta e que mostrou consistência no presente trabalho é do índice de forma comparado com a área do círculo, por ser a morfologia

de bacia mais susceptível a inundações. Com a utilização única da figura geométrica do círculo, é possível obter-se este índice através da fórmula a seguir:

$$I_f = 1 - \frac{(A - A_c)}{(A + A_c)} \quad \text{onde:} \quad (4.17)$$

- I_f = índice de forma; A = área da bacia, em km^2 ; e A_c = área do círculo de igual perímetro ao da bacia, em km^2 .

Quanto menor for este índice, com tendência à unidade, mais próximo da figura geométrica de um círculo estará a área de estudos e, portanto, mais susceptível às inundações.

O índice entre o comprimento e a área das bacias é obtido pela divisão do diâmetro da bacia (D_h) pela raiz quadrada da área.

Segundo a equação abaixo, tem-se:

$$I_{co} = \frac{D_h}{\sqrt{A}} \quad \text{onde:} \quad (4.18)$$

- I_{co} = índice entre o comprimento e a área; D_h = diâmetro da bacia, em km; e \sqrt{A} = raiz quadrada da área da bacia, em km.

Com este índice, obtêm-se informações referentes aos processos de alargamento e alongamento de bacias, subsistemas, sub-bacias e microbacias hidrográficas. Para os valores de I_{co} menores do que 1,0, a área de estudo terá a forma alargada; para valores em torno de 1,0, a forma da bacia é similar a um quadrado ou círculo; e quando for maior do que a unidade mais alongada, será a mesma.

A densidade de rios relaciona-se ao número de rios pela área da bacia. Permite analisar a frequência de canais fluviais por km^2 , proposto originalmente por Horton (1945), através da seguinte fórmula:

$$D_r = \frac{N}{A} \quad \text{onde:} \quad (4.19)$$

- D_r = densidade de rios, em rios por km^2 ; N = número de cursos d'água ou rios; e A = área da bacia em estudo, em km^2 .

A densidade de drenagem é o produto do comprimento total das drenagens de escoamento pela área da bacia hidrográfica. Definida por Horton (*op. cit.*), através da seguinte equação:

$$Dd = \frac{L_t}{A} \quad \text{onde:} \quad (4.20)$$

- Dd = densidade de drenagem, em km/km^2 ; L_t = comprimento total dos canais, em km ; e A = área da bacia, em km^2 .

A densidade de segmentos é dada pelo conjunto de drenagens de todas as ordens por unidade de área. Utiliza-se, para isto, a ordenação de Strahler (1952), e a equação é a seguinte:

$$F_s = \frac{\sum ni}{A} \quad \text{onde:} \quad (4.21)$$

- F_s = densidade de segmento da bacia; ni = número de segmentos de determinada ordem: $i = 1; 2; \dots$ enésima ordem; A = área da bacia, em km^2 .

A densidade de segmentos, assim como a de drenagens, apresenta aspectos distintos da morfologia do relevo, considerando a diversidade espacial das bacias, litologias, clima, relevo e cobertura superficial. Com isto, Melton (1958) procurou relacionar as duas densidades mencionadas, através da seguinte equação:

$$F_s = 0,694 \times Dd^2 \quad \text{onde:} \quad (4.22)$$

- F_s = densidade de segmentos da bacia, número de segmentos por km^2 ; Dd^2 = densidade de drenagens ao quadrado.

A partir das seguintes equações, derivou a comparação, através dos valores encontrados para F_{s1} , F_{s2} e F_{s3} , quando estes são iguais às bacias são geometricamente semelhantes.

$$Fs1 = \frac{Fs}{Dd^2} = Fs2 = \frac{\sum ni \times A}{L^2} = Fs3 = \frac{1}{Dd \times Lm} \text{ onde:} \quad (4.23)$$

- $Fs1 = Fs2 = Fs3$ = comparação da densidade de segmentos da bacia; Dd^2 = densidade de drenagem, ao quadrado; ni = número de segmentos de determinada ordem: $i = 1; 2; \dots$ enésima ordem; A = área da bacia, em km^2 ; L^2 = comprimento total dos segmentos da bacia, ao quadrado; Lm = comprimento médio dos segmentos da bacia, em km.

O coeficiente de manutenção de bacias foi, por alguns autores, denominado de constante de manutenção de canais. Este dado é importante, pois caracteriza o sistema de drenagens, dando uma noção de qual é a área mínima para a manutenção de um metro de canal de escoamento, segundo Schumm (1956). Tem a seguinte expressão matemática para seu cálculo:

$$Cm = \frac{1}{Dd} \times 1.000 \quad \text{onde:} \quad (4.24)$$

- Cm = coeficiente de manutenção; Dd = densidade de drenagem, em metros.

O coeficiente de massividade é importante para se obter o cálculo do coeficiente orográfico de bacias. A obtenção do coeficiente de massividade se dá pela divisão do cateto oposto (altura média), pelo cateto adjacente, ou seja, a área. A fórmula matemática é a seguinte:

$$Cma = \frac{hm}{A} \quad \text{ou} \quad Cma = tg\alpha \quad \text{onde:} \quad (4.25)$$

- Cma = coeficiente de massividade; hm = altura média do relevo, em m; A = área, em km^2 .
 tg = tangente; e α = declividade do canal de drenagem principal.

A utilização do ângulo alfa, relacionado com a inclinação média do canal principal, é porque a medida do relevo máximo da bacia ou amplitude altimétrica máxima pode corresponder a pontos excepcionais, que não retratam a real altitude média do relevo.

A altura média é obtida pela seguinte equação:

$$hm = Hi \times Hm \quad \text{onde:} \quad (4.26)$$

- hm = altura média; Hi = integral hipsométrica; e Hm = amplitude altimétrica.

A Hm é obtida pela subtração da cota máxima pela cota mínima da sub-bacia ou microbacia hidrográfica, em análise.

A integral hipsométrica se obtém da seguinte expressão matemática:

$$Hi = \frac{hm}{Hm} \quad \text{onde:} \quad (4.27)$$

- Hi = integral hipsométrica; hm = altura média, em m; e Hm = amplitude altimétrica.

O coeficiente orográfico proporciona uma visão de quais são as sub-bacias e microbacias hidrográficas com maior energia de relevo.

$$Co = Hm \times Cma \quad \text{onde:} \quad (4.28)$$

- Co = coeficiente orográfico; Hm = amplitude altimétrica; e Cma = coeficiente de massividade ou $t\alpha$.

Existem várias maneiras de se calcular a relação de relevo, utilizando a amplitude altimétrica máxima da bacia pelo comprimento da bacia ou pelo perímetro da bacia, porém a última maneira é a mais utilizada, através da fórmula de Melton (1962), que emprega a área, segundo a equação a seguir:

$$Rr = \frac{Hm}{\sqrt{A}} \quad \text{onde:} \quad (4.29)$$

- Rr = relação de relevo; Hm = amplitude altimétrica máxima da bacia, em m;
 \sqrt{A} = raiz quadrada da área, em km^2 .

O índice de dissecação é obtido através do produto da amplitude topográfica pela raiz quadrada da densidade de segmentos de drenagens e pode ser calculado pela seguinte fórmula:

$$Id = Hm \times \sqrt{Fs} \quad \text{onde:} \quad (4.30)$$

- Id = índice de dissecação; Hm = amplitude altimétrica; e Fs = densidade de segmentos de drenagens.

O índice de rugosidade reúne dados da declividade e o comprimento das drenagens. A equação abaixo expressa a fórmula para obter este resultado:

$$Ir = Hm \times Dd \quad \text{onde:} \quad (4.31)$$

- Ir = índice de rugosidade; Hm = amplitude altimétrica; e Dd = densidade de drenagens.

O uso potencial de todas as sub-bacias e microbacias que integram o SsBC, em função da subdivisão em sete intervalos de classes, está discriminado a seguir, na tabela 4.5.

Tabela 4.5 - Intervalos de classes e respectivas classificações, segundo o índice de rugosidade: Ir

| Intervalo | Classificação |
|---------------|--------------------------|
| 0 - 0,04 | Agricultura |
| > 0,04 - 0,09 | Agricultura/Pastagem |
| > 0,09 - 0,13 | Pastagem/Agricultura |
| > 0,13 - 0,18 | Pastagem |
| > 0,18 - 0,22 | Pastagem/Reflorestamento |
| > 0,22 - 0,27 | Reflorestamento/Pastagem |
| > 0,27 - 0,31 | Reflorestamento |

A carta de usos conflitivos dos solos é o resultado do cruzamento das cartas de capacidade de uso dos solos pelos usos atuais, demonstrando quais são as sub-bacias e microbacias que merecem especial atenção, em termos de melhor gerenciamento ambiental.

O índice de sinuosidade é a relação entre o real comprimento do canal principal e a distância do eixo do vale fluvial, representado pela seguinte expressão matemática:

$$S = \frac{L}{L_r} \quad \text{onde:} \quad (4.32)$$

- S = índice de sinuosidade; L = comprimento do canal principal, considerando suas sinuosidades, em km; e L_r = comprimento do canal principal em linha reta, segundo a região central do vale fluvial, em km.

4.3 Fase de análise e conclusão

Abordará a elaboração do questionário e a rotina do banco de dados da *MSAccess*, o tratamento estatístico, a cartografia temática, os planejamentos, as proposições e a elaboração da tese.

4.3.1 - Elaboração do questionário e rotinas do banco de dados

Esta fase permitiu verificar a qualidade dos dados obtidos e estabelecer os intervalos de classes necessários para a divisão e elaboração das convenções e legendas das cartas temáticas.

Trata-se de um importante subsídio na elaboração de várias cartas e seus respectivos inter-relacionamentos, a fim de auxiliar no estabelecimento dos índices de sustentabilidade que permitirão estabelecer comparações, além de qualitativas as quantitativas.

Foi efetivada a criação de um sistema capaz de auxiliar a caracterização ambiental de uma certa bacia, subsistema, sub-bacia ou microbacia hidrográfica, através da aplicação de um questionário, via banco de dados da *Microsoft Access*, onde se tem um conjunto de questões selecionadas que permitem uma avaliação da área em estudo (Microsoft, 1997).

Estas questões foram obtidas como uma variante do método *Delphi*, onde vários profissionais das áreas geológicas, biológicas, químicas, engenharias, sociais e econômicas avaliaram as questões, elaboradas por este autor, e emitiram suas opiniões a fim de validar o questionário que pode ser mudado a qualquer momento, pois se trata de um banco de dados aberto. O objetivo original do método *Delphi* é a aplicação e criatividade de idéias para produzir informações voltadas à tomada de decisões. Está baseado no processo de coleta de uma série de questionários encaminhados a vários especialistas, (Linstone e Turoff, 1975; Turoff e Hiltz, 2000). Com as respostas dos questionários, estas serão inseridas no banco de dados e testadas, a fim de validar nas distintas áreas de conhecimentos das sub-bacias e microbacias hidrográficas, objeto deste estudo.

Os questionamentos têm valores atribuídos às suas respostas, de forma que a seleção das respostas, de maneira correta, permitem uma avaliação quantitativa do estado da área de conhecimento em estudo. Por isto, no projeto do sistema, foi levada em consideração a capacidade deste de armazenar estes valores para cada resposta, bem como do cômputo geral

das variáveis envolvidas. A partir disto, partiu-se para a escolha da ferramenta e para a posterior implementação do sistema.

Na escolha da ferramenta, procurou-se, inicialmente, a utilização de programas de inteligência artificial, especialmente na área de sistemas especialistas. Imaginava-se que se poderia desenvolver um sistema especialista capaz de orientar o preenchimento do questionário, além de se poder tomar decisões, quanto à necessidade de respostas de todas as questões propostas, a partir de estados definidos. Isto é: algumas respostas poderiam forçar ou coibir a apresentação de perguntas posteriores, por exemplo, por motivos de mútua exclusão. Entretanto, as ferramentas para a produção de sistemas especialistas ainda não são bem difundidas, sendo de difícil obtenção. Das disponíveis em português, experimentou-se o *Expert Sinta*, desenvolvido pelo Laboratório de Inteligência Artificial, LIA da Universidade Federal do Ceará, UFC. Trata-se de um ambiente de desenvolvimento para sistemas especialistas, através do qual se insere toda uma base de conhecimentos (aquilo que se sabe a respeito do problema), bem como uma seqüência de regras que abstraem o relacionamento interno da base de conhecimento, e uma máquina de inferência, capaz de obter alguma informação sobre o problema tratado, a partir da base de conhecimento armazenada e das regras que a manipulam.

Após diversas tentativas de se estruturar o questionário na forma de um sistema especialista com o *Expert Sinta*, verificou-se que este não possuía toda a flexibilidade desejada. Seu suporte, em nível de manipulação de variáveis, de funções matemáticas e de personalização de interface, forçou a opção por ferramentas de desenvolvimento mais genéricas. Dentre as diversas disponíveis, optou-se pelo *Microsoft Access (MSAccess)*, programa capaz de manipular grandes bancos de dados, além de possibilitar a sua total programação e fácil interação com o *Microsoft Excel e Word*, bem como a expansão de suas potencialidades com a utilização de controles externos (*ActiveX*), que são componentes capazes de se “conectarem” ao sistema, oferecendo a este toda sua funcionalidade (Chappell, 1996).

Subseqüentemente, veio à etapa de desenvolvimento. Nesta parte, passou-se a estudar qual são os elementos mais importantes do sistema e chegou-se à elaboração de um modelo deste, com as entidades mais importantes e seus relacionamentos (Figura 4.2).

Os principais itens analisados foram à questão, as respostas possíveis, as respostas fornecidas (*QuestãoRespondida*), além de uma divisão do questionário em áreas de conhecimento e regiões de estudo (Figura 4.3).

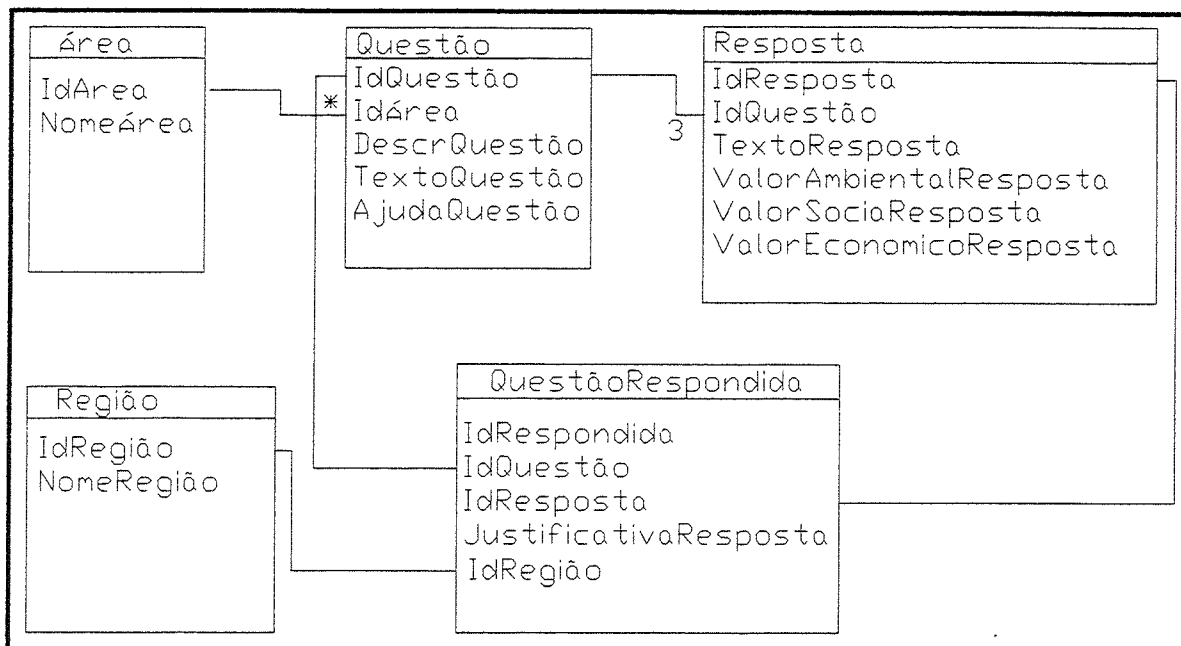


Figura 4.2 - Entidades e relacionamentos estruturados para o banco de dados *MSAccess*

Figura 4.3 - Interface inicial de seleção da região e a área de conhecimento (NomeArea) para o banco de dados *MSAccess*

A primeira entidade representa cada questão existente dentro do formulário. Possui um texto que é apresentado ao usuário, além de um tópico de ajuda, onde, entre outras coisas, pode-se apresentar a referência para o indicador questionado. Ligam-se, a cada questão, três possíveis respostas, representadas pela entidade-resposta, onde cada uma possui, além do texto apresentado ao usuário, valores de 0 até 2, dividindo o índice de sustentabilidade em cinco intervalos de classe (muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto), para cada uma das três áreas estudadas: a ambiental, a social e a econômica. Além disto, as questões são agrupadas por área de conhecimento e por regiões de estudo. Estes valores, acima

mencionados, podem ser atribuídos pelo usuário do programa, assim como valores de sensibilidade para questões que tenham para a unidade de estudo uma maior peso do que outra.

Durante o preenchimento do questionário, tem-se a tarefa de relacionar, a cada questão registrada, uma das três respostas existentes, a partir da interação com o usuário. No momento em que este escolhe uma das respostas possíveis, cria-se um novo registro do tipo Questão Respondida e se estabelecem às ligações à questão e à resposta selecionadas. Ainda se fornece uma justificativa com o motivo da escolha desta resposta (onde se pode, por exemplo, mencionar fontes de dados, laboratórios, relatórios técnicos, etc.).

Realizada esta análise simplificada, passou-se à criação das tabelas e formulários utilizados no sistema. Estes foram estruturados utilizando-se as ferramentas do *MSAccess*. Para as tabelas, fez-se a criação de cada uma e a definição de cada campo destas, com seus respectivos tipos de dados. Em seguida, estipularam-se os relacionamentos entre estas tabelas, de maneira análoga ao diagrama supramencionado (Figura 4.4).

Durante a criação das tabelas, alguns campos adicionais foram inseridos em algumas das entidades analisadas, para se realizar algumas operações inerentes ao processo de preenchimento do formulário de maneira mais fácil. Criou-se a possibilidade de ajuste individual, por parte do usuário, de cada questão no nível de influência desta sobre o cômputo dos resultados, mediante a inserção de campos de sensibilidade de 1% a 100%, além do armazenamento do *status* de cada questão e áreas, bem como campos de ordenação para as questões (Figura 4.5).

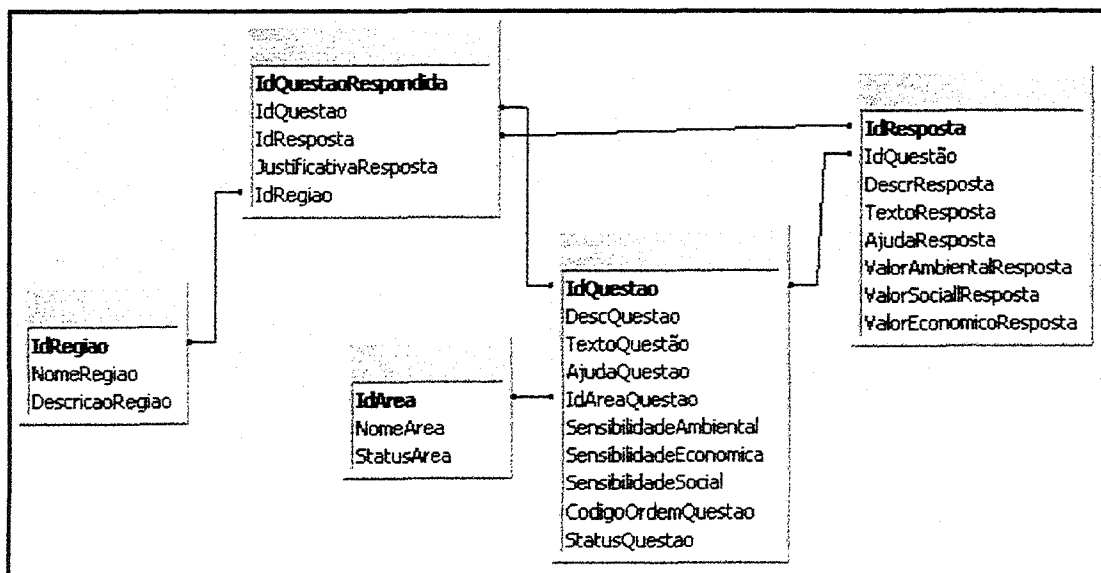


Figura 4.4 - Inter-relacionamentos entre as tabelas empregadas no banco de dados *MSAccess*

Feita a criação das tabelas, passou-se ao desenho e criação dos formulários apresentados aos usuários do sistema. Estes formulários formam a interface com estes usuários e são responsáveis pelo entendimento e pela facilidade de manuseio do sistema.

The screenshot displays a software interface for data entry and analysis. It includes a question editor, a table of responses with sensitivity scores, and a ternary plot for community classification.

Question Editor:

| NomeÁrea: | Descr. Questao | Água | Ordem da Questao | 1 |
|----------------------------|------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----|
| Recursos hídricos | Texto da Questão | Qual é a característica das águas na área de estudos, quanto ao teor de sólidos totais dissolvidos (STD)? | | |
| Recursos da terra | Ajuda p/ Questao | Indicador das características naturais das águas que podem ser: salina, salobra e doce, segundo a classificação mundial das águas pelo sistema internacional de unidades e Resolução | | |
| Economia e Infra-estrutura | Sens. Ambiental | 100 | Sens. Economica | 15 |
| Indústrias e Energia | Sens. Social | | | 1 |
| Demografia e Educação | QuestoesComRespostas subformulário | | | |
| Saúde e Saneamento | | | | |

Table of Responses:

| TextoResposta | Ambiental | Social | Economico |
|----------------------------------------|-----------|--------|-----------|
| > 10.00 mg/L ou salinidade > 30.000ppm | 1 | 1 | 1 |
| 1.000-10.000mg/L ou de > 500-30.000ppm | 1 | 1 | 1 |
| < 1.000mg/L ou 500ppm | 2 | 2 | 2 |

Ternary Plot:

The ternary plot shows the classification of communities based on three axes: Ambiental (top), Social (bottom left), and Econômico (bottom right). A point is plotted in the 'Rural-Industrial' region.

Classificação das Comunidades:

- Primária
- Industrial
- Urbana
- Rural-Industrial
- Industrial-Rural
- Industrial-Comercial
- Comercial-Industrial
- Comercial-Rural
- Rural-Comercial
- Sustentável

Registro: 1 de 165
Texto apresentado ao usuário p/ resposta

Figura 4.5 - Exemplificação do uso da sensibilidade no modo “ajuda” das questões e respostas do banco de dados *MSAccess*

Neste formulário, nota-se ainda a presença de um gráfico ternário que relaciona o cômputo dos totais acumulados das respostas já fornecidas ao sistema, cujo resultado é a classificação deste dentro das três áreas abrangidas (ambiental, social e econômica). Este gráfico ainda apresenta padrões de classificação dos ambientes estudados, de acordo com a predominância das áreas básicas estudadas (Figura 4.6). À medida que o questionário vai sendo respondido, o ponto classificador das comunidades vai se reposicionando.

As comunidades, dependentes do poder econômico, relações sociais e usos do meio biótico e abiótico de uma determinada unidade de estudo, podem situar-se em um mesmo campo do gráfico triangular, por exemplo, uma comunidade pode ser sustentável e os seus índices de sustentabilidade situarem-se de muito baixo até muito alto (um dos cinco intervalos de classes). Com isto, é reforçada a tese de que uma comunidade, mesmo sendo, pobre pode viver em harmonia com o meio ambiente, dentro de suas possibilidades econômicas, assim como, para as demais classes sociais.

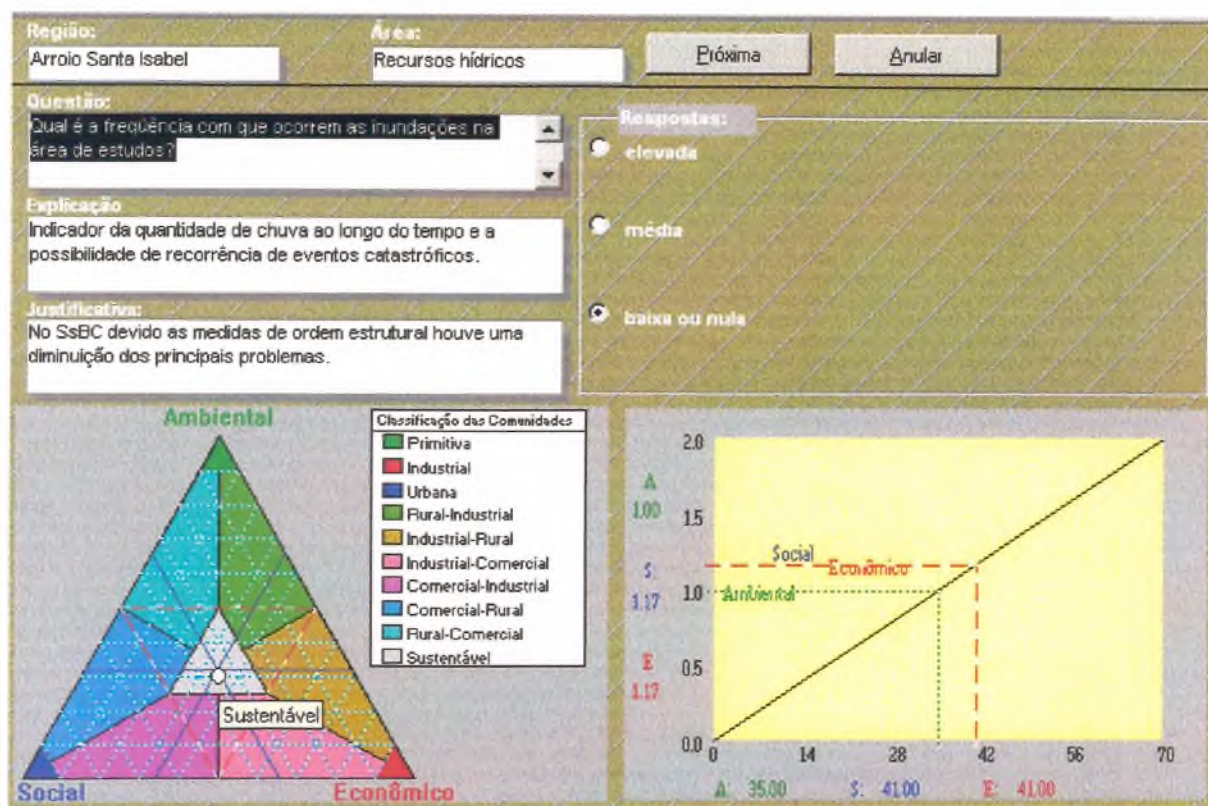


Figura 4.6 - Aparência geral do questionário associado ao banco de dados *MSAccess*

O diagrama ternário, chamado por alguns autores de trilinear e por outros, de triangular é um método de classificação empregado a várias décadas. A relação de misturas entre areia, silte e argila, foi adotada pela primeira por Robim (1929), *in* Pettijohn (1976). Este diagrama utiliza um agregado de três componentes, situados nos vértices do triângulo equilátero e um ponto dentro deste, representa a mistura dos três componentes, pois estes resultam da soma das normais a qualquer ponto com os respectivos lados, sendo estes constantes. O comprimento de cada perpendicular ao triângulo é proporcional a cada componente. É um método muito útil para representar os valores dos índices ambiental, social e econômico, para os quais se propuseram nesta Tese a classificação de comunidades. Os dados dos índices, para serem utilizados na correta posição dentro do diagrama devem ser normalizados em 100% (Figura 4.7).

Ao passar o cursor sobre o diagrama ternário, uma ajuda do tipo *fly by* aparece, mostrando a classificação das comunidades envolvidas, como elemento auxiliar das convenções.

Ao lado do gráfico ternário, vê-se um outro gráfico capaz de fornecer um índice numérico normalizado para cada uma das áreas básicas (ambiental, social e econômica), onde seus valores situam-se entre zero e dois. Estes índices permitem classificar cada uma destas áreas dentro de conceitos, aqui propostos, que vão desde o índice de sustentabilidade muito

baixo (valor zero) a muito alto (valor dois), subdivididos em cinco intervalos de classes. Através do somatório dos pontos obtidos, é possível visualizar a classificação, pois quanto mais próximo do valor dois, melhor está a qualidade ambiental da região de estudo, e quanto mais próximo do valor zero, pior é a qualidade.

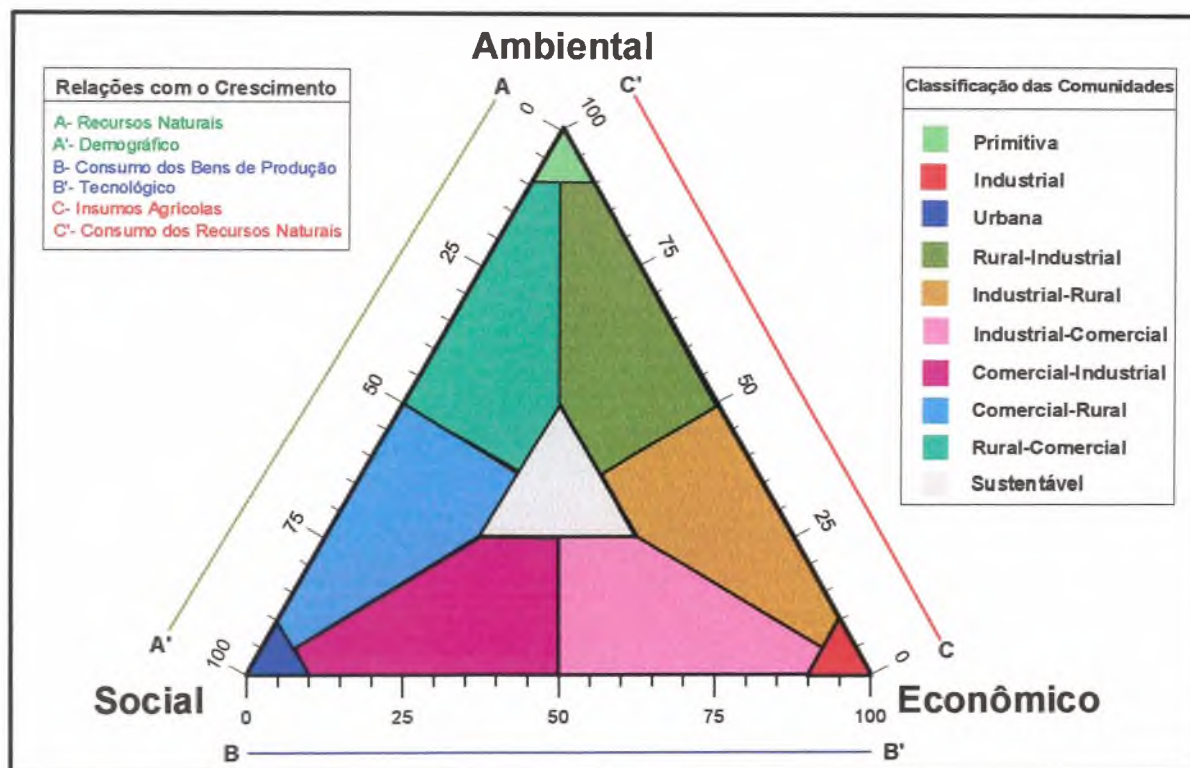


Figura 4.7 - Diagrama triangular de classificação das comunidades que ocupam bacias hidrográficas ou unidades menores, estabelecendo os relacionamentos do crescimento entre produtor, fornecedor e consumidor

Os intervalos de classes podem ser verificados a seguir:

- 0 até 0,40: índice de sustentabilidade ambiental muito baixo;
- 0,41 até 0,80: índice de sustentabilidade ambiental baixo;
- 0,81 até 1,20: índice de sustentabilidade ambiental médio;
- 1,21 até 1,60: índice de sustentabilidade ambiental alto;
- 1,61 até 2,0: índice de sustentabilidade ambiental muito alto.

O programa automatiza uma rotina para verificar qual é a situação que melhor representa a relação entre as condições ambientais, sociais e econômicas da área de estudo.

A rotina do programa para o preenchimento do questionário é a seguinte:

1. Opte por apenas uma das questões ou então pule esta, se não tiver dados suficientes para responder.

2. Com o preenchimento total do questionário, o programa multiplica por dois o número de questões respondidas, obtendo o valor máximo atribuído ao eixo x. Logo após, é realizada a soma de quantos pontos foram obtidos, através do somatório das questões respondidas. O valor correspondente é lançado sobre o eixo x do gráfico e projetado na vertical, que, ao atingir a reta de declividade padrão, por meio dos indicadores da qualidade ambiental do local de estudo, é rebatido para esquerda, na horizontal, a fim de encontrar o valor médio do índice de qualidade ambiental de sua área sob os enfoques ambiental, social e econômico (Figura 4.8). À medida que o questionário vai sendo preenchido, é possível acompanhar, junto aos diagramas ternário e binário, os resultados.

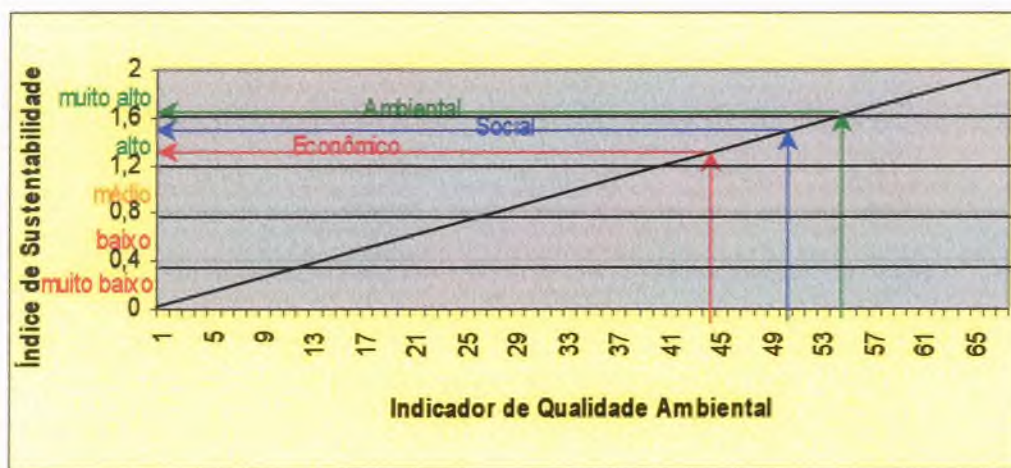


Figura 4.8 - Diagrama binário, com exemplo hipotético de obtenção dos índices de sustentabilidade

3. O grau de confiabilidade para a área estará no número de questões respondidas do universo de questões que apresenta o banco de dados.
4. Os valores percentuais foram calculados por meio de uma análise modal dos índices ambiental, social e econômico, obtidos e lançados no diagrama triangular de classificação, também conhecido como diagrama ternário, onde o lado oposto vale zero e o vértice 100%. Esta operação foi automatizada no *MSAccess* com a utilização de rotina de programação *ActiveX*, a qual fornecerá o enquadramento do tipo de comunidade a que pertence a área de estudos.

Os dois gráficos apresentados ao usuário no formulário de preenchimento não são originários do ambiente de programação do *MSAccess*. Precisaram ser desenvolvidos em outros ambientes e, em seguida, integrados.

4.3.2 - Zonas ecológico-econômicas

A metodologia dos cálculos e locação dos índices propostos nesta Tese, diferem daqueles apresentados por Becker e Egler (1997).

As zonas ecológico-econômico (zee) constitui-se em uma importante ferramenta de análise, aliado aos índices de sustentabilidade ambiental, social e econômico (A,S,E), pois a ordenação proporcional destes índices permite inserir dentro de campos que contemplam a fundamentação teórica de enquadramento do território em zee e auxiliam as ações político-administrativas da gestão territorial (Figura 4.9). A proposição de classificação, possui uma situação de equilíbrio entre os índices de sustentabilidade, a partir de uma situação de média vulnerabilidade e média potencialidade, ou seja, uma área de transformação/proteção, pois estas, já estão transformadas e necessitam medidas de proteção.

| Potencialidade | Vulnerabilidade | | |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| | Baixa | Média | Alta |
| Muito alta | ÁREAS PRODUTIVAS CONSOLIDAÇÃO $E \approx A \gg S$ | ÁREAS INTERMEDIÁRIAS CONSOLIDAÇÃO/RECUPERAÇÃO $E \gg A \approx S$ | ÁREAS CRÍTICAS RECUPERAÇÃO $E \approx S \gg A$ |
| Alta | TRANSFORMAÇÃO/CONSOLIDAÇÃO $E \approx A > S$ | CONSOLIDAÇÃO/PROTEÇÃO $E > A \approx S$ | PROTEÇÃO/RECUPERAÇÃO $E \approx S > A$ |
| Média | TRANSFORMAÇÃO $A > E > S$ | TRANSFORMAÇÃO/PROTEÇÃO $S \approx A \approx E$ | PROTEÇÃO $S > E > A$ |
| Baixa | EXPANSÃO/TRANSFORMAÇÃO $A > S \approx E$ | TRANSFORMAÇÃO/CONSERVAÇÃO $S \approx A > E$ | CONSERVAÇÃO/PROTEÇÃO $S > E \approx A$ |
| Muito baixa | EXPANSÃO $A \gg S \approx E$ | EXPANSÃO/CONSERVAÇÃO $S \approx A \gg E$ | CONSERVAÇÃO $S \gg E \approx A$ |

Figura 4.9 - Proposição de classificação territorial em zonas ecológico-econômicas (zee), segundo os índices de sustentabilidade desenvolvidos.

Abreviaturas: \gg = muito maior do que; $>$ = maior do que;

\approx = semelhante; A = Ambiental; S = Social; E = Econômico.

(Fonte: modificado de Becker e Egler, 1997; e Schubart, 2000)

Inicialmente, a classificação das zee foi realizada através da comparação da ordem de grandeza dos valores numérico das médias dos índices ambiental, social e econômico. Esses índices foram obtidos com o programa de banco de dados *MSAccess* e rotinas associadas. Porém, verificou-se a necessidade de ser estruturada uma classificação quantitativa, que fosse diferenciada nos casos em que os valores são muito próximos entre si (relação entre os vizinhos).

A função arco tangente foi escolhida, por tratar-se de uso comum em planilhas eletrônicas (*MSEXcel*), para efetuar o posicionamento dos pontos no diagrama de classificação das zee, pois, esta apresenta uma rápida resposta, para pequenos intervalos de $(0 \text{ a } 0,25) * K$, que, com um pequeno ajuste de sensibilidade de $K = 5$, possuem 65% dos valores dentro desse intervalo e, para sensibilidade de $K = 10$, amplia-se para 81% (Figura 4.10).

Os valores resultantes dos indicadores ambiental, social e econômico foram normalizados e, a partir destes, obtiveram-se as distâncias de DX (abscissas, que analisam a

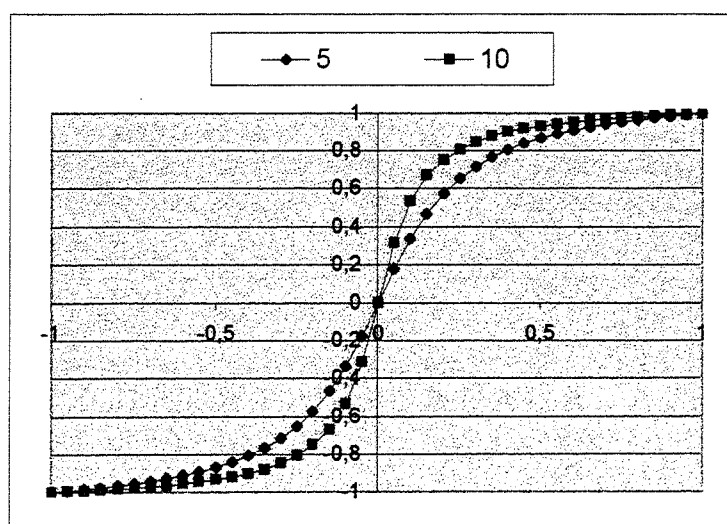


Figura 4.10 - Comportamento da função arco tangente frente a graus de sensibilidade distintos

vulnerabilidade e variam de 0 até 3) e DY (ordenadas, que analisam a potencialidade e variam de 0 até 5). Para isso, elaboraram-se as equações de x e y em função dos indicadores acima, que permitem plotar os dados no diagrama de classificação das zee proposto, segundo a equação 4.33 a seguir:

$$x = f(A, S, E) = 1,5 * \left\{ 1 + \frac{\tan^{-1} \left[Kx * \left(\frac{S - A}{100 - E} \right) \right]}{\tan^{-1}(Kx)} \right\} \quad \text{onde:} \quad (4.33)$$

$$y = f(A, S, E) = 2,5 * \left\{ 1 + \frac{\tan^{-1} \left[Ky * \frac{\frac{1}{2}(E - A - S)}{100} \right]}{\tan^{-1}(Ky)} \right\}$$

- A = ambiental; S = social; E = econômico; K_x e K_y = constante de ajuste proporcional aos respectivos eixos; \tan^{-1} = arco tangente.

Desta maneira, foi possível normatizar o modo de classificação, com a exportação dos dados do programa *MSAccess* para o *MSExcel*, referentes aos cálculos dos índices por área de conhecimento.

A presente metodologia, para classificação do território, em zee, utiliza os algoritmos da equação 4.33, onde o eixo das abscissas utiliza a resultante de x e o das ordenadas o de y , considerando as relações propostas. Cabe lembrar, que o resultado dos índices de sustentabilidade é a média dos parâmetros ambientais, sociais e econômicos, podendo com variação do k_x e do k_y serem mais ou menos restritivos, em termos de ações, sobre as unidades territoriais.

As relações com a vulnerabilidade, propostas neste trabalho, é que não considera somente as interações com a fragilidade à erosão (gênese das formas de relevo versus os processos de formação dos solos), obtida por análise do produto de sensores remotos (imagens de satélite, do tipo Landsat TM (RGB)), proposta na metodologia de Becker e Egler (1997), mas sim, trata-se das inter-relações e ordenamentos dos índices de sustentabilidade, obtidos a partir da aplicação do banco de dados, anteriormente detalhado, o mesmo se aplica para a potencialidade. Para Becker e Egler (1997), esta, se associa as limitações e possibilidades do desenvolvimento sustentável sócio-econômico e político, dependentes dos potenciais natural, humano, produtivo e institucional.

4.4 Planejamento e proposição

Os mapas, modelos, gráficos, esquemas e geoprocessamento foram elaborados com o apoio dos programas *AutoCad 2000i*, *Surfer 6.0*, *Microsoft Excel 2000*, *Grapher 1.0*, *ER Mapper 5.5*, além de outros.

A perspectiva ortométrica do relevo foi obtida a partir do Modelo Numérico do Terreno (MNT), com base em cartas topográficas nas escalas de 1:250.000 e 1:50.000 do Serviço Geográfico do Exército. Os dados x , y e z , para o MNT, foram extraídos com a linguagem de programação *Lisp (List Processing)* inserida dentro do programa *AutoCad 2000i*. Estes dados permitiram obter elementos geométricos, tais como área, perímetro, declividade, índice de rugosidade, entre outros.

Por meio de fotogramas aéreos, imagens de satélite e saídas em campo, foram detalhados os dados da geologia, geomorfologia, pedologia e hidrologia.

Os parâmetros ambientais foram levantados por meio de uma série de cálculos, através de planilha eletrônica, procurando inter-relacionar os dados anteriormente obtidos e estruturados.

As áreas que apresentam impactos ambientais, com riscos de inundação, erosão e potencial de contaminação, foram cartografadas. Um sumário das etapas, atividades e recursos utilizados estão no Quadro 4.1.

Quadro 4.1 - Síntese das etapas, atividades e recursos empregados

| Etapas | Atividades | Recursos |
|--------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Perspectiva Ortométrica do Relevo | Geração do MNT | Mapa topográfico Fotografias aéreas AutoCad 2000i Idrisi 32 Er Mapper 5.5 |
| Caracterização geológica, geomorfológica, pedológica e hidrológica | Interpretação de imagens de satélite digitais, fotogramas e saídas em campo | Imagens de satélite Referências bibliográficas Mapas geológicos, geomorfológicos, pedológicos, hidrológicos Er Mapper 5.5 Idrisi 32 RiverTools 2.0 AutoCad 2000i |
| Obtenção dos índices numéricos comparativos | Tratamento numérico e estatístico dos dados | Excel 2000 Programas específicos |
| Avaliação da vegetação e usos dos solos | fotointerpretação | Imagens de satélite Fotografias aéreas Idrisi 32 Er Mapper 5.5 |
| Modelagem hidrológica | Cálculo hidrológico convencional para determinar o balanço hídrico | Vazões, fluviometria, linimetria, Pedologia, Idrisi 32 Er Mapper 5.5 Excel 2000 RiverTools 2.0 |
| Áreas de impactos | Modelagem do risco de erosão e inundação | MNT Mapa de declividade Mapa de solos Mapa da vegetação Idrisi 32 Er Mapper 5.5 |
| Banco de Dados | Elaboração e estruturação das questões à semelhança do método Delphi. | Questionário Microsoft Access 2000 Microsoft VisualStudio Linguagem C++ Controle ActiveX |

A figura 4.11, modificada de Dyer e Vinogradov (1990), com algumas considerações de Faccini, Asmus e Fensterseifer (1995) e Faccini *et al.* (2000), apresenta uma visão integrada das propostas para o estabelecimento da diagnose do SsBC, com cinco níveis de ações partindo da base, com o nível da realidade, de onde as informações foram extraídas a partir dos dados de campo e referências bibliográficas especializadas. O levantamento envolveu as feições abióticas, bióticas e antrópicas, para auxiliar no preenchimento do questionário do banco de dados. Muitos dos indicadores médios relativos ao Brasil foram obtidos das fontes IBGE (1998) e Brasil (1996).

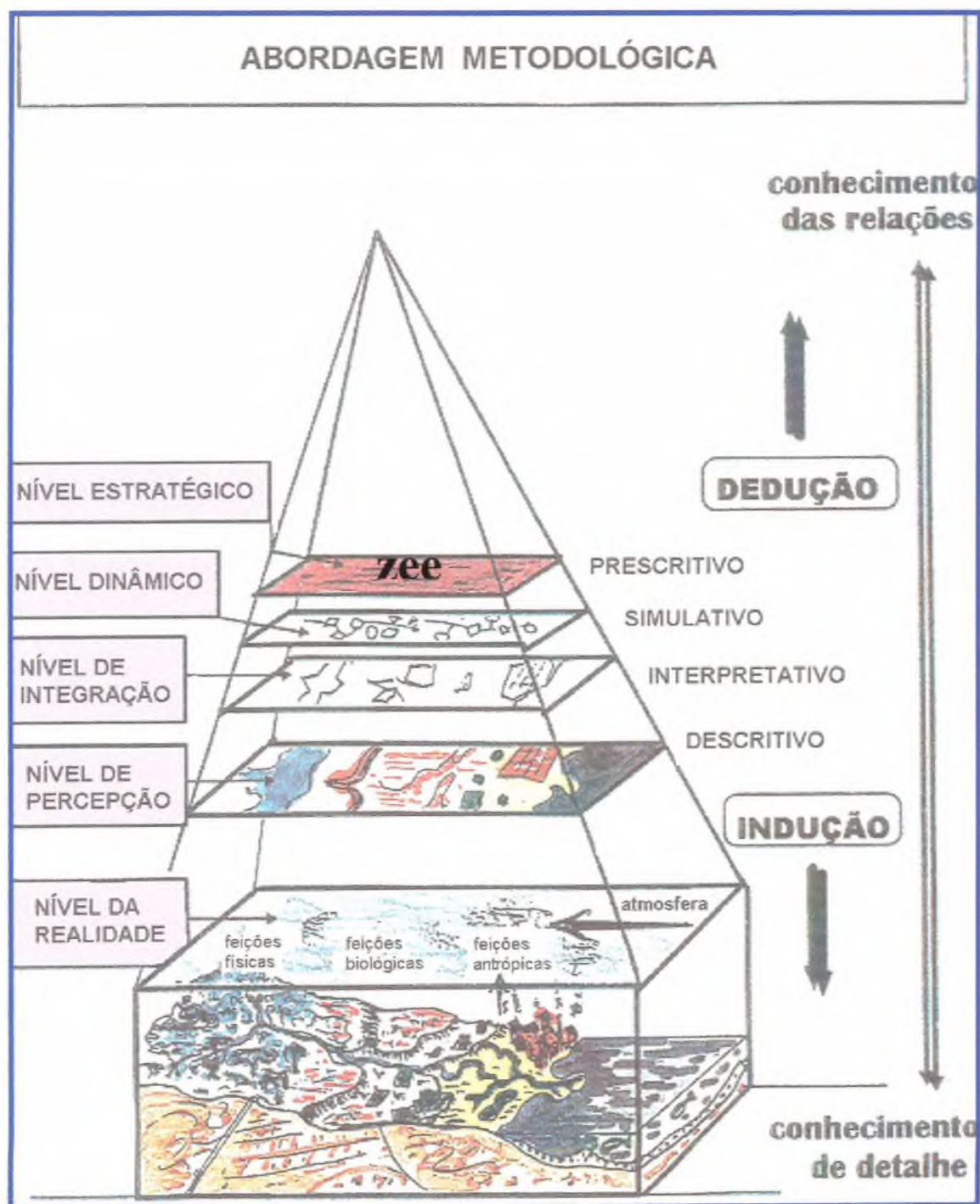


Figura 4.11 - Escala com os níveis de planejamento ambiental.
(Fonte: modificada de Dyer e Vinogradov, 1990)

O primeiro elemento a ser analisado é o nível dos processos com descrições das feições físicas, biológicas e antrópicas, relativas ao nível da realidade.

O segundo nível é o da percepção, através da qual são analisados as causas e os efeitos sobre o meio.

No nível posterior, terceiro, tem-se a integração, que envolve a interpretação dos elementos obtidos, com as pesquisas em campo, dados descritivos e trabalhos anteriores.

O quarto nível é o dinâmico, no qual as simulações e os cálculos foram elaborados, para a obtenção dos índices de caracterização e de qualificação do meio físico.

O quinto nível é o estratégico, que contempla a integração de todos os demais, com prescrições sobre o uso adequado da terra e da água, para a melhoria da qualidade ambiental, subsidiando, desta maneira, o emprego do questionário para a obtenção dos índices de sustentabilidade.

Lateralmente à figura 4.11, ocorre, no nível basal da pirâmide, a indução que está associada pela lógica com as generalizações, através dos conhecimentos de detalhe, partindo em direção ao topo, para a dedução, com o conhecimento das relações. Este conhecimento é atingido com a etapa prescritiva, como um nível estratégico de enquadramento das zee da unidade territorial (no caso em questão, sub-bacias e microbacias hidrográficas). Passa, portanto, por leis, hipóteses e a relação destes, em teoria, pois eles vêm a ser o modo de organizar os fatos, explicando-os e relacionando-os, para se poder prever e prognosticar tendo uma melhor noção da realidade e quais são as prioridades, em termos de ações institucionais, a fim de suprir e dirimir os problemas conjunturais de cada área de estudo.

4.5 Elaboração da Tese

A Tese foi elaborada com trabalho de gabinete, envolvendo a reunião dos dados obtidos em campo e laboratório, passando por uma etapa de análise, integração e tratamento dos dados.

De posse desses elementos que serviram de estudo de caso, desenvolveu-se um guia de avaliação ambiental, através de indicadores de desenvolvimento sustentável de bacias hidrográficas, que permitiu implementar novos elementos e variáveis, a fim de propiciar diagnósticos quantitativos da qualidade ambiental do meio físico e estabelecer comparações

das bacias, no caso em questão, entre as sub-bacias e microbacias hidrográficas integrantes do SsBC.

Este guia consiste em um questionário de 165 perguntas objetivas sobre os meios abióticos, bióticos e sócio-econômicos, que contempla, com diferentes pesos, o enfoque social, econômico e ambiental, em que o resultado final estabelece o grau de qualidade do meio ambiente, para aquele setor analisado, diretamente relacionado com a sustentabilidade do meio. De posse destes dados, é possível sugerir quais são as áreas que devem sofrer intervenção por primeiro. É realizado um enquadramento do tipo de comunidade a que pertence o setor analisado, gerando dois tipos de relatórios: um específico para as questões respondidas, contendo os dados mais aprofundados dos questionários respondidos com a questão, ajuda da questão informando qual é o indicador, resposta dada e justificativa que é gerada, automaticamente, pelo programa, apresentando com cores distintas os índices médios de sustentabilidade das áreas de conhecimento com o respectivo índice conceitual (descritivo, podendo este ser muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto, conforme os intervalos de classe), em amarelo; e da região de estudo com o respectivo índice conceitual, em azul claro.

O subsídio para o preenchimento do questionário do banco de dados obteve-se do inter-relacionamento dos dados climáticos, geológicos, geomorfológicos, pedológicos, edafológicos, hidrográficos, hidrológicos, hidrogeológicos, biológicos (principalmente a vegetação), usos e formas de ocupação antrópica, transformados em cartas temáticas, com um linguajar de fácil compreensão, tendo como estudo de caso o SsBC.

Para o SsBC, foram contemplados os seguintes itens que abarcam o desenvolvimento sustentável: economia, turismo e lazer, usos da terra, recursos hídricos, silvicultura, recursos pesqueiros, mudanças climáticas, qualidade da água doce, recursos marinhos, vida silvestre e habitat, cobertura vegetal, aspectos do relevo, solos e extração mineral, porém com um maior reforço nos elementos que envolvem a manutenção e conservação dos recursos de hídricos, solos e vegetações deste subsistema.

A etapa de busca dos dados foi embasada nos trabalhos preliminares desenvolvidos por Hansen e Fensterseifer (1996), ECOPLAN (1998), Rio Grande do Sul (1998), Tajima (1999), além de outras fontes, para se obter uma visão integrada dos aspectos ambientais, sociais e econômicos. A elaboração do questionário, em parte, foi inspirada nos trabalhos de Myers (1987); Rebouças (1999); Salati, Lemos e Salati (1999); Telles (1999); além de outros artigos e materiais pesquisados.

Os recursos empregados tais como: *software*, *hardware*, outros equipamentos e materiais diversos, assim como as rotinas de programação desenvolvidas, se encontram explicitados nos anexos A1, A2 e A3.

A seguir, no Capítulo 5, são apresentados os aspectos relativos à área do estudo de caso, com uma visão da abrangência geográfica, aspectos climáticos, situação dos dados hidrogeológicos, informações censitárias, econômicas e de infra-estrutura regional relativo à aplicação que permitiu validar à grande abrangência de temas levantados por vários autores e complementados neste trabalho.

5 ÁREA DE ESTUDO

Neste capítulo, serão comentados e analisados alguns dados sobre o estudo de caso referente ao SsBC, a fim de ajustar e validar as questões do banco de dados empregado nesta Tese.

São considerados os aspectos gerais, englobando o clima com a subdivisão da temperatura, umidade relativa do ar, radiação solar, insolação, precipitação pluvial, dias de chuva mensal, vento, hidrologia, hidrogeologia e caracterização do sistema e subsistema hidrográfico. Também são fornecidas informações sobre a ocupação com dados sobre o meio sócio-econômico, infra-estrutura regional e respectiva atividade econômica dos setores primário, secundário e terciário, saúde pública e educação. A demografia da área é mostrada com as respectivas densidades populacionais ajustadas como estimativa para a área do SsBC.

5.1 Escolha da área de estudo

O SsBC foi escolhido para o desenvolvimento deste trabalho pelas seguintes justificativas e aspectos:

- trata-se da área mais densamente povoada e ocupada da BHRC;
- situa-se a jusante, onde ocorre o somatório dos problemas de montante da BHRC;
- é a região com a maior agricultura intensiva de arroz e fumo da bacia;
- devido à alta densidade de drenagens e, em grande parte, canalizada para irrigação;
- possuir barragens para fins de abastecimento e irrigação;
- é um dos locais de maior conflito no uso dos solos;
- apresenta as áreas sujeitas a riscos de inundações, principalmente nas regiões ribeirinhas ao rio principal e em alguns de seus afluentes;
- integra parcialmente a reserva da biosfera da mata atlântica no Rio Grande do Sul;
- tem uma das áreas de vegetação ciliar contínua, mais ampla do Estado;

- apresenta um parque estadual criado na forma de Decreto, em 12-03-1975, cujo plano de manejo não foi efetivado até hoje;
- possui parte da área do Banhado do Colégio, declarada de utilidade pública pelo Decreto nº 11.106, de 05-01-1960, descrita em termos paleoambientais por Bitencourt (1992) e em nível de reforma agrária por Leindecker (1987) (Anexo A1);
- tem uma área legal, com reserva indígena federal, em fase de delimitação, mas que inunda, em grande parte, seu território nos regimes hídricos torrenciais;
- possui áreas ocupadas por posseiros que necessitam ser regulamentadas;
- existem nela aspectos históricos referentes à construção de embarcações e antigos fortes, com canhões utilizados pelo General Bento Gonçalves da Silva;
- apresenta sítios arqueológicos, que estão sendo encobertos por lixões;
- há uso constante de defensivos agrícolas e pesticidas, principalmente na orizicultura e fumicultura;
- em fevereiro, nas épocas de maiores estiagens, a irrigação fica prejudicada pela cunha salina que ingressa em um longo trecho do rio Camaquã;
- possui quatro sub-bacias e cinco microbacias hidrográficas com características distintas, que permitem avaliar e comparar os índices de sustentabilidade propostos e enquadrar a que tipos de comunidade pertencem;
- avaliar a construção e dinâmica do sistema fluvial e respectivo delta do rio Camaquã;
- dar continuidade, em um maior grau de detalhamento, nos trabalhos desenvolvidos anteriormente.

O cultivo de arroz fez com que a região utilizasse, cada vez mais, os recursos hídricos, envolvendo o desvio das águas do rio Camaquã, através de uma extensa e densa rede de canais de irrigação a partir da barragem do arroio Duro/Sanga Formosa, que inundam as áreas. Dados detalhados sobre os canais foram extraídos e modificados da carta do antigo Departamento Nacional de Obras de Saneamento, 12ª Diretoria Regional de 07-02-1975, com base nas cartas 6186/A e 6185, que apresentam a situação do plano para setembro de 1969 (Anexo A2). Trabalho mais detalhado sobre os aspectos hidrológicos do arroio Duro estão em Simões Lopes (1958).

Os cultivos locais utilizam defensivos agrícolas que ocasionam a poluição superficial e subsuperficial, muitas vezes pelo seu uso indiscriminado, ocasionando a poluição invisível, com problemas de saúde à população local.

5.2 Situação

A BHRC está posicionada na porção centro-leste do Estado, com uma área de 17.448km². Representa 6,14% da superfície do Rio Grande do Sul, com deságüe na porção mediana da lagoa dos Patos (Figura 5.1).

5.3 Localização

O SsBC situa-se na porção sudeste do Estado e localiza-se na parte leste da BHRC, recebendo a carga hídrica de uma porção a jusante, com uma área contribuinte de 14.441km², referente aos subsistemas Alto Camaquã, Médio Camaquã Superior e Médio Camaquã Inferior (Figura 5.2).

O SsBC é formado por quatro sub-bacias hidrográficas (arroio Santa Isabel, arroio Evaristo, arroio Sapato e arroio Duro/Sanga Formosa) e por cinco microbacias (ilha do Vianez, Ruínas, granja São Geraldo, arroio do Palanque e ilha de Santo Antônio) (Figura 5.3).

O SsBC abarca parte das cartas planialtimétricas SH.22-Y-B (Folha de Porto Alegre de 1981); SH.22-Y-D (Folha de Pelotas de 1981) e SH.22-Y-C (Folha de Pedro Osório de 1983) do Serviço Geográfico do Exército, na escala de 1:250.000, em BRASIL (1981; 1983).

O SsBC apresenta os limites: a oeste, com a sub-bacia arroio das Pedras; a noroeste, com a do arroio Sutil; a nordeste e leste, com o sistema arroio Velhaco; a sudeste, contata, por meio do delta do rio Camaquã, com a lagoa dos Patos; e, a sul, com o sistema Pelotas.

5.4 Aspectos gerais

Neste tópico, serão abordados aspectos dos dados relativos ao clima da BHRC, onde se insere o SsBC, envolvendo temperatura, umidade relativa do ar, radiação solar, insolação, precipitação pluviométrica, dias de chuva mensal e ventos. Além desses tópicos, foram localizadas, em um mosaico de imagens de satélite, todas as estações pluviométricas, fluviométricas e evaporimétricas situadas no entorno do SsBC. Como elemento final, realizou-se a classificação climática da área.

5.4.1 Clima

Os fatores climáticos preponderantes que auxiliam na renovação das águas são elementos fundamentais para integrarem o ciclo hidrológico e o balanço hídrico. Estes possibilitam estimar as vazões máximas e mínimas dos cursos de água, prevendo a capacidade de dispersão dos agentes poluidores e a demanda para o abastecimento e a irrigação.

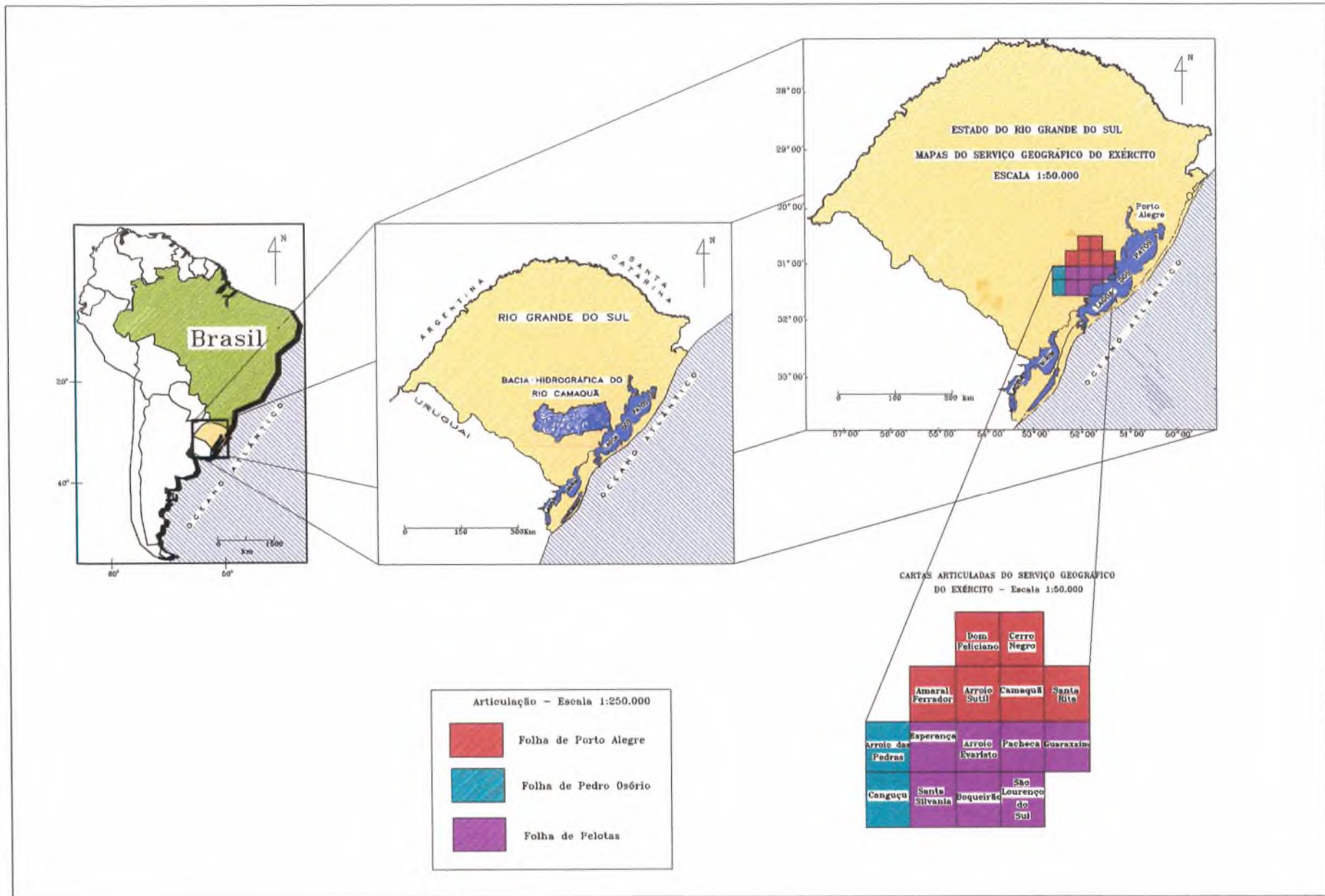


Figura 5.1 - Mapa de situação com articulação das cartas topográficas do SsBC

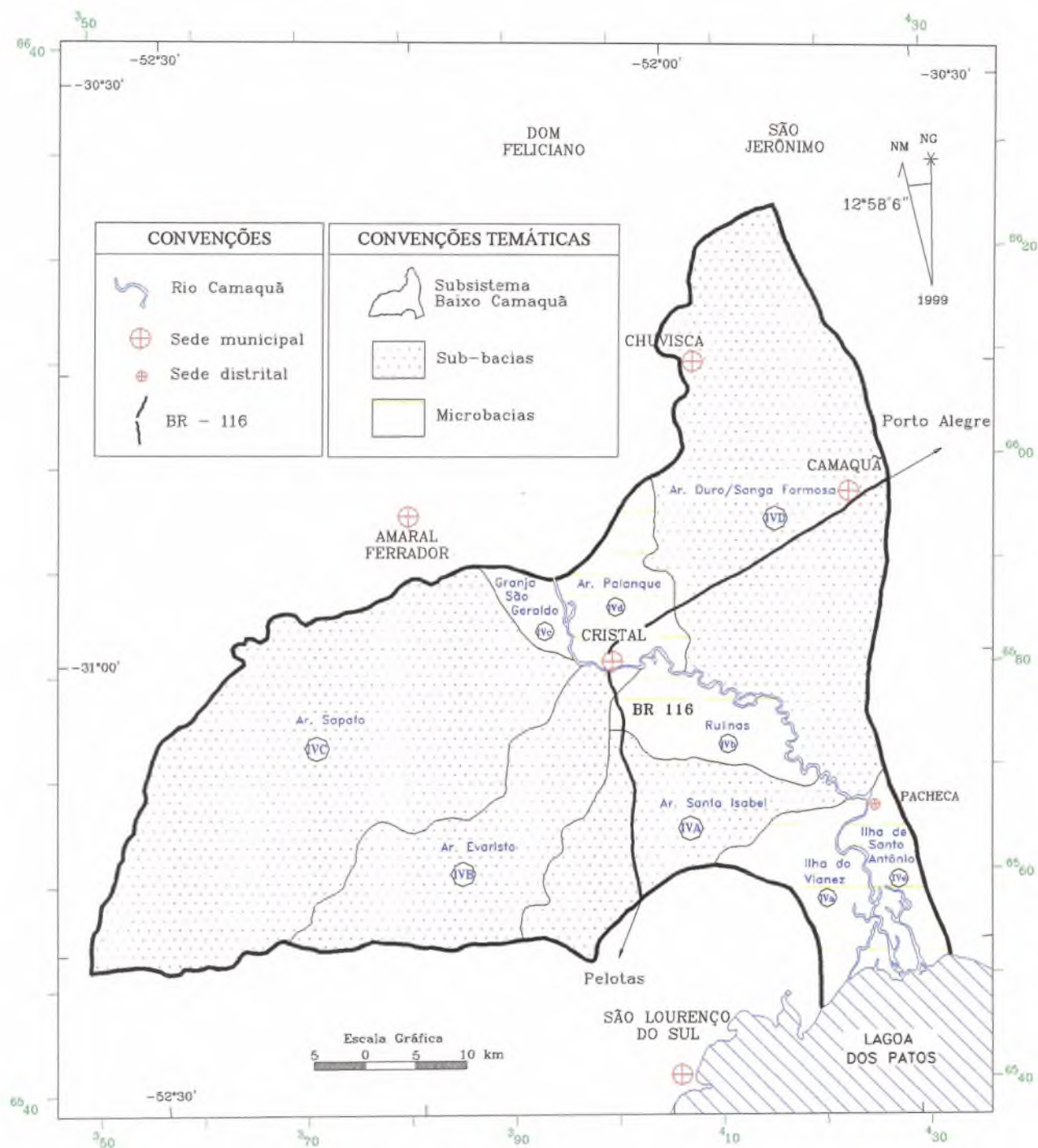


Figura 5.3 - Posição espacial das sub-bacias e microbacias hidrográficas do SsBC

5.4.1.1 Temperatura

De 1931 a 1990, as temperaturas médias mensais, a partir dos decêndios, conforme dados do IPAGRO (1989), consistido pelos do INMET, de 1931/1990, *apud* Atlas

Sócio-Econômico do Rio Grande do Sul (1998), para a planície costeira do Rio Grande do Sul foram:

- média anual de 18,3°C;
- média das máximas de 23,3°C;
- média das mínimas de 14,3°C; e
- amplitude térmica anual de 9,0°C. (Figura 5.4).

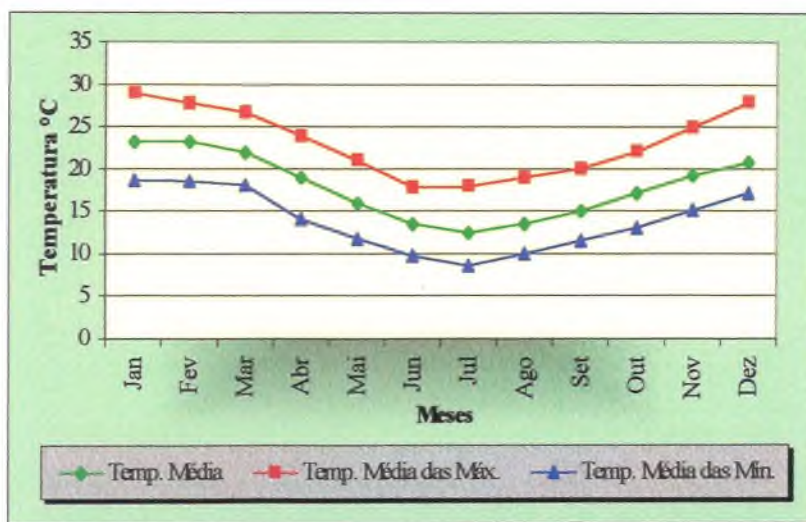


Figura 5.4 - Temperaturas médias mensais a partir dos decêndios relativos ao período de 1931 a 1990.
(Fonte: IPAGRO, 1989 e Atlas Sócio-Econômico do RS, 1998)

Os locais das estações evaporimétricas podem ser observados nos pontos da figura 5.5.



Figura 5.5 - Estações evaporimétricas georreferenciadas em mosaico de imagens de satélite.
(Fonte: Dados das coordenadas geográficas do DNAEE)

5.4.1.2 Umidade relativa do ar

A umidade relativa do ar apresenta variações da ordem de 75% a 85% e influencia no fator de sensação térmica, aliada à intensidade dos ventos.

A média anual da umidade relativa do ar se situa em 80,3 % (linha azul), com máxima de 85% e mínima de 74% (Figura 5.6).

Os nevoeiros são mais freqüentes nos meses de abril a agosto.

As geadas, no inverno, são comuns e se relacionam, predominantemente, às porções de maior energias de relevo, relativas aos planaltos rebaixados marginais.

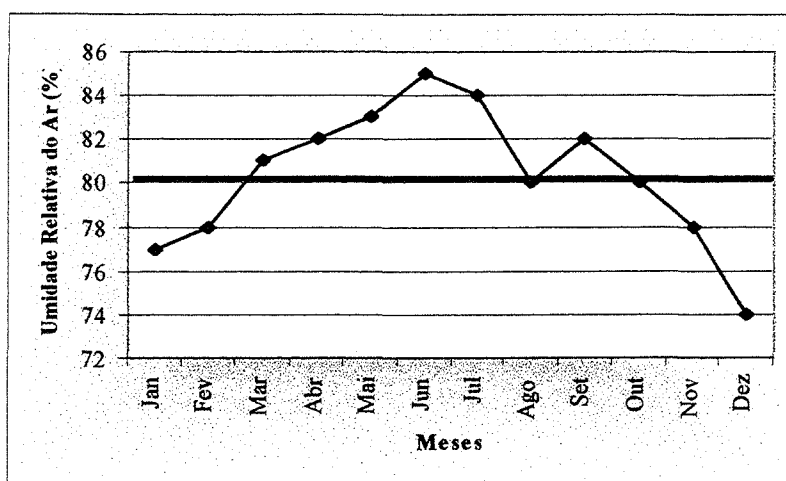


Figura 5.6 - Umidade relativa do ar (%) referente ao período de 1931 a 1990.
(Fonte: IPAGRO, 1989 e Atlas Sócio-Econômico do RS, 1998)

5.4.1.3 Radiação solar

A radiação solar média mensal apresenta-se com valor da densidade de fluxo de radiação de $353,3 \text{ cal.cm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ (linha azul), com máximo de $515 \text{ cal.cm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ e mínima de $200 \text{ cal.cm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ (Figura 5.7).

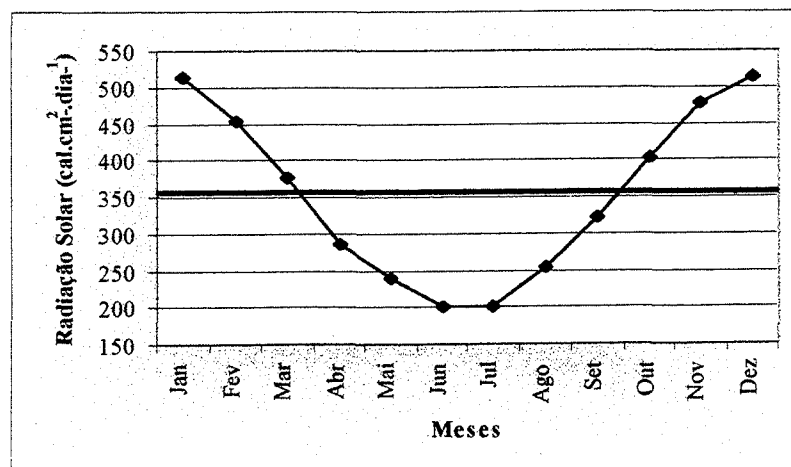


Figura 5.7 - Radiação solar relativa ao período de 1931 a 1990.
(Fonte: IPAGRO, 1989 e Atlas Sócio-Econômico do RS, 1998)

5.4.1.4 Insolação

A insolação média mensal atingiu 199h e 18min de brilho solar (linha azul), com máxima de 264h e mínima de 140h (Figura 5.8).

A insolação presente na região é bastante elevada e chega a atingir 57%, correspondendo a um total de 2.392 horas anuais, sendo o restante referente aos períodos de nebulosidade.

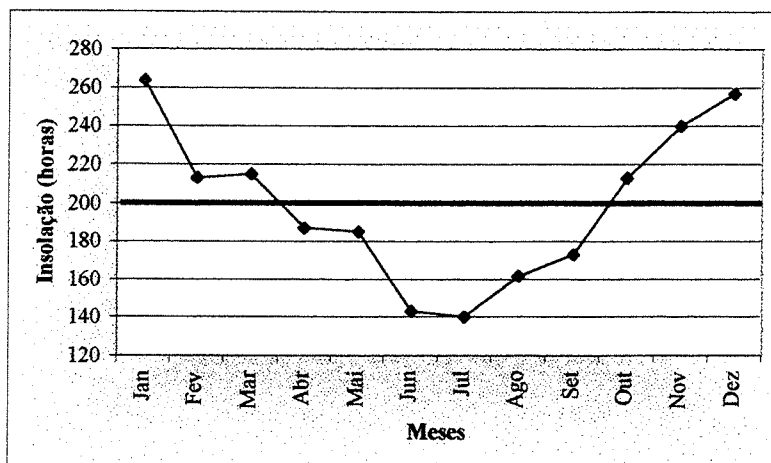


Figura 5.8 - Insolação (horas) relativa ao período de 1931 a 1990.
(Fonte: IPAGRO, 1989 e Atlas Sócio-Econômico do RS, 1998)

5.4.1.5 Precipitação pluvial

As chuvas são variáveis, em função das estações do ano, concentrando-se com precipitações máximas, acima de 40mm, nos meses de junho, agosto e setembro. As médias de circulação atmosférica são correspondentes às isoietas que apresentam precipitações variáveis entre 1.100mm a 1.300mm, com média mensal de 100mm, sendo as responsáveis pelos processos umidificação e de aceleração da erosão dos solos desprotegidos (Figura 5.9).

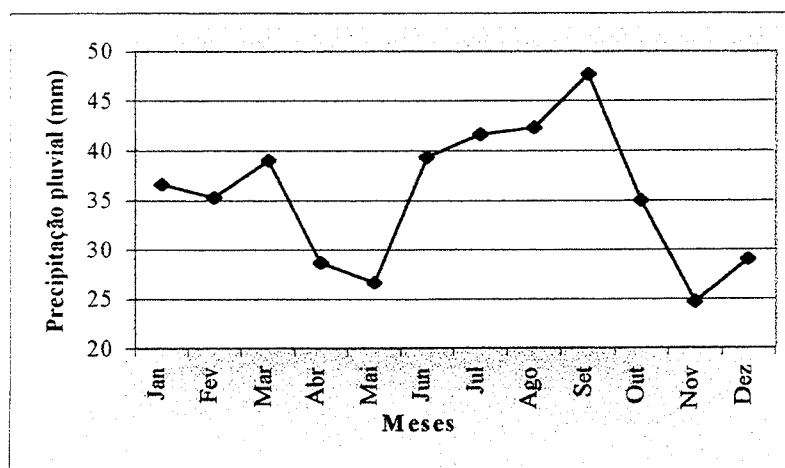


Figura 5.9 - Precipitação pluvial (mm) média relativa ao período de 1931 a 1990.
(Fonte: IPAGRO, 1989 e Atlas Sócio-Econômico do RS, 1998)

A distribuição das estações pluviométricas na BHRC e vizinhanças pode ser observada na figura abaixo (Figura 5.10):

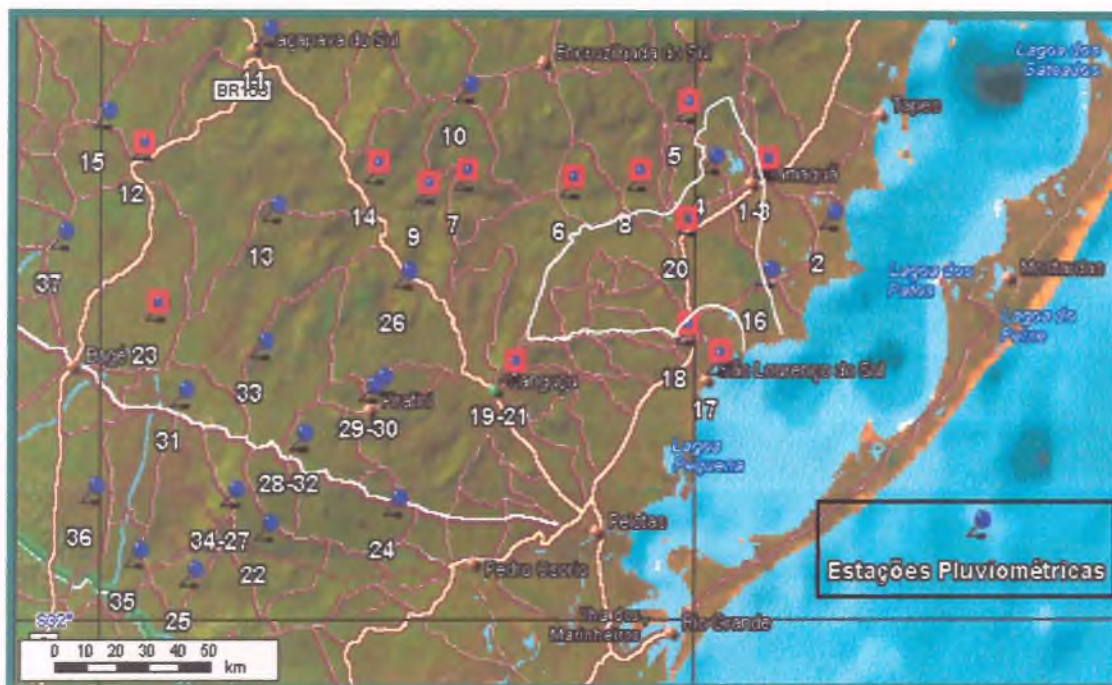


Figura 5.10 - Estações pluviométricas georreferenciadas em mosaico de imagens de satélite. Postos com quadrado em vermelho foram utilizados neste estudo. (Fonte: Dados das coordenadas geográficas do DNAEE)

As chuvas apresentam uma média mensal de 8 dias e 8 horas ao longo dos anos de 1931-1990 (Figura 5.11).

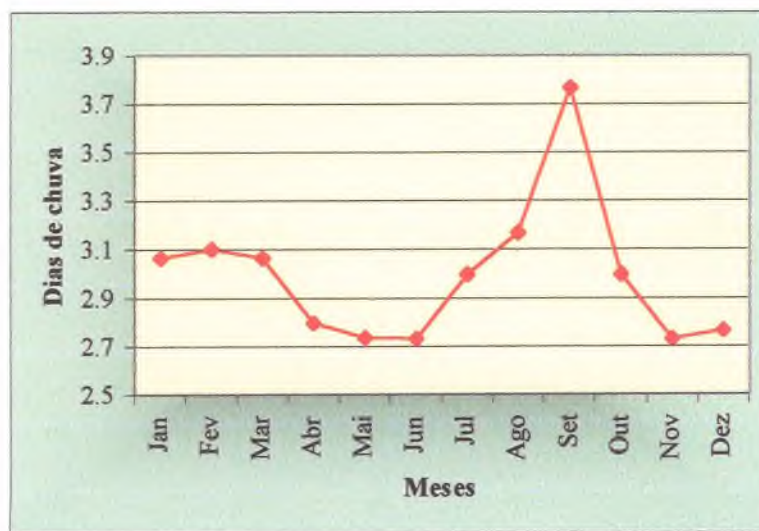


Figura 5.11 - Dias de chuva mensal relativos ao período de 1931 a 1990. (Fonte: IPAGRO, 1989 e Atlas Sócio-Econômico do RS, 1998)

No geral, os verões estão sujeitos a secas, e no inverno, o regime é de maior pluviosidade. Isto proporciona uma maior infiltração, que dependente da intensidade, duração, frequência (I-D-F), tipo de solo e declividade para produzirem uma maior saturação dos solos e proporcionar o escoamento superficial, que pode ocasionar inundações. Registros históricos associaram-se àqueles locais com menor concentração da vegetação e situados, predominantemente, nas zonas de baixa declividade.

5.4.1.6 Vento

As ações eólicas atuais e subatuais são proveniente do quadrante leste (Oceano Atlântico). Isto propicia a circulação dos ventos úmidos, com chuvas orográficas, tornando o SsBC com característica mais úmida do que o restante da bacia. Os principais sistemas climáticos atuais são perturbados de sul, devido ao anticiclone móvel polar; de oeste, pelo anticiclone pacífico; e de leste, pelo anticiclone Atlântico.

O clima da Planície Costeira e dos Planaltos Rebaixados Marginais é do tipo subtropical, mesotérmico brando “Cfa”, segundo a classificação de Köppen, com temperatura média anual de 18,3°C, média das máximas de 23,3°C e das mínimas com 14,3°C, segundo o IPAGRO (1989), consistido pelos dados do INMET de 1931/1990, *apud* Atlas Sócio-Econômico do Rio Grande do Sul (1998).

No inverno, com o regime de maior pluviosidade, por escoamento superficial e infiltração, podem ocasionar erosividade, resultando em maior erodibilidade dos solos naqueles locais desprovidos de vegetação e situados predominantemente nas zonas de alta declividade, como os Planaltos Rebaixados Marginais, assim como a inundação histórica, que, em 1995, chegou a destruir parte do asfalto da BR-116, em um dos canais do arroio Duro, cidade de Camaquã.

5.4.2 Hidrologia e Hidrogeologia

Todas as estações fluviométricas existentes na BHRC foram localizadas em um mosaico de imagens de satélite LANDSAT TM 5 (Figura 5.12).

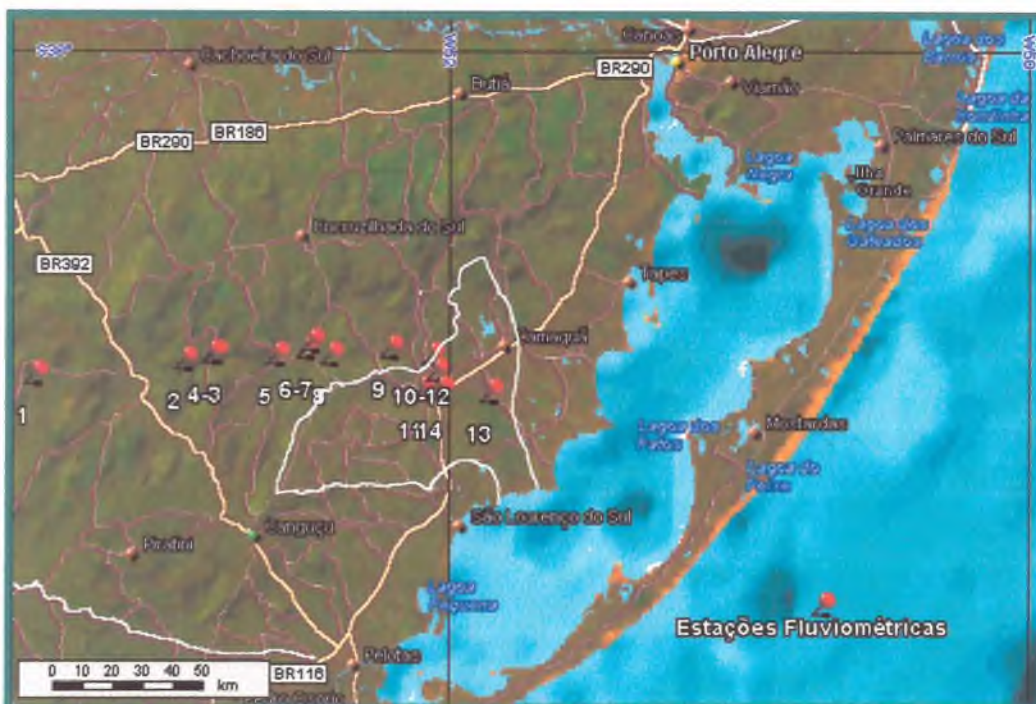


Figura 5.12 - Estações fluviométricas georreferenciadas em imagem de satélite na BHRC.
(Fonte: Dados a partir do DNAEE e CEEE)

Os dados relativos aos poços tubulares na região do SsBC são raros e, quando presentes, são carentes de informações relativas à vazão, profundidade e demais dados necessários a um bom cadastro. Totalizaram dez poços, encontrados neste subsistema e proximidades junto à CORSAN, CPRM e HIDROGEO Ltda (Figura 5.13).



Figura 5.13 - Localização dos poços tubulares, georreferenciados em mosaico de imagens de satélite, destinados à captação de água subterrânea.
(Fonte: CORSAN, www.cprm.gov.br e HIDROGEO Ltda.)

5.4.3 Caracterização do sistema e subsistema hidrográfico

No caso do estudo da BHRC como um todo, denominado sistema Camaquã, teve sua divisão em quatro subsistemas (Alto Camaquã, Médio Camaquã Superior, Médio Camaquã Inferior e Baixo Camaquã), através da utilização do critério físico-natural da declividade, enquanto que a subdivisão das 29 sub-bacias se embasou no critério hidrológico, que não contemplou, nesta etapa, as microbacias em função da escala de trabalho original de 1:250.000.

A BHRC de montante para jusante apresenta uma série de cursos contribuintes originários, a partir de três subsistemas com 25 sub-bacias e estas com uma série de microbacias que deságuam no SsBC, trazendo consigo o somatório dos problemas ambientais, tais como: a poluição das águas pela mineração, pelo uso intensivo de defensivos agrícolas, pelo desmatamento das matas ciliares, pelo assoreamento de vários setores dos leitos dos rios e muitos outros que dificultam o tratamento em escalas fixas de trabalho.

A divisão da BHRC não englobou a bacia hidrográfica do arroio Velhaco, como consta para a bacia do Camaquã (L32), realizada pela Secretaria de Recursos Hídricos do Estado do Rio Grande do Sul. As características do relevo apresentam, próximo aos canais de irrigação do arroio Duro (setor leste), um divisor bastante sutil (com baixa amplitude topográfica), onde são empregadas elevatórias para transvasar de uma bacia a outra, o que normalmente origina problemas relativos à delimitação, por falta de dados de altimetria mais detalhados, os quais foram obtidos em campo.

Hansen e Fensterseifer (1996) e Fensterseifer e Hansen (2000) utilizaram os termos sistema, subsistema e sub-bacia no trabalho realizado junto a BHRC, na escala de 1:250.000, porém sem levar em consideração a comparação com as lacunas existentes nas proposições anteriores para setorização de bacias hidrográficas.

- Sistema: são para aqueles trabalhos realizados na escala de representação de 1:200.000, sem apresentar um limite superior, englobando as escalas pequenas. Serve para caracterizar os aspectos regionais, a fim de apontar as ações prioritárias e obter uma visão abrangente da bacia hidrográfica. Isto se assemelha às proposições de menor do que a terceira ordem de grandeza de Tricart (1965), macroplanejamento de Cendrero (1982), bacia de Hidalgo (1987) e bacia grande de Singh (1995).

Vários aspectos temáticos foram abordados em nível de sistema no projeto “Caracterização, diagnóstico e planejamento da bacia de drenagem do rio Camaquã”, tendo-se em vista a amplitude da área de 17.448km², com a subdivisão em quatro subsistemas.

- Subsistema: é quando o trabalho se enquadra entre as escalas de 1:200.000 e 1:100.000, com vista ao mapeamento dos aspectos físicos, relacionado com as atividades de implantação no território. Permite obter uma noção sobre os aspectos regionais.

Tem uma abordagem que coincide com a quarta ordem de grandeza de Tricart (1965), parcialmente com o mesoplanejamento de Cendrero (1982), sub-bacia de 1º nível de Hidalgo (1987) e bacia média de Singh (1995).

O SsBC, com uma área de 3.007km², abarca a região de estudos da Tese e se situa neste nível de abordagem, sendo que o planejamento utiliza uma escala regional, para solucionar os conflitos territoriais e ambientais ocorrentes, devido à concorrência entre as diferentes utilizações e atividades, próprios do território em análise.

- Sub-bacia: subsidia o planejamento local, envolvendo as escalas de 1:100.000 a 1:10.000. Realiza-se com a análise territorial mais detalhada, em escalas maiores do que as dos setores anteriores. Engloba, por exemplo, a demarcação das áreas mais frágeis e de maior interesse para a conservação, localização de áreas urbanas, industriais, agrícolas ou de mineração. Esta setorização aborda, em parte, a quinta ordem de grandeza de Tricart (*op. cit.*), parcialmente o mesoplanejamento e microplanejamento de Cendrero (*op. cit.*), a sub-bacia de 2º nível de Hidalgo (*op. cit.*) e a bacia pequena de Singh (*op. cit.*).

A BHRC foi subdividida em 29 sub-bacias hidrográficas, dentro da escala de 1:250.000, sendo que a área do SsBC possui quatro sub-bacias com área mínima de 272km² (sub-bacia do arroio Santa Isabel) e máxima de 966 km² (sub-bacia do arroio do Sapato).

- Microbacia: envolve as escalas grandes, menores do que 1:10.000. É a forma de planejamento com informações detalhadas. Os dados são localizados com precisão e mais adensados com vistas à gestão de desenvolvimento. Esta classificação aborda a sexta ordem de grandeza de Tricart (*op. cit.*), parcialmente o microplanejamento de Cendrero (*op. cit.*), a microbacia de Hidalgo (*op. cit.*) e a bacia muito pequena de Moldan e Cerny (1994).

Níveis de escala pequena (microbacia), no caso da BHRC, não foram contemplados, pois a abordagem envolvia a obtenção de uma caracterização de caráter mais amplo. Neste trabalho, o SsBC foi abordado com a subdivisão em cinco microbacias, sendo a da ilha do

Vianez de maior porte, com 136km², e a Granja São Geraldo, de menor dimensão, com 41km².

O SsBC, em nível de unidades de conservação, segundo o SNUC, envolve as áreas das categorias II -parques Estadual do Camaquã e Histórico Bento Gonçalves da Silva; IV - Santuário da Fauna e Flora (aves em extinção e migratórias) Além destas áreas existem também terras indígenas representada pela Reserva Indígena Pacheca, com restrição Federal.

De acordo com os dados da FUNAI, IBAMA, governo do Estado do Rio Grande do Sul e município de Camaquã, dentro da região do SsBC, área de Tese, existem uma Terra Indígena e três Unidades de Conservação ou Áreas Protegidas:

- 1) a primeira área com alta restrição Federal vem a ser a Reserva Indígena Pacheca, segundo Portaria da FUNAI 1.136, de 12-11-1993, com uma área de 1.780km², em fase de demarcação legal (Fotografia 5.1);



Fotografia 5.1 - Reserva indígena Pacheca.
Local: microbacia da ilha de Santo Antônio

- 2) a segunda, o Parque Estadual de Camaquã, segundo Decreto 23.789, de 12-03-1975, com uma área de 7.992km², com alta restrição Estadual, indo desde Camaquã até São Lourenço do Sul, em fase de levantamento e delimitação (Fotografia 5.2);



Fotografia 5.2 - Vista aérea da ilha de Santo Antônio com ocupação antrópica irregular. Está dentro das delimitações originais do Parque Estadual do Camaquã. Local: microbacia da ilha de Santo Antônio

- 3) a terceira, a área Estadual, vem a ser o Parque Histórico Bento Gonçalves da Silva, situado na região de Cristal, BR-116, km 423, com uma área de 289,59km² (Fotografia 5.3);
- 4) área de reforma agrária declarada de utilidade pública municipal pelo Decreto nº 11.106 de 05-01-1960.

Dentro da porção do SsBC, que envolve as áreas costeiras, deve ser aplicado como elemento de compartimentação o zoneamento ambiental como instrumento de gestão, levando em consideração o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro, que regula e normaliza as ações neste setor.

No SsBC, as atividades rurais são as principais fontes poluidoras do meio físico, devendo haver o controle no uso da terra, com o impedimento na utilização das encostas de declives acentuados, a fim de evitar o processo erosão e, posterior, assoreamento próximo ao reservatório da barragem do arroio Duro/Sanga Formosa. Deve também ser imposto um maior controle na utilização de fertilizantes e biocidas relacionados à orizicultura, os quais são aplicados de maneira indiscriminada degradando, cada vez mais, o meio ambiente.



**Fotografia 5.3 - Vista do Parque Histórico Bento Gonçalves. Ao fundo o museu do parque.
Local: microbacia do arroio Palanque**

Stoney (1996), visando aos ganhos ambientais e econômicos, sugere a aplicação de insumos com taxa variada, através do uso localizado de herbicidas, apenas naqueles locais infestados, minimizando com isto as contaminações.

5.4.4 Dados censitários e de infra-estrutura regional

O SsBC é composto por parte dos municípios de Camaquã, Canguçu, Chuvisca, Cristal, Dom Feliciano e São Lourenço do Sul. Totaliza uma área de 3.007km² e perímetro de 305km. Todos os dados de censo são originários e modificados do IBGE (1998) (Tabela 5.1).

Tabela 5.1 - Áreas dos municípios e subsistema com percentual no SsBC

| Municípios | Área do Município (km ²) | Área no SsBC (km ²) | Área Municipal (%) |
|---------------------|--------------------------------------|---------------------------------|--------------------|
| Camaquã | 1.683,2 | 775,7 | 46,1 |
| Canguçu | 3.520,6 | 506,7 | 14,4 |
| Chuvisca | 214,2 | 81,0 | 38,0 |
| Cristal | 682,1 | 645,0 | 94,6 |
| Dom Feliciano | 1.263,0 | 1,0 | 0,1 |
| São Lourenço do Sul | 2.028,3 | 997,6 | 49,2 |
| <i>TOTAL</i> | 9.391,4 | 3.007 | - |

(Fonte: Área municipal modificada do IBGE, *op. cit.*; área no SsBC; e percentual municipal)

Destes municípios, os que apresentam sede dentro do SsBC são Camaquã, Chувиска e Cristal (Figura 5.14).

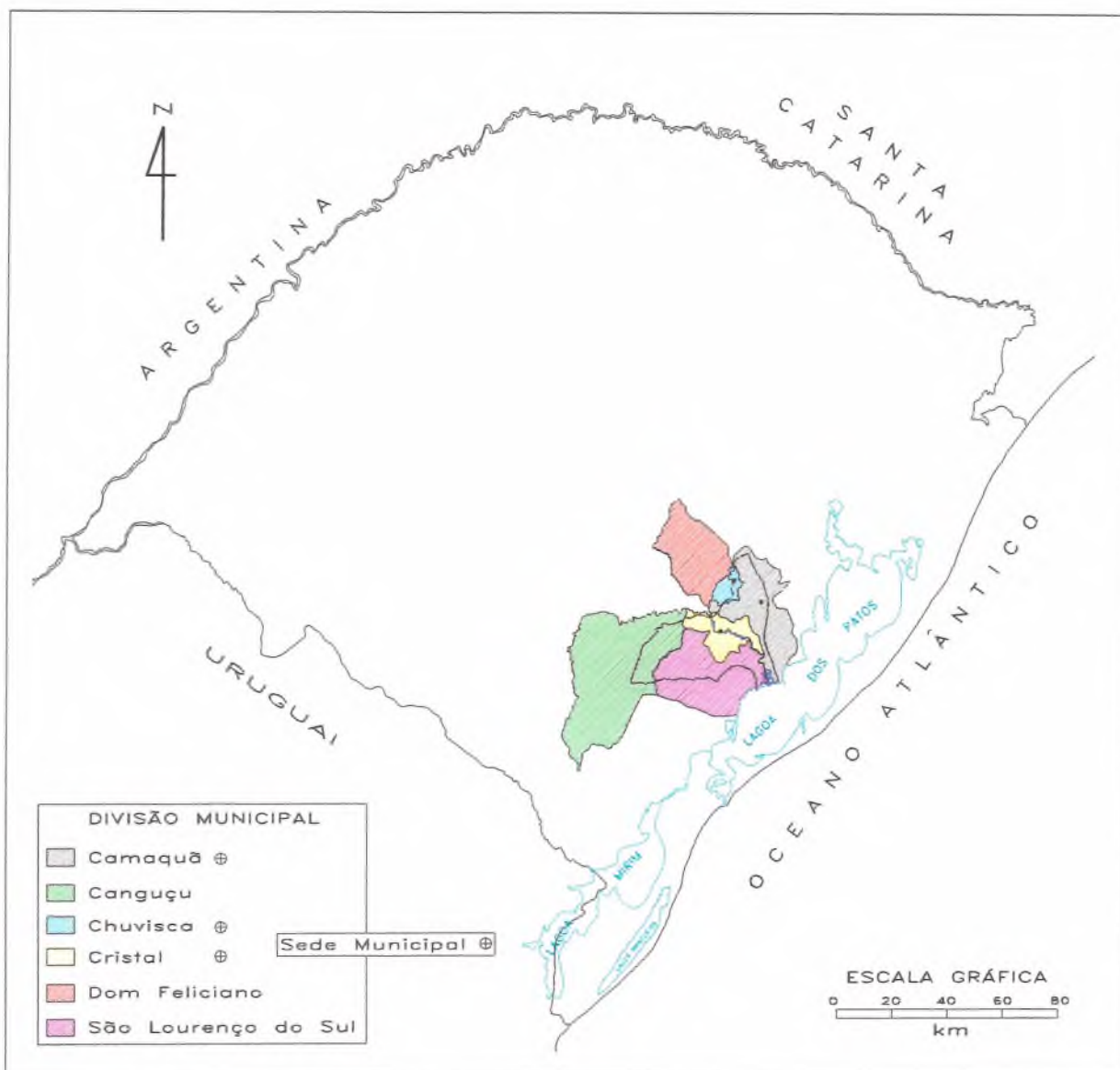


Figura 5.14 - Mapa com a divisão municipal do SsBC. Contorno em preto, limite do SsBC. (Fonte: modificado do IBGE, *op. cit.*)

A região encontra-se servida por rodovias asfaltadas como a BR-116, que liga Porto Alegre a Pelotas, de revestimento solto, caminhos e trilhas por onde foram realizados os levantamentos em campo (Figura 5.15).

As vias de acesso são importantes para o escoamento da produção local. Uma vista das rodovias asfaltadas, de revestimento solto, com duas vias e de uma via, pode ser observada

nas fotografias (5.4; 5.5; 5.6; 5.7).

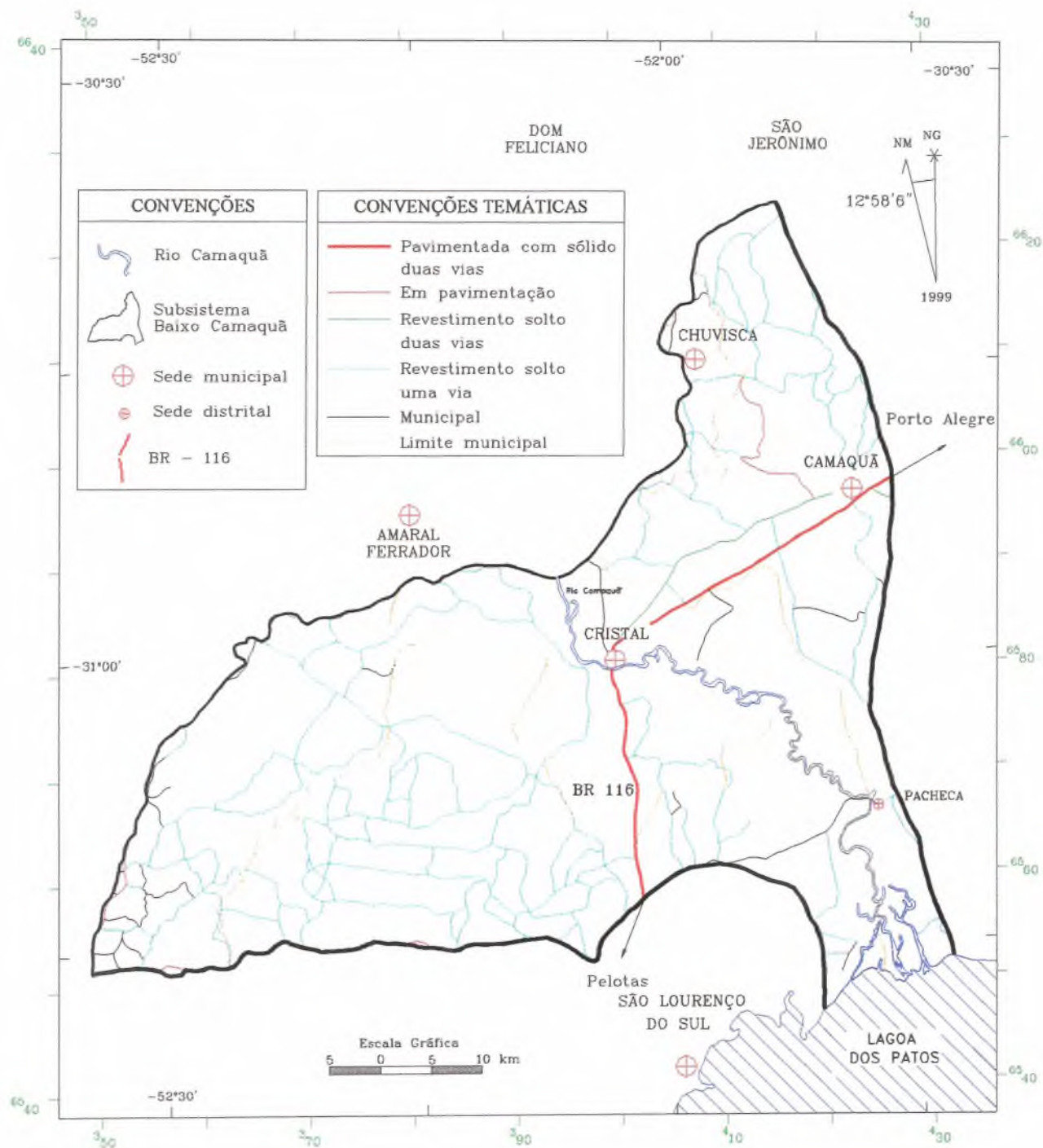


Figura 5.15 - Carta das rodovias e acessos secundários do SsBC.
(Fonte: modificado do mapa rodoviário DAER, 1997)

A maior cidade do SsBC é Camaquã e a menor é Chувиска, segundo dados censitários de 1998, do IBGE. A densidade populacional média do SsBC é de 18,7hab./km², inclusive fora da área do subsistema (Tabela 5.2).



**Fotografia 5.4 - Vista parcial da BR-116, rodovia com revestimento sólido de duas vias. Conexão de Camaquã com Cristal.
Local: sub-bacia do arroio Duro/Sanga Formosa**



**Fotografia 5.5 - Rodovia com revestimento solto de duas vias. Conexão de Camaquã com Chuvisca.
Local: sub-bacia do arroio Duro/Sanga Formosa**



Fotografia 5.6 - Rodovia com revestimento solto de duas vias. Conexão de Pacheca com a Ilha de Santo Antônio.
Local: microbacia da Ilha de Santo Antônio



Fotografia 5.7 - Rodovia com revestimento solto de uma via. Conexão Cristal com Amaral Ferrador.
Local: microbacia do arroio Palanque

Tabela 5.2 - Densidade populacional dos municípios que integram o SsBC

| Municípios | População Total (hab.) | Área dos Municípios (km ²) | Densidade Populacional (hab./km ²) |
|---------------------|------------------------|----------------------------------------|------------------------------------------------|
| Camaquã | 58.568 | 1.683,2 | 34,8 |
| Canguçu | 50.131 | 3.520,6 | 14,1 |
| Chuívisca | 4.600 | 214,2 | 21,5 |
| Cristal | 6.717 | 682,1 | 9,8 |
| Dom Feliciano | 13.420 | 1.263,0 | 10,6 |
| São Lourenço do Sul | 42.912 | 2.028,3 | 21,2 |
| TOTAL | 176.348 | 9.391,4 | 18,7 |

(Fonte: População total e área municipal modificado do IBGE, 1998)

Os dados populacionais foram estimados em função da área de contribuição dentro do SsBC, atingindo um valor de 73.793 habitantes, o que representa 41,8% da população total dos municípios, inclusive fora da área do SsBC.

A maior população estimada dentro do SsBC é a relativa ao município de Camaquã, com 48.855 habitantes, e a menor relaciona-se com Dom Feliciano, com 11 habitantes (Tabela 5.3).

Conforme os dados do IBGE, lançados em outubro de 2000, pela FEE, de 1997 para 1998 houve um crescimento populacional no SsBC de 797 habitantes.

O município de Camaquã cresceu 0,4hab./km²; Canguçu decresceu 0,2hab./km²; Chuvisca aumentou 0,2hab./km²; Cristal permaneceu estagnado; Dom Feliciano ampliou 0,1hab./km²; São Lourenço do Sul ampliou 0,2hab./km². Todo o subsistema teve um crescimento médio de 0,2hab./km².

Tabela 5.3 - Estimativa da população em função da área de contribuição municipal do SsBC

| Municípios | População Urbana (hab.) | População Rural (hab.) | Área Municipal (%) | Estimativa da População do SsBC (hab.) |
|---------------------|-------------------------|------------------------|--------------------|----------------------------------------|
| Camaquã | 40.548 | 18.020 | 46,1 | 48.855 |
| Canguçu | 16.186 | 33.945 | 14,4 | 4.888 |
| Chuívisca | 2.746 | 1.854 | 38,0 | 3.451 |
| Cristal | 3.720 | 2.997 | 94,6 | 6.555 |
| Dom Feliciano | 2.009 | 11.411 | 0,1 | 11 |
| São Lourenço do Sul | 22.520 | 20.392 | 49,2 | 10.033 |
| TOTAL | 87.729 | 88.619 | 40,4 | 73.793 |

(Fonte: População modificado do IBGE, 1998)

Considerando todas as áreas dos municípios que fazem parte do SsBC, este apresenta um leve predomínio da população rural (50,3%) sobre a urbana (49,7%). De 1997 para 1998, houve um aumento populacional de 886 habitantes. A população urbana aumentou em 2.291 habitantes, e a rural diminuiu em 1.405 habitantes, relativos ao êxodo rural.

A partir dos dados censitários de 1997 para 1998, observa-se que a população urbana cresceu de 85.438 para 87.729, e a rural diminuiu de 90.024 para 88.619.

A densidade populacional média do SsBC é de 24,5hab./km², 6,2% maior do que a densidade geral dos municípios, inclusive fora do subsistema (Tabela 5.4).

Tabela 5.4 - Densidade populacional em função da área de contribuição municipal do SsBC

| Municípios | População (hab.) | Área do Município (km ²) | Densidade Populacional do SsBC (hab./km ²) | População Urbana do SsBC (hab.) | População Rural do SsBC (hab.) |
|----------------------------|------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| Camaquã | 48.855,0 | 775,7 | 63,0 | 40.548 | 8.307 |
| Canguçu | 4.888,0 | 506,7 | 9,6 | - | 4.888 |
| Chuívisca | 3.451,0 | 81,0 | 42,6 | 2.746 | 705 |
| Cristal | 6.555,0 | 645,0 | 10,2 | 3.720 | 2.835 |
| Dom Feliciano | 11,4 | 1,0 | 11,4 | - | 11 |
| São Lourenço do Sul | 10.033,0 | 997,6 | 10,1 | - | 10.033 |
| TOTAL | 73.793,4 | 3007,0 | 24,5 | 45.716 | 26.779 |

(Fonte: População modificado do IBGE, 1998)

A maior população do SsBC é a urbana (61,95%) em relação à rural (38,05%).

A população rural que se destaca é a do município de São Lourenço do Sul, que atinge 10.033 habitantes, seguida por Camaquã; a menor é a de Dom Feliciano que é de 11 habitantes.

A densidade populacional mais expressiva é a referente ao município de Camaquã, com 63,0hab./km², elevada em função do número de habitantes da cidade, e a menor corresponde ao município de Canguçu, com 9,6hab./km².

Os aspectos relacionados com a demografia, para o ano de 1995, demonstram que o número total médio estimado de nascidos vivos para o SsBC é de 1.938 indivíduos; óbitos fetais, quinze; óbitos normais, de 624 indivíduos; 424 casamentos; 64 separações judiciais; 28 divórcios. O índice social médio é de 0,418, estando abaixo deste valor Canguçu e Dom Feliciano, pois Chuvisca, até o momento, não apresenta dados, por ser um município recentemente emancipado, em 1997.

Com respeito à representação política, o número de eleitores do SsBC é de aproximadamente 13.589 votantes do sexo masculino; 12.853 votantes do sexo feminino; 2.347 votantes são analfabetos; e 550 votantes são menores, de um total de 29.339 habitantes com direito a voto, no ano de 1998.

O efetivo carcerário é de 131 presos para o ano de 1998, enquanto que a capacidade dos estabelecimentos penais chega a 52 locais junto ao SsBC.

5.4.5 Economia

A BHRC, segundo Habiaga e Madureira (1996), em relação a outras do Estado, é menos explorada e com pequena expressão econômica.

A região do SsBC vem a ser uma das áreas mais desenvolvidas da BHRC e se diferencia pelo poder econômico ancorado, principalmente na orizicultura, associada à planície costeira e a fumiicultura em direção a encosta, relativo aos planaltos residuais marginais.

Os serviços das instituições financeiras são em número oito, com seis na cidade de Camaquã.

As finanças públicas, para o ano de 1998, relacionam-se com a receita gerada; tributos estaduais, representados pelo ICMS, ITBI, IPVA; municipais, pelo IPTU, ITBI, ISSQN, IVVC, taxas, contribuição de melhorias, totalizando uma receita de R\$ 36.847.999,00. As receitas arrecadadas correntes e de capital somam R\$ 30.457.512,00. O município de maior arrecadação é Camaquã. As despesas correntes gerais do SsBC estimadas são de R\$ 26.293.883,00 e as de capital são de R\$ 3.883.196,00, resultando no total de R\$ 30.177.079,00.

Com relação à contabilidade social do ano de 1998, verifica-se que o SsBC possui o valor agregado da agropecuária em R\$ 109.547.000,00; valor agregado da indústria atinge R\$ 172.344.000,00; valor agregado do comércio com R\$ 39.533.000,00; valor agregado dos demais serviços: R\$ 203.011.000,00; valor agregado total dos demais serviços: R\$ 242.544.000,00; valor agregado a preços básicos: R\$ 525.504.000,00; produto interno bruto a preço de mercado PIBpm: R\$ 742.648.000,00; e produto interno bruto a preço de mercado *per capita*: R\$ 19.202.000,00.

A renda *per capita* deste subsistema é média a alta, com sua maior arrecadação ancorada no setor agropecuário; o município de Camaquã é o que tem sua renda centrada no setor terciário (comércio). As olarias após as prefeituras e sub-prefeituras, são os setores que mais empregam mão-de-obra.

5.4.6 Agropecuária

As culturas permanentes encontradas nos municípios do SsBC são abacate, banana, caqui, figo, goiaba, laranja, limão, maçã, marmelo, pera, pêssego, tangerina e uva. A maior área de cultivo para o SsBC é para pêssego, com 293,8há, correspondendo a maior arrecadação para o município de Canguçu, com um valor total estimado de R\$ 265.800,00, relativo ao ano de 1998. A seguir, a produção de laranja, com 190,7ha, alcança um valor estimativo para o subsistema de R\$ 196.500,00, com uma distribuição mais eqüitativa de renda para os municípios do SsBC. O valor total da produção de culturas permanentes para o subsistema em estudo, a partir da modificação dos dados censitários do IBGE de 1997, foi de R\$ 194.900,00. O município que mais planta culturas permanentes é Canguçu, seguido por São Lourenço do Sul. Isto tudo totaliza, no SsBC, uma área aproximada de 564,5ha.

As culturas temporárias encontradas nos municípios do SsBC são alho, amendoim, arroz, aveia, batata-doce, batata inglesa, cana-de-açúcar, cebola, ervilha, feijão, fumo, mamona, mandioca, melancia, melão, milho, soja, sorgo, tomate e trigo.

A maior área de cultivo para o SsBC é para milho, com 29.510ha, correspondendo a maior arrecadação para o município de Canguçu, com um valor total estimado de R\$ 5.111.200,00. A seguir, está a produção de arroz, com 18.143ha, porém com um valor agregado maior do que o milho, que apresenta um valor estimado para o subsistema de R\$ 21.188.700,00, com mais cultivo nos municípios de Camaquã e São Lourenço do Sul. Portanto, as maiores renda provêm do arroz, seguidas pelo fumo, batata inglesa e milho. O valor total da produção de culturas permanentes para o subsistema em estudo, a partir da modificação dos dados censitários do IBGE de 1997, foi de R\$ 44.657.000,00. O município que mais cultivava culturas temporárias é Canguçu, seguido por São Lourenço do Sul. Isto tudo totaliza no SsBC uma área aproximada de 30.927ha. Para a agropecuária e efetivo de rebanhos foram considerados os bovinos, suínos, eqüinos, asininos, muares, bufalinos, coelhos, ovinos, caprinos, galinhas, galos, frangas, frangos-pintos e codorna, totalizando 484.985 indivíduos, estimados por unidade de área e informações em campo.

Com relação à agropecuária, é o efetivo de galos, frangos e frangos-pinto que apresentam número mais expressivo, com um total de 698.665 indivíduos, seguidos pelos rebanhos de bovinos, com 394.579 cabeças. Em termos de agropecuária e efetivo de rebanhos no SsBC, os municípios que se ordenam por quantidade são: São Lourenço do Sul, Canguçu, Camaquã, Cristal, Chувиска e Dom Feliciano.

O produto de origem animal está centrado no leite, com uma produção para o ano de 1997 de 18.143.000 litros, perfazendo uma divisa de R\$ 4.217.000,00. Os ovos de galinha totalizam 672.000 dúzias, com um valor de R\$ 355.000,00; o mel de abelha soma 20.344kg e gera um valor de R\$ 71.000,00; e a lã de ovelha totaliza 44.149kg, com divisas de R\$ 59.000,00.

5.4.7 Indústrias e Serviços

Com relação às indústrias, o SsBC, para o ano de 1998, apresentou 45 no setor de minerais não-metálicos, 28 de metalurgia, quinze de mecânica, duas de materiais elétricos e de comunicação, 24 de madeireiras, quatorze do setor mobiliário, uma do setor de química, duas de produtos farmacêuticos e veterinários, nove de perfumarias, sabões e velas, duas de produtos de matéria plástica, 70 de produtos alimentares, nove de fumo, quatro de editoriais e gráficos, sendo o município de Camaquã o mais desenvolvido neste setor, em comparação com os demais integrantes deste subsistema. Existem 23 indústrias do setor de couro, peles e similares, sendo São Lourenço do Sul o mais avançado e uma para o setor industrial de produtos têxteis, com o maior desenvolvimento junto ao município de Canguçu. Todos estes dados perfazem um total de 297 indústrias e indústrias de transformação.

Os serviços industriais de utilidade pública residenciais atingiram um consumo estimado para o SsBC de 30.499MWh, com 17.378 consumidores residenciais para o ano de 1997. Os serviços industriais de utilidade pública industrial atingiram um consumo estimado de 47.385MWh, com 410 consumidores industriais. Os serviços industriais de utilidade pública comercial tiveram um consumo estimado de 11.771MWh, com 1.933 estabelecimentos comerciais. Os serviços industriais de utilidade pública do setor público alcançaram um consumo estimado de 9.178MWh, com 236 consumidores do setor público para o ano de 1997. Os serviços industriais de utilidade pública do setor rural consumiram em torno de 17.031MWh, com 4.845 consumidores do meio rural, e outros atingiram 203MWh, com cinco consumidores. O total de consumo de todos os setores atingiu, para o subsistema

em estudo o valor de 52.157MWh, com 24.809 consumidores, resultando em um valor médio de 2,1MWh por consumidor.

Os serviços das indústrias de utilidade pública que envolve o saneamento de água mostram um total estimado de 23.949 economias atendidas, com maior predomínio para a cidade de Camaquã. A extensão da rede de água atinge 267,4km. O número de casas atendidas com esgotos não apresenta dados, e a sua extensão total é de 247,8km.

5.4.8 Comércio, Transporte e Telecomunicações

Quanto aos serviços, o comércio varejista possui um total estimado de 2.169 estabelecimentos. O comércio atacadista conta com 135 estabelecimentos. Camaquã é a cidade com o maior número em relação às demais do SsBC.

Relativo aos serviços de transporte, o total estimado é de 4.080 veículos de carga registrados; o de passageiros é de 15.385 veículos; e outros são 2.558, com um somatório de 22.023 meios de transporte. Camaquã, Canguçu e São Lourenço do Sul são as cidades com o maior número de transportes.

Os tipos de combustíveis utilizados são: álcool, diesel, gasolina e outros, que somam 22.774 litros de consumo para o SsBC. Camaquã é o município que mais consome, sendo a gasolina o combustível mais consumido na região.

Os serviços relacionados com telecomunicações demonstram que existem em torno de 6.790 terminais telefônicos em serviço no SsBC. O município de Camaquã é o que possui o maior número de linhas.

5.4.9 Saúde e Educação

Quanto ao sistema de saúde, existem três hospitais, com um total de 229 leitos, junto ao subsistema em estudo.

O sistema de educação do SsBC apresenta um total de 124 estabelecimentos de ensino, com 23 estaduais; 98 municipais; e três particulares. O número de regentes de classe pré-escolar totaliza 27 professores, sendo oito de escolas estaduais; onze de municipais; e oito de

particulares. As matrículas iniciais pré-escolares totalizaram 673 inscrições, sendo 342 de escolas estaduais, 217 de municipais, e 114 de particulares.

O número de regentes de classe de 1º grau totaliza 784 professores. Destes, 328 são de escolas estaduais; 403, de municipais; e 53, de particulares. As matrículas iniciais do 1º grau resultaram em 11.967 inscrições, sendo 5.287 de escolas estaduais; 6.031 de municipais; e 649 de particulares. As matrículas finais do 1º grau somaram 11.397 inscrições, sendo 4.955 em escolas estaduais; 5.796 em municipais; e 646 em particulares. As matrículas totais do 1º grau integralizaram 12.832 inscrições, sendo 5.608 em escolas estaduais; 6.560 em municipais; e 664 em particulares. Os concluintes do 1º grau chegaram a 853 alunos, sendo 425 de escolas estaduais; 337 de municipais; e 91 de particulares. Os evadidos do 1º grau somaram 459 alunos, sendo 244 de escolas estaduais; 214 de municipais; e um de escolas particulares. As reprovações do 1º grau atingiram 1.799 alunos, sendo 866 de escolas estaduais; 914 de municipais; e 19 de particulares. Isto corresponde a uma taxa de reprovação que se relaciona 43% as escolas estaduais; 53% as municipais; e 3% as particulares. A taxa de evasão escolar corresponde a 21,7%, representados por 14,3% de escolas estaduais; 7,2% de municipal; e 0,15% de particulares.

O número de regentes de classe de 2º grau totaliza 132 professores. Destes, 119 são de escolas estaduais e treze de particulares. As matrículas iniciais do 2º grau resultaram em 2.662 inscrições, sendo 2.517 de escolas estaduais e 145 de particulares. As matrículas finais do 2º grau somaram 2.215 inscrições, sendo 2.075 em escolas estaduais e 140 em particulares. As matrículas totais do 2º grau integralizaram 2.855 inscrições, sendo 2.808 em escolas estaduais e 147 em particulares. Os concluintes do 2º grau chegaram a 399 alunos, sendo 351 de escolas estaduais e 48 de particulares. Os evadidos do 2º grau somaram 430 alunos, sendo 430 de escolas estaduais e nenhum de escolas particulares. As reprovações do 2º grau atingiram 579 alunos, sendo 566 de escolas estaduais e treze de particulares. Isto corresponde a uma taxa de reprovação total de 62%, que é de 53% para as escolas estaduais e 9% para as particulares. A taxa de evasão escolar corresponde a um total de 39%, representado pelas escolas estaduais.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo foi subdividido em dois subcapítulos. No primeiro, são analisados os aspectos relativos à caracterização física do SsBC. No segundo, são apresentadas as questões desenvolvidas para o banco de dados que permitirão diagnosticar e prognosticar o meio biótico e abiótico, de qualquer bacia hidrográfica, sob o aspecto ambiental, social e econômico, a fim de subsidiar, por meio da obtenção dos indicadores, os índices de desenvolvimento sustentável. Ainda neste subcapítulo, são tecidas considerações sobre o desenvolvimento sustentável do SsBC e a aplicação do questionário, a fim de estabelecer o enquadramento das sub-bacias e microbacias hidrográficas desse subsistema. Isto tudo servirá de subsídio para enquadrar no tipo de comunidade que pertence às sub-bacias e microbacias, mostrando quais são as tendências para a reorientação a sustentabilidade. Desta maneira, será possível estabelecer comparações por grupos de questionários específicos, por área de conhecimento, para auxiliarem na proposição de ações prioritárias por parte dos comitês de gerenciamento de bacias hidrográficas, à semelhança do método de questionários *Delphi*, que empregam técnica de especificação de políticas sob ambientes realísticos, e enquadrar sob os aspectos de potencialidades e vulnerabilidades, dentro da nova proposição, mais detalhada, de zee.

6.1 Resultados e discussões sobre a caracterização física do SsBC

Neste subcapítulo, são analisadas e discutidas as unidades básicas do planejamento ambiental; o meio abiótico envolvendo o clima da região, geologia, geomorfologia, solos, usos da terra, uso atual do solo e recursos hídricos; a respeito do meio biótico: dados referentes à flora, fauna; e em relação aos meios social, cultural, econômico, histórico, lazer, paisagístico e arqueológico, referente aos dados obtidos do estudo de caso relativo ao SsBC.

6.1.1 Considerações sobre a geomorfologia e geologia

Em linhas gerais, a compartimentação geomorfológica mais ampla do SsBC está subdividida em planaltos e planícies. Esse subsistema encontra-se representado por formas, com topos convexos de colinas onduladas; formas com superfícies inclinadas, ambas constituídas pelos planaltos rebaixados marginais e formas planas com depressão, como é o caso da fossa do arroio do Sapato e a Planície Costeira, respectivamente. A seguir, é apresentado o mapa modificado de Hansen e Fensterseifer (1996a) (Figura 6.1) (Fotografias 6.1; 6.2; 6.3).

A porção nordeste do subsistema possui relevo acidentado com colinas, superfície de

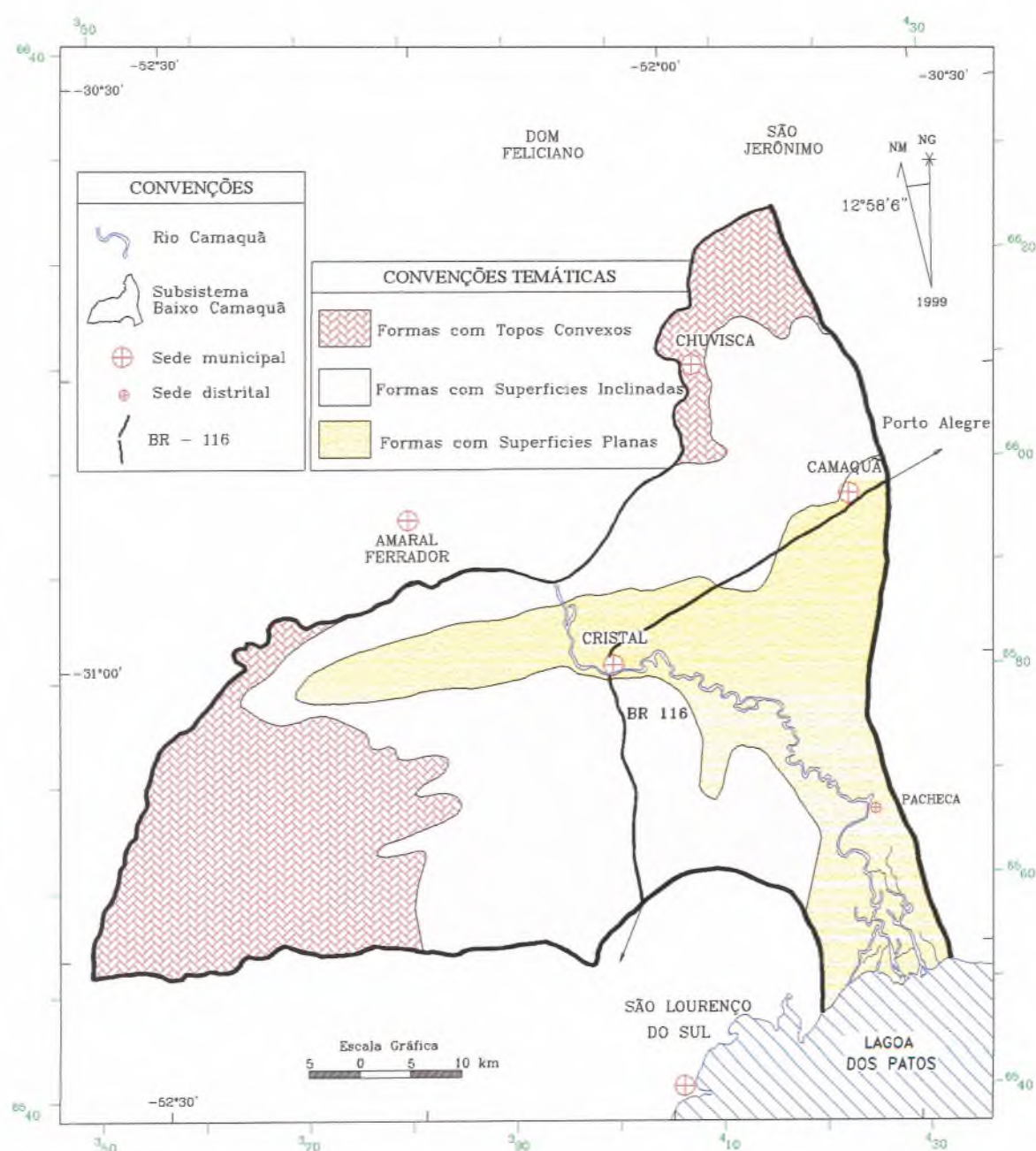
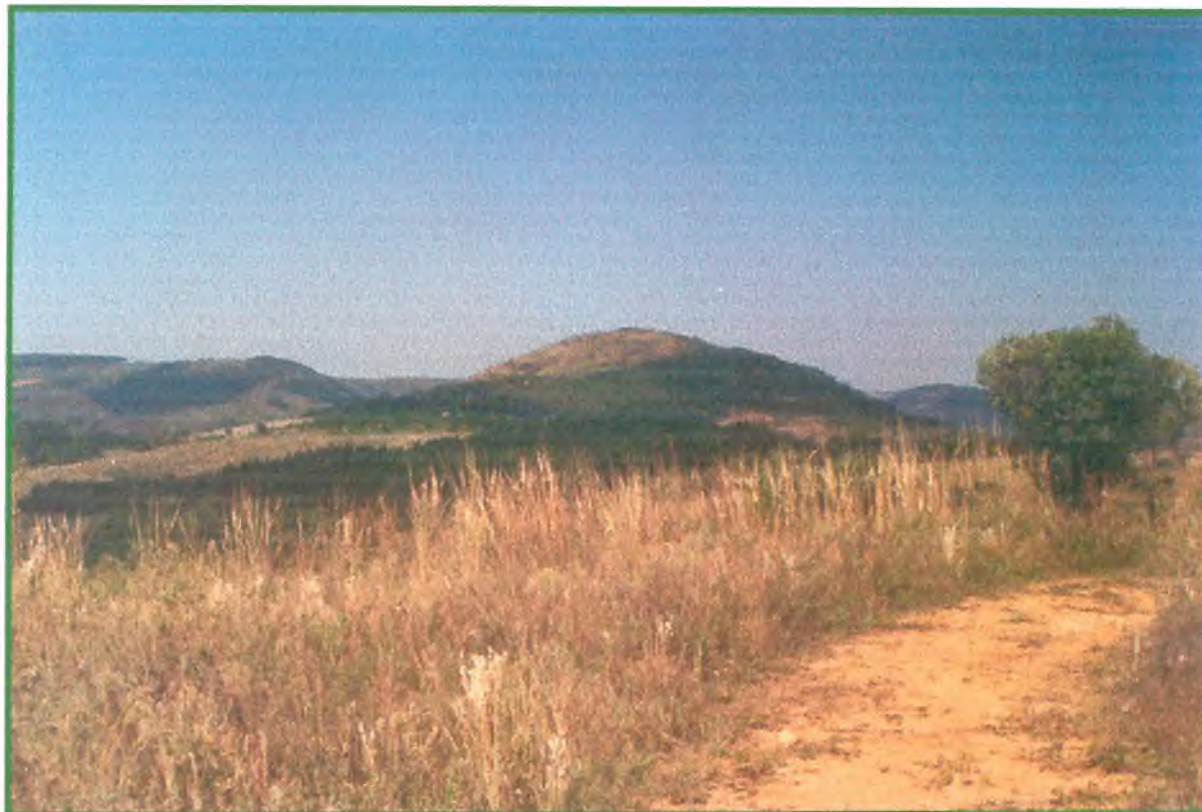


Figura 6.1 - Carta das formas do relevo do SsBC

pediplanação e encostas convexas. Para sudoeste deste, predominam as formas de topo, arredondadas, com encostas convexas mais suaves. O sopé das porções deste subsistema apresenta uma superfície plana a levemente ondulada. As altitudes médias estão entre 0m e 100m.



**Fotografia 6.1 - Forma de relevo com topo convexo, representado por granitóides.
Local: sub-bacia do arroio Duro/Sanga Formosa, próximo a Chuisca**



**Fotografia 6.2 - Forma de relevo com superfície inclinada, representada pelos depósitos coluviais originários de granitóides.
Local: sub-bacia do arroio Duro/Sanga Formosa, próximo a Camaquã**



Fotografia 6.3 - Formas com superfícies planas com campos limpos.

Local: sub-bacia do arroio Santa Isabel, próximo ao rio Camaquã

Este subsistema, em função da dinâmica do relevo, é propenso a erosão, à montante, com assoreamento associado a algumas áreas sujeitas às inundações, à jusante, e à erosão eólica costeira, como os lençóis de areias, junto ao delta do rio Camaquã, com ondulações sinuosas e assimétricas, produzidas pelo vento e que avançam sobre a vegetação rasteira.

O sistema, mencionado anteriormente, caracteriza-se em termos de geomorfologia por apresentar formas estruturais e de modelado. A tabela 6.1 apresenta uma visão resumida dos aspectos geomorfológicos da BHRC. Em letras de cor vermelha, estão as formas de relevo ocorrentes no SsBC.

Tabela 6.1 - Relação entre as formas e as características que abordam a BHRC, relativos à compartimentação geomorfológica do Rio Grande do Sul

| COMPARTIMENTOS | FORMAS | DO EMBASAMENTO CRISTALINO | COM COBERTURA SEDIMENTAR | COM COBERTURA DE ACUMULAÇÃO |
|----------------------------|-------------------|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------------------|
| PROVÍNCIAS MORFOLÓGICAS | | Escudo de Rochas Cristalinas | Sedimentos da Bacia do Paraná | Sedimentos Quaternários |
| PROVÍNCIAS GEOMORFOLÓGICAS | GEOMORFOLÓGICAS | Escudo Cristalino ou Sul-rio-grandense | Depressão Central | Planície Costeira |
| DOMÍNIOS TRUTURAIIS | MORFOESTRUTURAIIS | dos Embasamentos em Estilos Complexos | das Bacias | Dos Depósitos Sedimentares |
| REGIÕES LÓGICAS | GEOMORFOLÓGICAS | Planalto Sul-rio-grandense | Depressão Central Gaúcha | Planície Costeira Interna |
| UNIDADES FOLÓGICAS | GEOMORFOLÓGICAS | Planaltos Residuais Canguçu-Caçapava Planaltos Rebaixados Marginal | Depressão Rio Ibicuí-Rio Negro | Planície Lagunar Planície Alúvio-Coluvionar |
| ENERGIA DE RELEVO | | Planaltos Elevados 500m - 200m | Altitudes Médias 200m - 50m | Planícies e Baixadas < 50m |

(Fontes: Com base nos dados do relatório da Folha SH.22 de Porto Alegre e partes das Folhas SH.21 de Uruguaiana e SI.22 de Lagoa Mirim e de Brasil, 1986)

O SsBC caracteriza-se como uma região com energia de relevo baixa (<50m), constituída por planícies; média (entre 50m e 200m) com depósitos coluviais; e alta formando altiplanos (>200m). Possui, portanto, estruturas tabulares horizontais, inclinadas e onduladas, relativas às planícies e ao complexo granítico. Este complexo se diferencia em altitude pela idade mais antiga. Este está mais arrasado pelos processos intempéricos ao longo do tempo do que as intrusões graníticas polidiapíricas mais jovens, modificado de Hansen e Fensterseifer (1996 e, f). Detalhes do relevo do SsBC podem ser observados na perspectiva ortométrica do relevo (Figura 6.2).

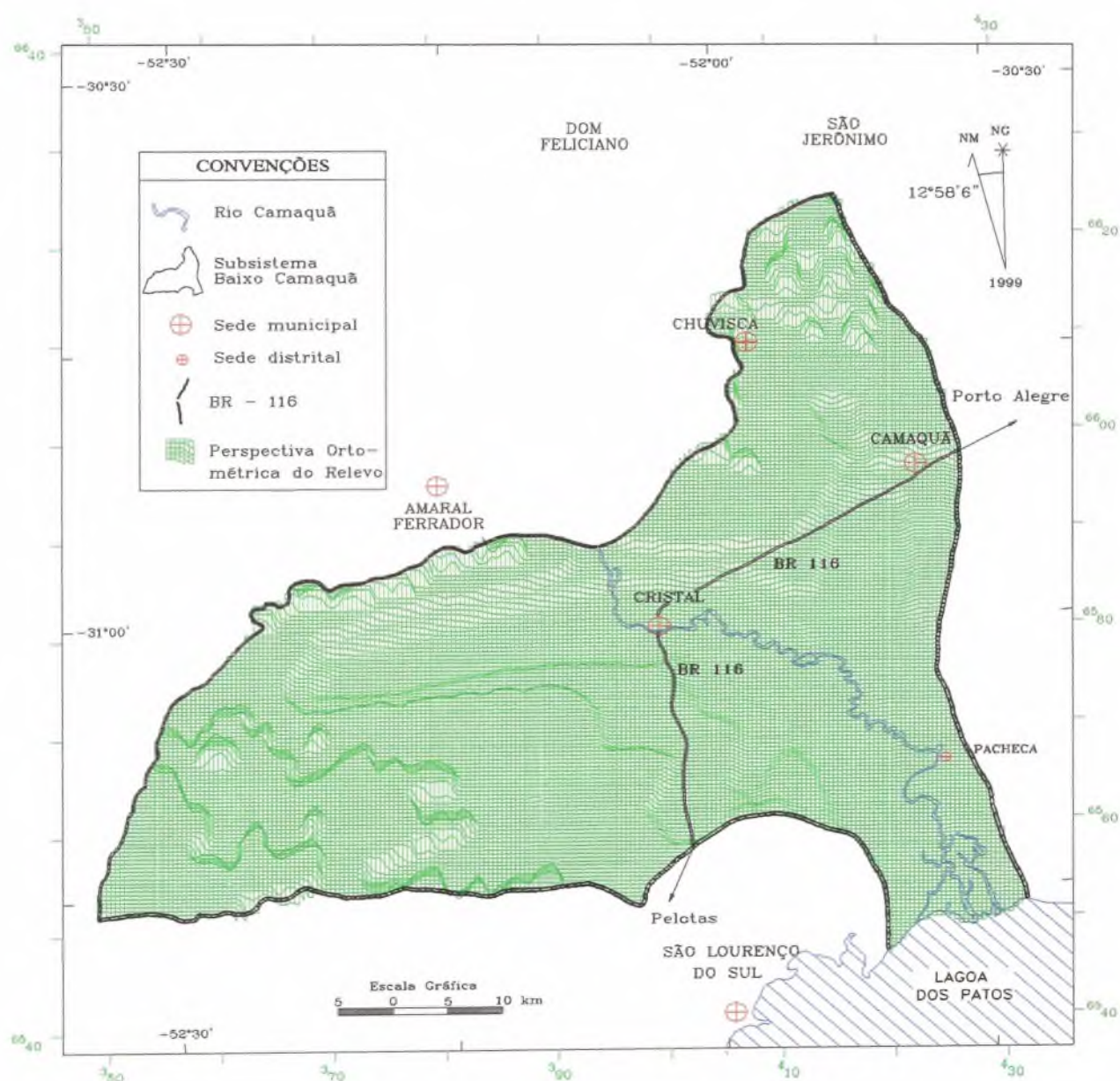


Figura 6.2 - Perspectiva ortométrica do relevo do SsBC



Fotografia 6.4 - Em primeiro plano, planície costeira interna e, em segundo plano, os planaltos rebaixados marginais.

Local: microbacia do arroio Palanque, sobre a BR-116

O SsBC apresenta pedoformas com estruturas de relevo inclinadas predominantemente, sobre as convexas, representando paisagens com colinas e morros testemunhos a montante. Para jusante ocorre uma superfície de acumulação, com áreas planas a levemente inclinadas. Trata-se de um relevo tectônico falhado, inclinado e tabular, formando vales esculpidos pela força das águas facilitadas pelos alinhamentos estruturais de posição NE-SW.

Algumas porções proeminentes do relevo, devido à orogênese do Complexo Granítico Dom Feliciano, formam feições de relevo mais elevadas. A região deste subsistema, das nascentes para a foz, apresenta superfícies de erosão, solos residuais e sedimentos. Trata-se de um relevo senil.

A declividade média do SsBC se situa entre 1,85% a 9,41% e está caracterizada como média, fraca e muito fraca, segundo os intervalos de classe definidos. Considerando a declividade geral do SsBC, existem setores com valores superiores a 20%, porém predominam declives menores do que 10%, em relação às demais sub-bacias e microbacias da BHRC. Os intervalos foram divididos em quatro classes: fraco, médio, forte e muito forte, ocorrentes no SsBC, modificado de Hansen e Fensterseifer (1996i) (Figura 6.5).

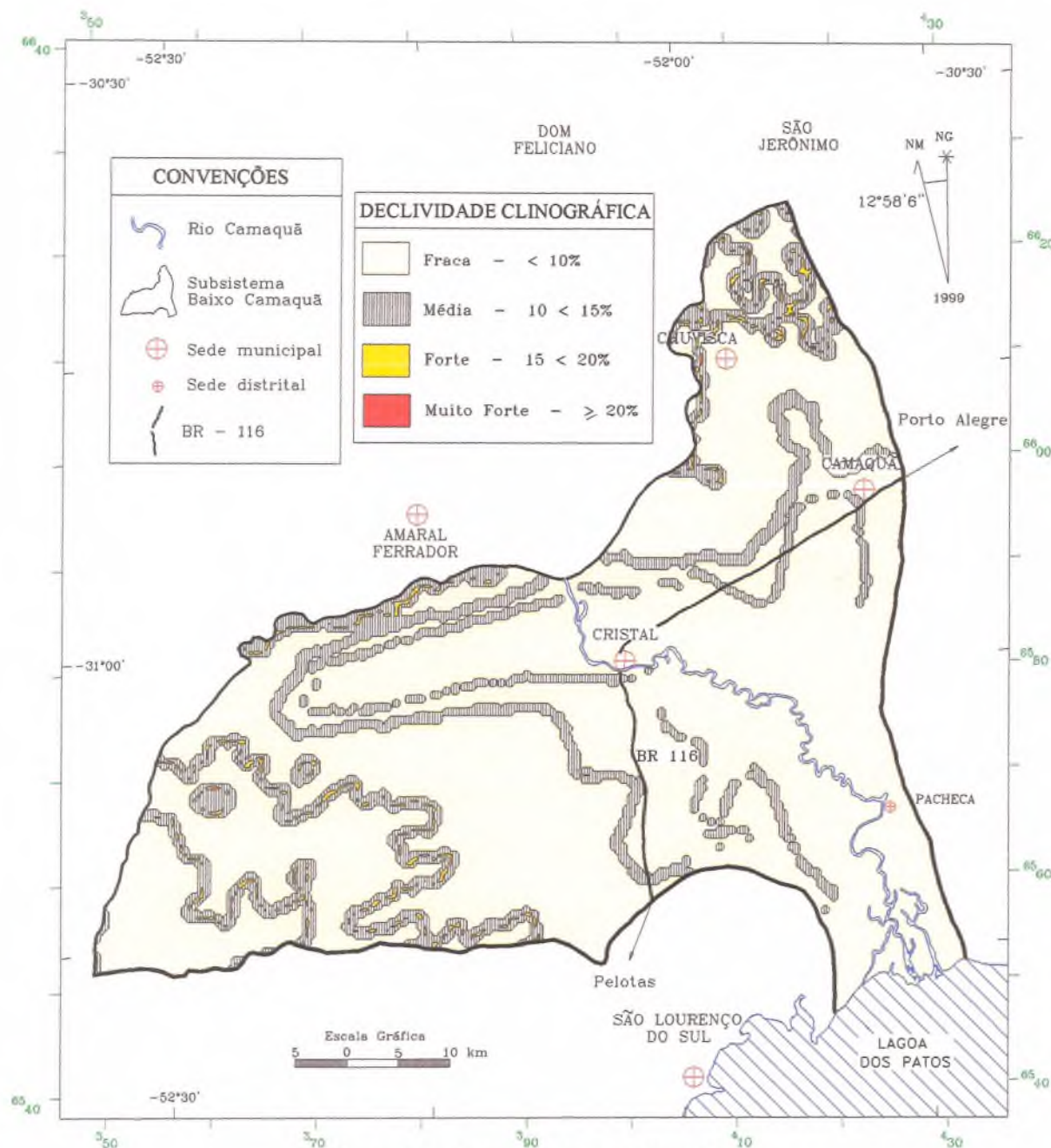


Figura 6.5 - Clinografia geral do SsBC

Segundo Soliani Jr. (1986), em termos geológicos, o SsBC abrange somente duas compartimentações tectônicas para o escudo Sul-Rio-Grandense: os complexos graníticos do Bloco Dom Feliciano, pertencente à Província Mantiqueira, que neste trabalho se enquadram de maneira diferente (ver figura 6.5 das unidades litoestratigráficas) e as seqüências de coberturas superficiais da Província Costeira do Estado.

Conforme o Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil (Caldasso *et al.*, 2000), conduzido pela CPRM, com colaboração do CECO, folhas de Porto Alegre e Pelotas, na escala 1:250.000, e as pesquisas em campo desenvolvidas neste estudo, há divergência nos dados de Brasil (1989), que abarca parte do chamado Domínio Dom Feliciano, formado por

leucogranitos e ortognaisses, cortados por milonitos, blastomilonitos e filonitos, excluindo o Complexo Canguçu da área de estudo, mapeado, originalmente, na escala de 1:600.000. A Planície Costeira Interna e Externa está representada, principalmente, por sedimentos marinhos aluviais, coluvionares e eólicos. O Domínio Dom Feliciano é formado na base pelo Complexo Granito-gnáissico Pinheiro Machado indiferenciado e com uma fácies porfirítica do Proterozóico Médio. Sobre este ocorre a Suíte Granítica Dom Feliciano, com uma fácies monzogranítica representada pelos tipos Cerro Grande e Arroio Carajá, cronologicamente pertencente ao Proterozóico Superior. Um evento granitogénico mais tardio é constituído por uma fácies sienogranítica do tipo Morrinhos, relativa ao Paleozóico Cambriano. Eventos compressivos ocasionaram várias zonas de cizalha, com distintas formas de cataclasitos. Os eventos distensivos estão relacionados com os corpos graníticos polidiapíricos, de composição ácida a intermediária, e aqueles relativos a abertura do Oceano Atlântico, que ocasionaram a formação de intrusão de composição básica com diabásios da Formação Serra Geral. A tudo isto se sobrepõem os depósitos sedimentares da planície costeira interna e externa, oriunda de eventos transgressivos e regressivos marinhos (Martins, 1993; Villwock e Tomazelli, 1998). Os depósitos dos sedimentos continentais são extensos, quando comparados com os marinhos.

Em campo, foram encontrados veios pegmatíticos quartzo feldspáticos, com 3cm a 16cm de espessura, e apófises dioríticas de 0,7m a 2m, com as bordas foliadas cortando o complexo Dom Feliciano (Fotografia 6.5).



**Fotografia 6.5 - Veios pegmatíticos de composição quartzo feldspática.
Local: sub-bacia do arroio Duro/Sanga Formosa**

O Complexo Granito-Gnáissico Pinheiro Machado proposto por Fragoso Cesar (1991) possui uma faixa distribuída de E-NE e está intrudido por eventos graníticos mais jovens. Trata-se de metagranitóides porfíricos.

A partir do mapa geológico resultante do Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil (Caldasso *et al.*, 2000) e trabalhos em campo nas folhas de Porto Alegre e Pelotas 1:250.000, foi elaborada a carta geológica com a litoestratigrafia e as secções geológicas N-S e WNW-ESE, a fim de mostrar a distribuição espacial e temporal das unidades geológicas ocorrentes (Figuras 6.4; 6.5; 6.6) (Fotografias 6.6; 6.7; 6.8; 6.9).

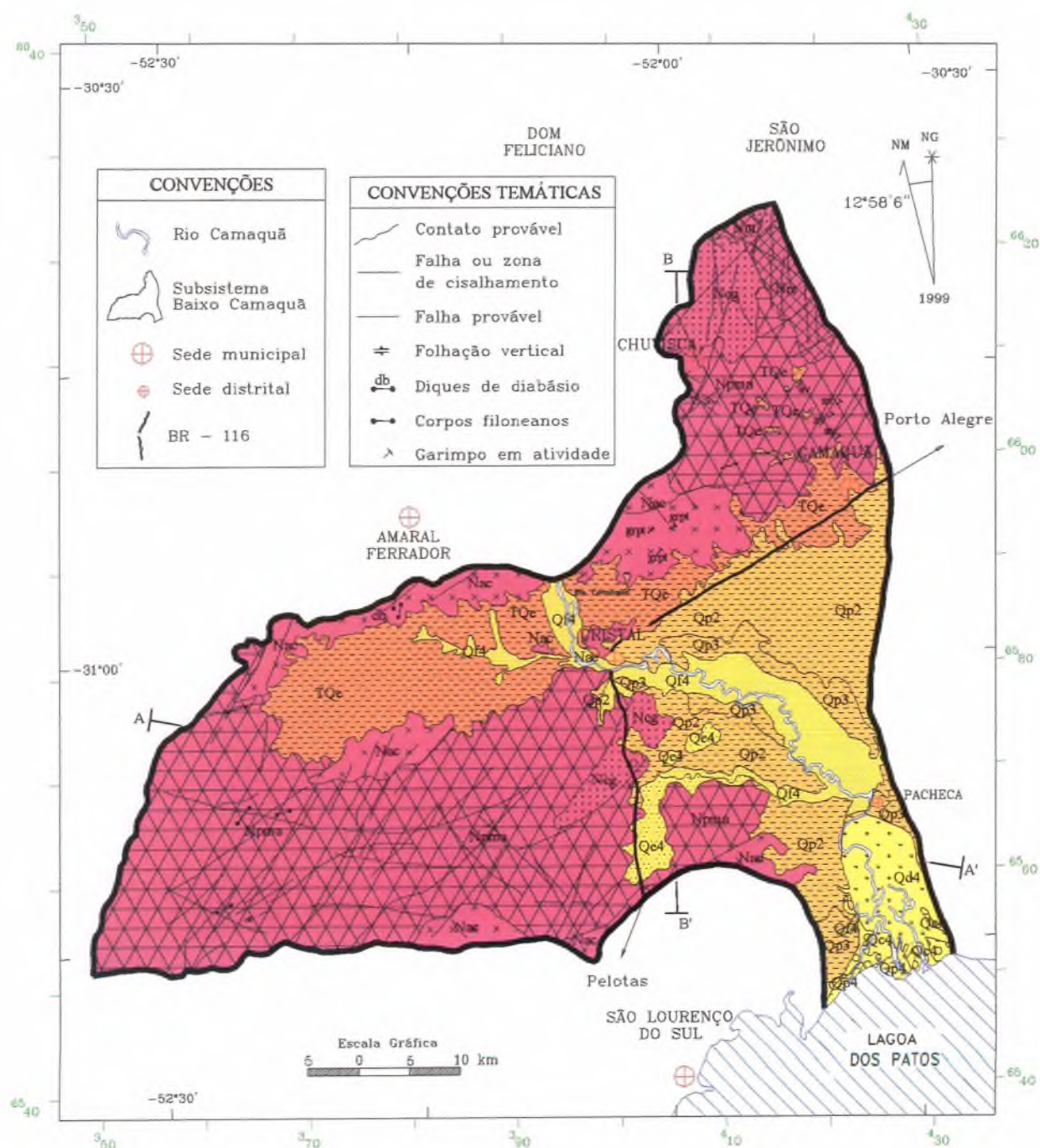


Figura 6.4 - Carta geológica do SsBC.

(Fonte: modificado de Caldasso *et al.*, *op. cit.*)

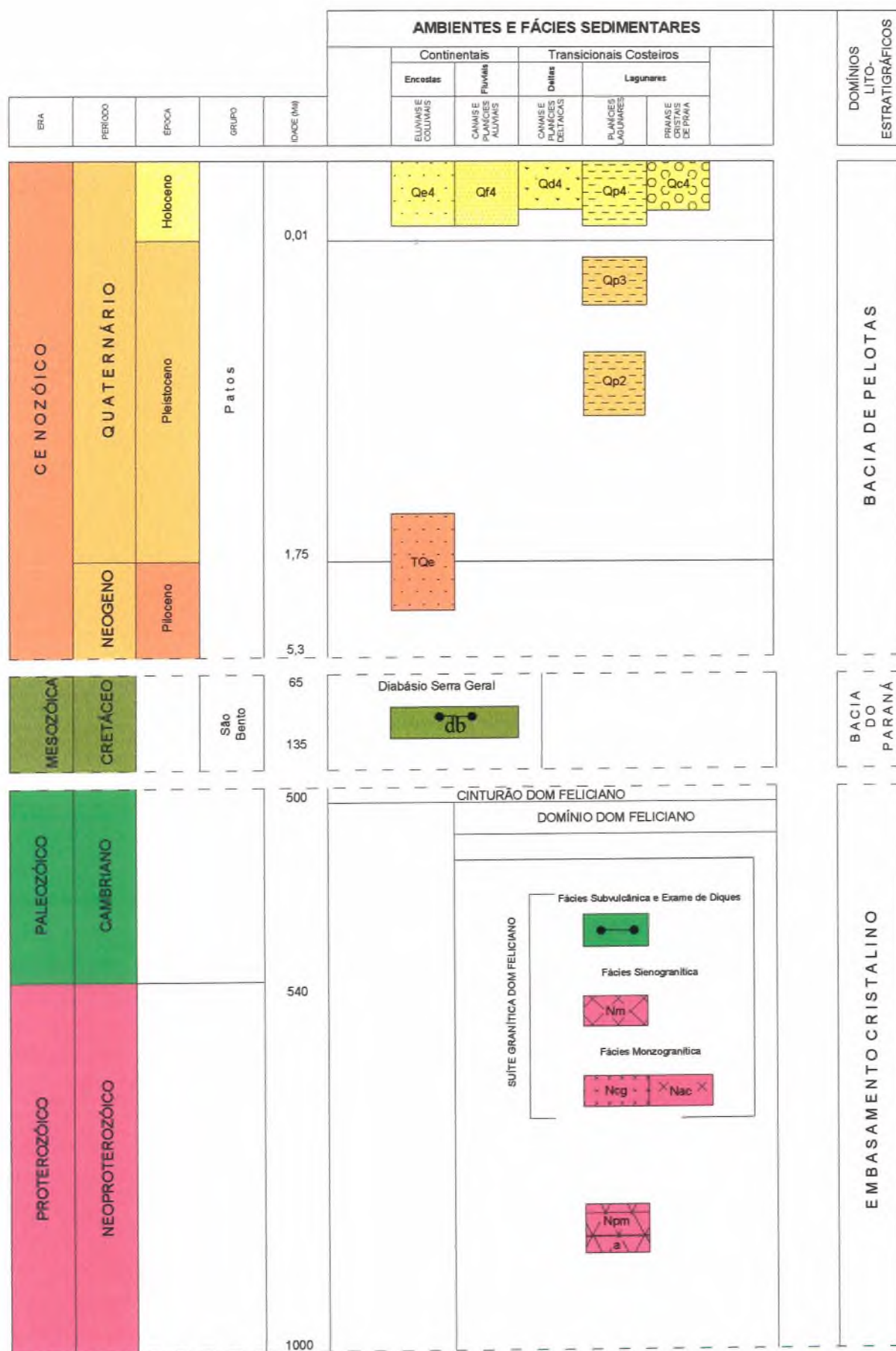


Figura 6.5 - Unidades litoestratigráficas do SsBC.
(Fonte: modificado de Caldaso *et al.*, 2000)

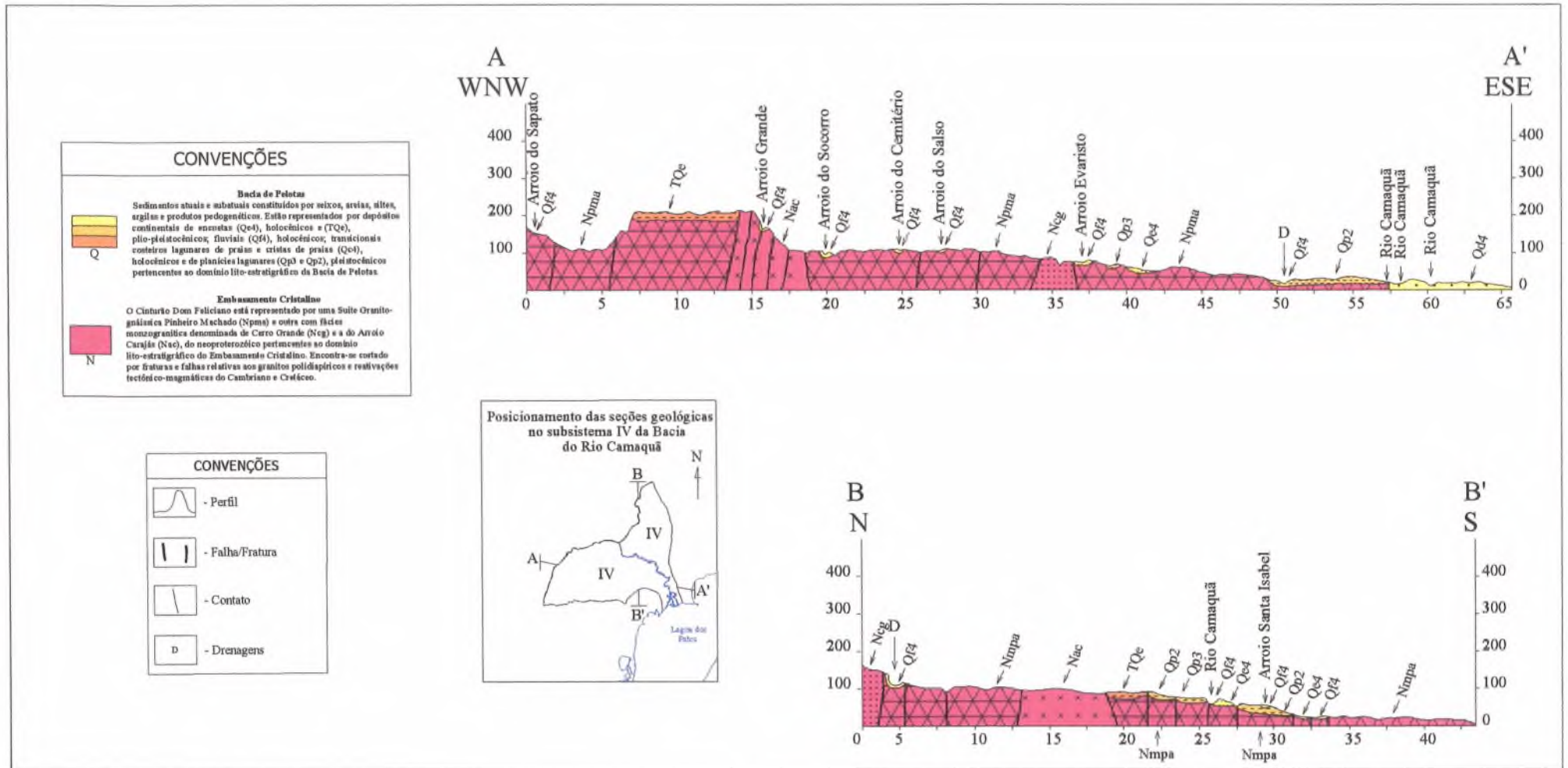


Figura 6.6 - Seções geológicas do SsBC



**Fotografia 6.6 - Suíte Granítica Dom Feliciano, fácies sienogranítica do Neoproterozóico (Nm).
Local: sub-bacia do arroio Duro/Sanga Formosa**



**Fotografia 6.7 - Suíte Granítica Dom Feliciano, fácies monzogranítica do tipo Cerro Grande (Ncg).
Local: sub-bacia do arroio Santa Isabel**



**Fotografia 6.8 - Suíte Granítica Dom Feliciano, fácies monzogranítica do tipo Arroio Carajás (Nac).
Local: microbacia da granja São Geraldo**



**Fotografia 6.9 - Complexo Granítico-gnáissico Pinheiro Machado, com fácies porfírica do Proterozóico médio cortado por diques da fácies subvulcânica.
Local: sub-bacia do arroio Evaristo**

O SsBC possui, para a Suíte Granítica Dom Feliciano, uma fácies monzogranítica Cerro Grande, secundado por granodioritos de cor cinza-esbranquiçados e amarelados a

cinza-azulados, com textura porfirítica, representada por fenocristais de feldspatos alcalinos. A fácies Arroio Carajá é constituída por monzogranito com granodioritos, em menor proporção, de cor cinza a cinza-avermelhados, com xenólitos gnáissicos associados. A fácies sienogranítica Morrinhos é de litologias com coloração avermelhada, variável de equigranulares a inequigranulares. Esta suíte apresenta xenólito do Complexo Granito-gnáissico Pinheiro Machado, com litologias agrupadas constituídas por granitóides indiferenciados, com estrutura gnáissica e metagranitóides porfiríticos.

As rochas intrusivas gonduânicas da Formação Serra Geral são de composição básica, de cor preta a cinza-escuras, afaníticas e microgranulares, com ripas de plagioclásios. Formam estruturas discordantes com diques centimétricos a métricos, na maioria das vezes se comportando, morfologicamente, como rochas tenras, formando depressões locais no relevo, em função das condições paleoclimáticas.

O Complexo Granítico Dom Feliciano é composto por granitos polidiapíricos, com coloração avermelhada a cinza, granulação média a grossa e localmente porfiróides.

Os principais alinhamentos tectônicos e de maior extensão são de orientação NE-SW e, secundariamente, ocorrem os de direção NW-SE. No contato das grandes faixas representadas pelo Domínio Dom Feliciano com a de Encruzilhada do Sul, ocorrem extensos alinhamentos cisalhados, com transcorrências resultantes do amalgamento destas porções crustais, que integram atualmente o Escudo Uruguaio-Sul-Rio-Grandense.

As sedimentações quaternárias da Planície Costeira formam espessos pacotes, devido aos eventos transgressivo-regressivos marinhos ocasionados pela glácio-eustasia, segundo Villwock (1972) e Villwock e Tomazelli (1989). Está composta pelos sedimentos cenozóicos costeiros, aluviais dos sistemas de drenagens; coluviais provenientes dos processos gravitacionais, próximos ao embasamento do Domínio Dom Feliciano, eólicos, lacustres, lagunares, deltaico, de terraços lagunares e fluvial, isto corrobora com os trabalhos de Dillenburg (1994) e Dillenburg, Tomazelli e Lummertz (1998). Os sedimentos destas áreas são cascalhos, junto às áreas de nascente e em encostas íngremes; areias são as que predominam e porções siltico-argilosas existem em menores quantidades.

As unidades litotípicas do SsBC estão agrupadas em função dos tipos do solos associados, pois facilitam a compreensão na questão do uso e manejo dos mesmos, através dos distintos tipos de rochas com características similares, oriundas das cartas geológicas. O SsBC apresenta rochas graníticas e gnáissicas relativas ao Pré-Cambriano e Cambro-Ordoviciano, com idades em torno de 540Ma. (limite dos períodos geológicos mencionados

anteriormente) e rochas sedimentares pouco litificadas, com sedimentos do Terciário/Quaternário (65Ma.-2Ma./2 Ma. ao atual).

Ao longo do tempo geológico, o transporte e a deposição dos sedimentos cenozóicos foram os responsáveis pelas transformações morfológicas e ambientais do SsBC ocasionado pelos processos intempéricos, que erodiram e transportaram elevada carga sedimentar de montante da BHRC para jusante (Fotografia 6.10). Isto gerou um processo de agradação, responsável pela formação dos depósitos sedimentares, logo após a degradação das áreas-fonte. Aliado a estes processos, ocorreu e ocorre escorregamento, infiltração, escoamento, drenagem pluvial e fluvial, taxas de sedimentação, fluxos subterrâneos responsáveis pelo transporte e deposição dos sedimentos e cargas com potencial de poluição associada.



**Fotografia 6.10 - Sucessão de eventos deposicionais, junto à planície de inundação, associado aos transgressivos e regressivos marinhos registrados na margem esquerda do rio Camaquã.
Local: Pacheca, microbacia da ilha do Vianez**

Os recursos econômicos minerais da área do SsBC apresentam registros de pedidos de pesquisas e licenciamentos junto ao DNPM e FEPAM. Os licenciamentos e pesquisas minerais de areias em recursos hídricos situam-se ao longo de quase todo o segmento do rio Camaquã, desde Cristal até quase a ilha de Santo Antônio, integrante do delta do rio Camaquã. A sua aplicação se dá, diretamente, na construção civil. As principais extrações são de cascalhos para britagem, areias e argilas para olarias (Fotografias 6.11; 6.12).



Fotografia 6.11 - Mineração de areias e cascalhos.

Local: próximo a Cristal, microbacia do arroio Palanque

As pesquisas minerais encontram-se nas proximidades da cidade de Camaquã, representadas por granitos para pedras ornamentais (fotografia 6.13); nas imediações de DomFeliciano, pesquisas de feldspato potássico, com emprego na indústria de cerâmica; e no extremo oeste deste subsistema ocorrem pesquisas de cassiterita para a obtenção de estanho.

Cabe destacar que, no ano de 1997, foi descoberta uma enorme jazida de galena (sulfeto de chumbo) a noroeste, junto à cidade de Amaral Ferrador, região limítrofe à área de estudos. Os dados foram obtidos de relatórios do DNPM, FEPAM e modificação com atualização da carta de Troian, Hansen e Fensterseifer (1996) e levantamentos em campo (Figura 6.7).

Os recursos hídricos sofrem uma série de derivações, a partir da barragem do arroio Duro, através de canais de irrigação e derivações diretamente do rio Camaquã, controlada pela



**Fotografia 6.12 - Extração de argila em banhados.
Local: nas proximidades de Cristal, sub-bacia do arroio Evaristo**



**Fotografia 6.13 - Pedreira com extração de paralelepípedos e blocos para pedras ornamentais.
Local: microbacia do arroio Palanque**

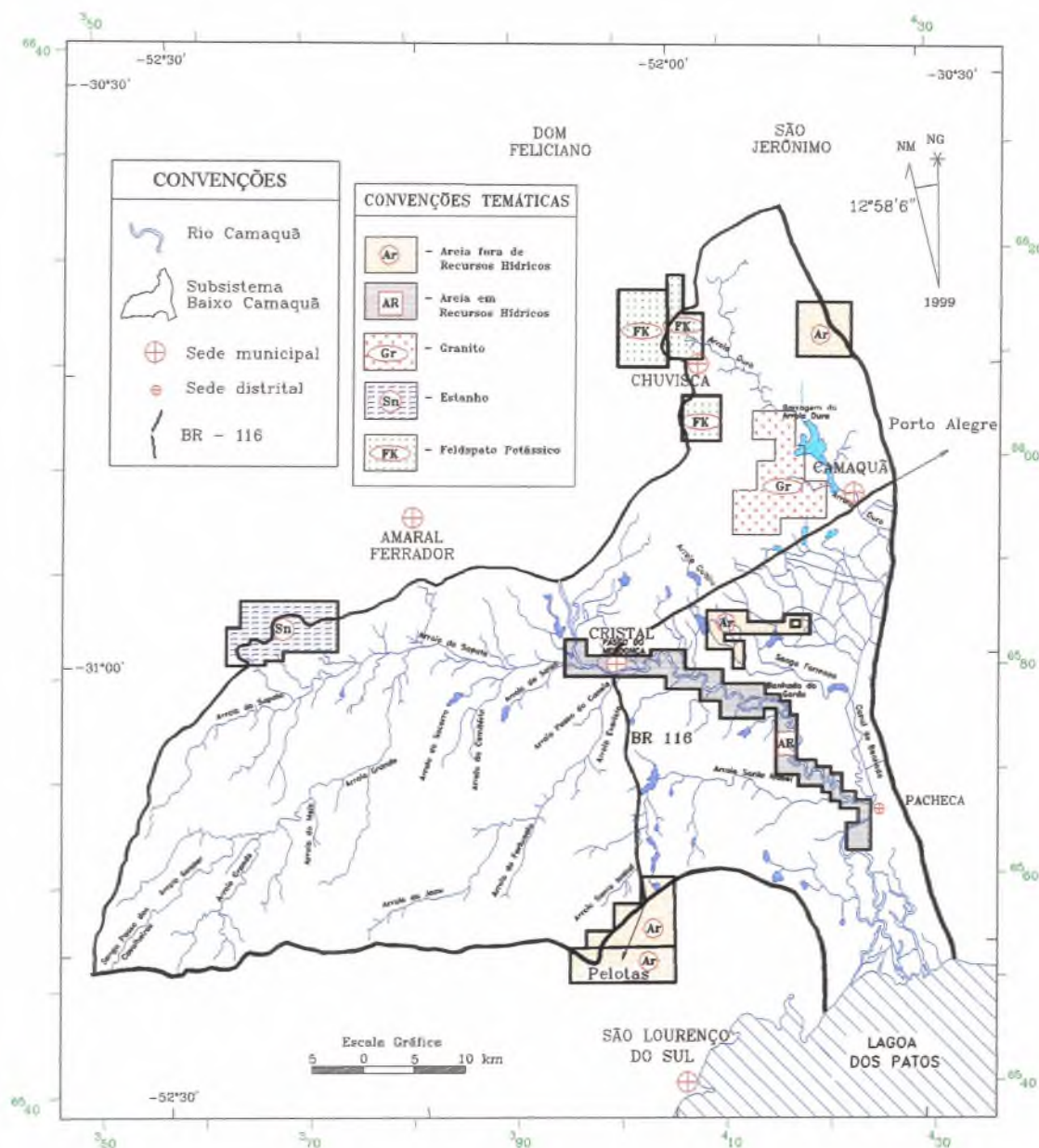


Figura 6.7 - Carta de áreas de licenciamento e pesquisa mineral do SsBC.
(Fonte: dados obtidos junto ao DNPM, FEPAM e Troian, Hansen e Fensterseifer, 1996)

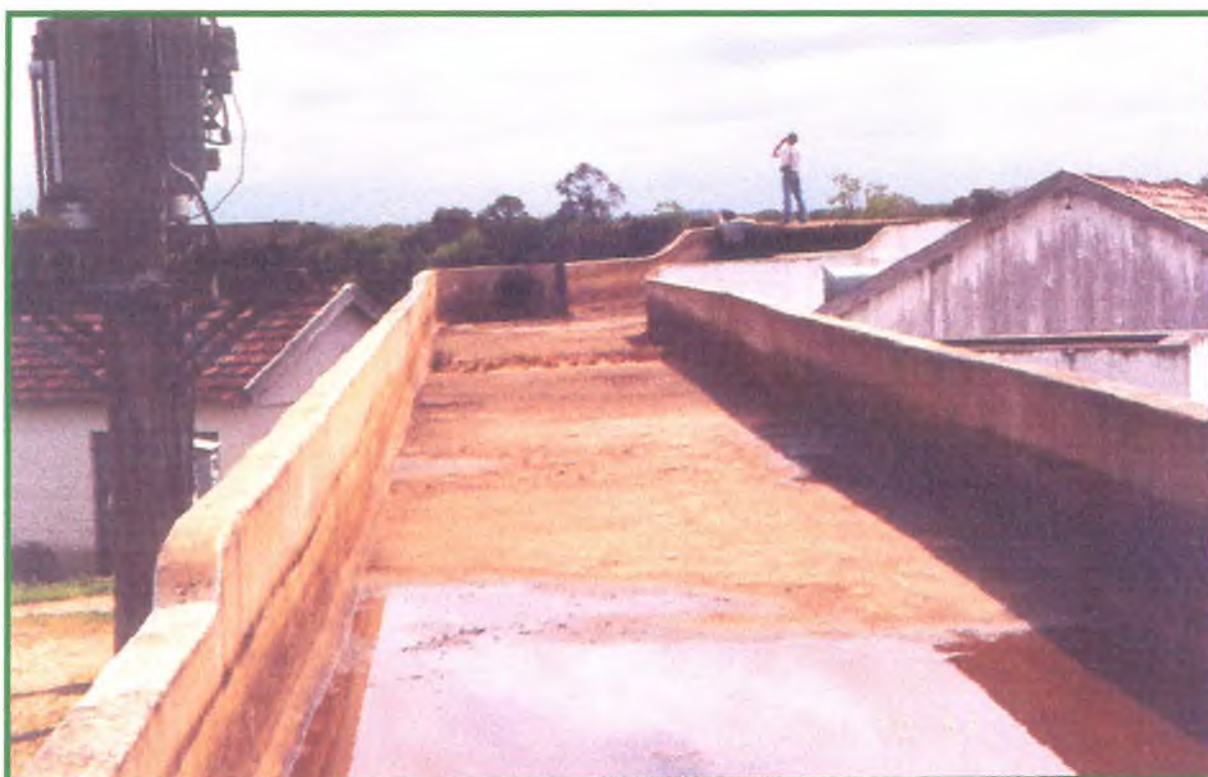
Associação dos Usuários do Perímetro do Arroio Duro (AUD), que, em um breve período, passarão a gerar recursos econômicos e impostos sobre a sua captação (Fotografias 6.14; 6.15).

Com relação ao relevo, rochas e sedimentos pode ser resumido nos seguintes aspectos:

Quanto a geomorfologia, predominam, no SsBC, o relevo de formas com superfícies planas, inclinadas, e formas de topo convexo, com relevo apresentando a maior parte das cotas com altitude inferiores a 100m e alguns pontos que superam os 400m de altitude, predominando a declividade média, com declives entre 6,9% e 9,4% para o setor oeste, e fraca para o centro-norte, variando de 4,4% até 6.9%. No geral, as declividades são, em sua



**Fotografia 6.14 - Retirada de água, através de bombeamento com geradores a diesel.
Local: nas proximidade de Pacheca, microbacia da ilha de Santo Antônio**



**Fotografia 6.15 - Detalhe dos canais de irrigação a partir da derivação direta do rio Camaquã.
Local: microbacia da ilha de Santo Antônio**

maioria, inferiores a 10%, porém existe local em que esta supera os 20% e se constitui em áreas de proteção, segundo o uso e ocupação da terra, pois, em terrenos de alto declive, estes são mais suscetíveis à aceleração dos processos erosivos, com ravinas e voçorocas, além de

locais passíveis de deslizamentos.

Os dados referentes à geomorfologia permitiram observar duas grandes superfícies de aplainamento erosivo: a) superior, situada em torno 200m de altitude; b) inferior, em torno de 100m; c) série de terraços marinhos pleistocênicos e holocênicos que vão desde a cota 20m até o nível médio da laguna dos Patos (zero relativo).

Em síntese, a geologia da região apresenta a seguinte estratigrafia do topo para a base constatada pelos mapeamentos existentes e observações em campo:

- Sedimentos atuais do período Quaternário da era Cenozóica, época holocênica, inferiores a 10.000 anos, constituídos pelas frações cascalho, areias, siltes e argilas, além de solos, localizados junto ao leito e à margem do rio e drenagens, planícies de inundações, nas dunas e lençóis de areias junto à lagoa dos Patos, ilha de Santo Antônio e adjacências. Mineração de areias e retirada de água para irrigação;
- Sedimentos e sedimentitos do período Quaternário, época pleistocênica, pliocênica e miocênica (de 0,01 Ma. até 23 Ma.), representados pela alternância paleoclimática úmida e árida. As rochas sedimentares estão representadas por brechas, conglomerados, arenitos, siltitos e argilitos. São em geral friáveis e se apresentam nas colorações avermelhadas e amareladas. Constituem os depósitos de leques aluviais provenientes das áreas mais elevadas, flúvio-lacustres e flúvio-lagunares, com formação de delta lagunar. Os terraços fluviais assimétricos denotam a divagação lateral do leito do rio e formam barrancos íngremes com patamares elevados, com registro da história deposicional fluvial do rio Camaquã junto à Pacheca e outros locais. Além disto, fruto das variações do nível do mar, ficam registrados terraços de origem marinha, na maior parte encobertos por vegetação rasteira. Mineração de areia e saibro;
- Rochas intrusivas Juro-Cretácicas e mais antigas relativas aos processos de reativação tectônica ocorridos por separação das placas Sul-americana e Africana e eventos intrusivos eo-proterozóicos.
- Complexo Granítico Dom Feliciano, do período Cambriano (540 Ma.), representado por granitos polidiapíricos de grande variedade litoquímica e textural, com mineralizações de cassiterita, fluorita, feldspato potássico, manganês, ouro e galena. As minerações são de saibro e areia junto às drenagens e pedras ornamentais.
- As planícies arenosas constituídas por terraços cenozóicos propiciam um fluxo das águas com escoamento bastante lento. O excessivo uso de agrotóxicos, aplicados com pequenos aviões contaminam, gradativamente, os corpos d'água, tanto em nível superficial como subsuperficial, além de ser esta uma área com ampla mecanização agrícola, com tendências degradantes da qualidade dos solos, águas superficiais e profundas.

6.1.2 Considerações sobre a pedologia e edafologia

Neste item, serão tratados os processos e fatores de formação dos solos, bem como as áreas-fonte do material de sua origem, noções básicas do relevo e clima associados, classes dos tipos e considerações sobre os solos e potencial de riscos de erosão do SsBC.

6.1.2.1 Processos e fatores de formação dos solos

No SsBC, ocorrem as seguintes formas de adições responsáveis pelos processos de formação dos solos: a) por precipitação de chuvas; b) por ação dos ventos; c) por difusão; e d) por colúvios.

Os remanescentes mecânicos (remoção) que atuam na região da SsBC são os produzidos pelos impactos das precipitações, as escavações produzidas pela mineração, abertura de estradas, agricultura e canais de drenagens.

O reconhecimento das propriedades físicas e químicas e a correta classificação dos solos são importantes, pois diferentes níveis categóricos, com as mesmas técnicas de manejo, quantidade de chuva, declividade, cobertura vegetal e culturas podem erosionar de maneira diferenciada.

A seguir, são apresentados alguns aspectos relativos aos fatores de formação dos solos do SsBC, envolvendo área-fonte do material de origem, relevo, clima e algumas considerações sobre organismos.

Do topo para a base, a estratigrafia está representada pelas seguintes unidades litoestratigráficas:

- depósitos atuais e subatuais do Cenozóico (Quaternário);
- rochas da Planície Costeira do Cenozóico (Terciário);
- complexo Granítico Dom Feliciano do Proterozóico Médio ao Paleozóico (Cambriano).

A porção encoberta pelos espessos depósitos de sedimentos regressivos marinhos e da planície de inundação do rio Camaquã estão ao longo das drenagens e arroios, encoberta por depósitos sedimentares fluviais cenozóicos, subatuais e atuais, formando solos pouco

desenvolvidos com associações de PLANOSSOLO HIDROMÓRFICO + NEOSSOLO FLÚVICO + NEOSSOLO QUARTZARENÍTICO.

O relevo regional do subsistema é acidentado e com morfologia convexa para o setor norte e tende ao plano para o sul, em direção à lagoa dos Patos.

Nestas zonas do SsBC, associadas aos arroios e córregos, se tem a maior proliferação da vegetação, ou seja, com bioclima mais ativo, com matas ciliares mais densas e solos pertencentes à classe PLANOSSOLOS HIDROMÓRFICOS.

6.1.2.2 Classes dos tipos de solos do SsBC

Os afloramentos de rochas (AR), que constituem as áreas-fonte dos materiais sedimentares, transportados pelos agentes erosivos, são o substrato dos diferentes tipos de solos, oriundos dos processos intempéricos ocorridos, tendo como áreas-fonte as formações rochosas que compõem a geologia da região e as sucessões sedimentares que integram os espessos pacotes da Planície Costeira, com estrutura tectônica escalonada de *hemi-graben*.

Existem, de montante para jusante, as seguintes unidades que foram empregadas neste mapeamento: a) Afloramentos de rochas; b) associações de Afloramentos de Rochas mais NEOSSOLOS LITÓLICOS (AR+RL), equivalente, na antiga classificação, aos afloramentos de rochas mais os Solos Litólicos, que são pouco desenvolvidos (Azonais); c) NEOSSOLOS LITÓLICOS (RL), equivalentes aos solos Litólicos, com profundidades inferiores a 0,5m (rasos); d) NEOSSOLOS LITÓLICOS + ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS (RL+PVA), e) ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS (PVA), equivalentes aos solos Podzólicos Vermelho-Amarelos, representando solos bem desenvolvidos (Zonais); e f) associações de solos PLANOSSOLOS HIDROMÓRFICOS (SG) + NEOSSOLOS FLÚVICOS (RU) + NEOSSOLOS QUARTZARENÍTICOS (RQ), equivalentes aos solos Planossolos e Aluviais posicionados nas áreas mais planas e junto às drenagens de jusante (Figura 6.8).

A seguir, sobre cada uma das unidades de mapeamento apresenta-se o local de ocorrência, a descrição e a distribuição, que, aliadas à carta dos solos e ao perfil, proporcionaram uma visão mais completa da região de estudo, com base em Ramalho Filho, Pereira e Beek (1978); Lepsch *et al.* (1991); e EMBRAPA (1999) (Figura 6.9).

6.1.2.2.1 Afloramento de rocha (AR)

Local de ocorrência - Nas áreas de montante e platôs isolados mais elevados do relevo ao norte do SsBC.

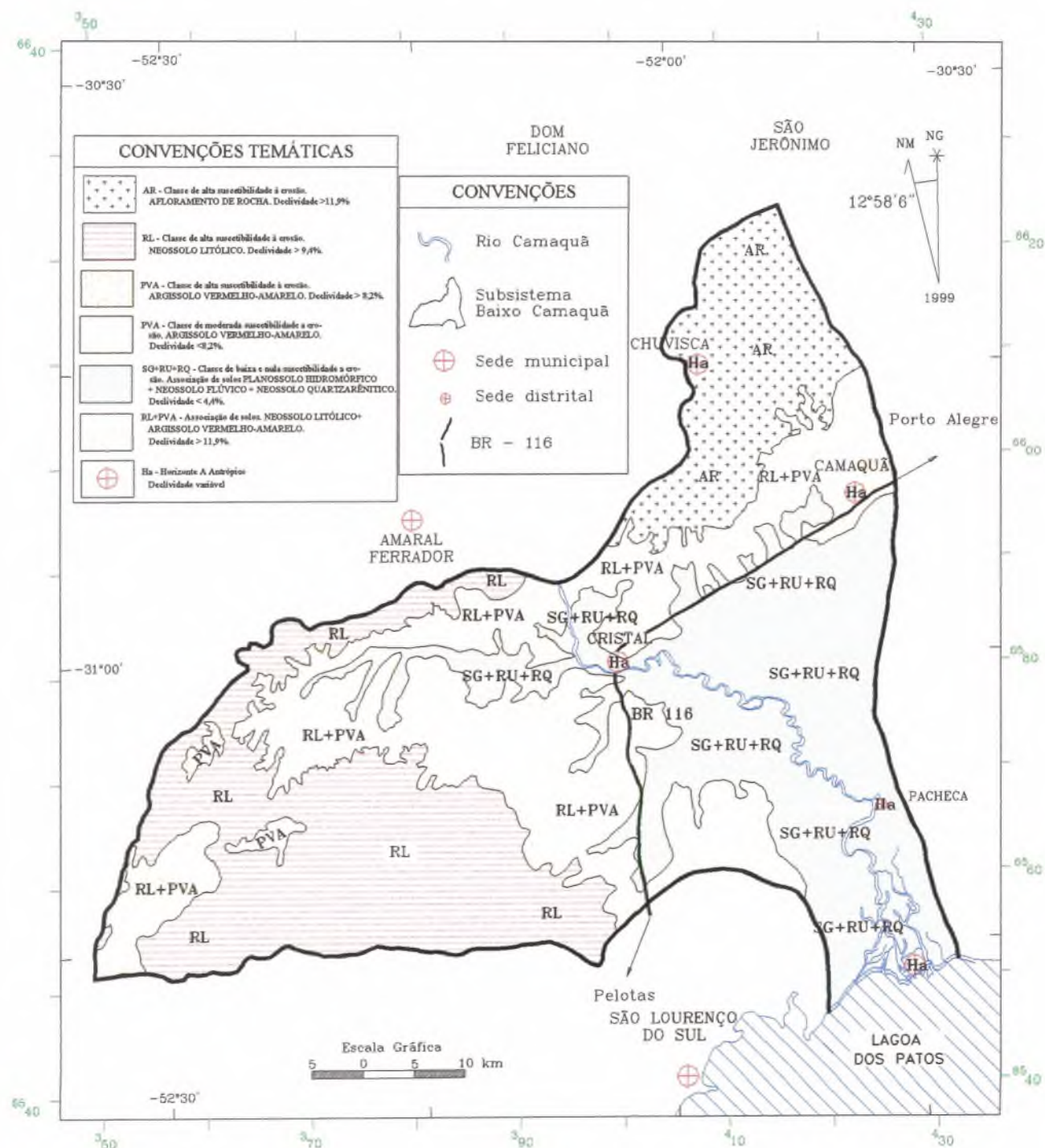


Figura 6.8 - Carta de solos com a distribuição das unidades de mapeamento para o SsBC

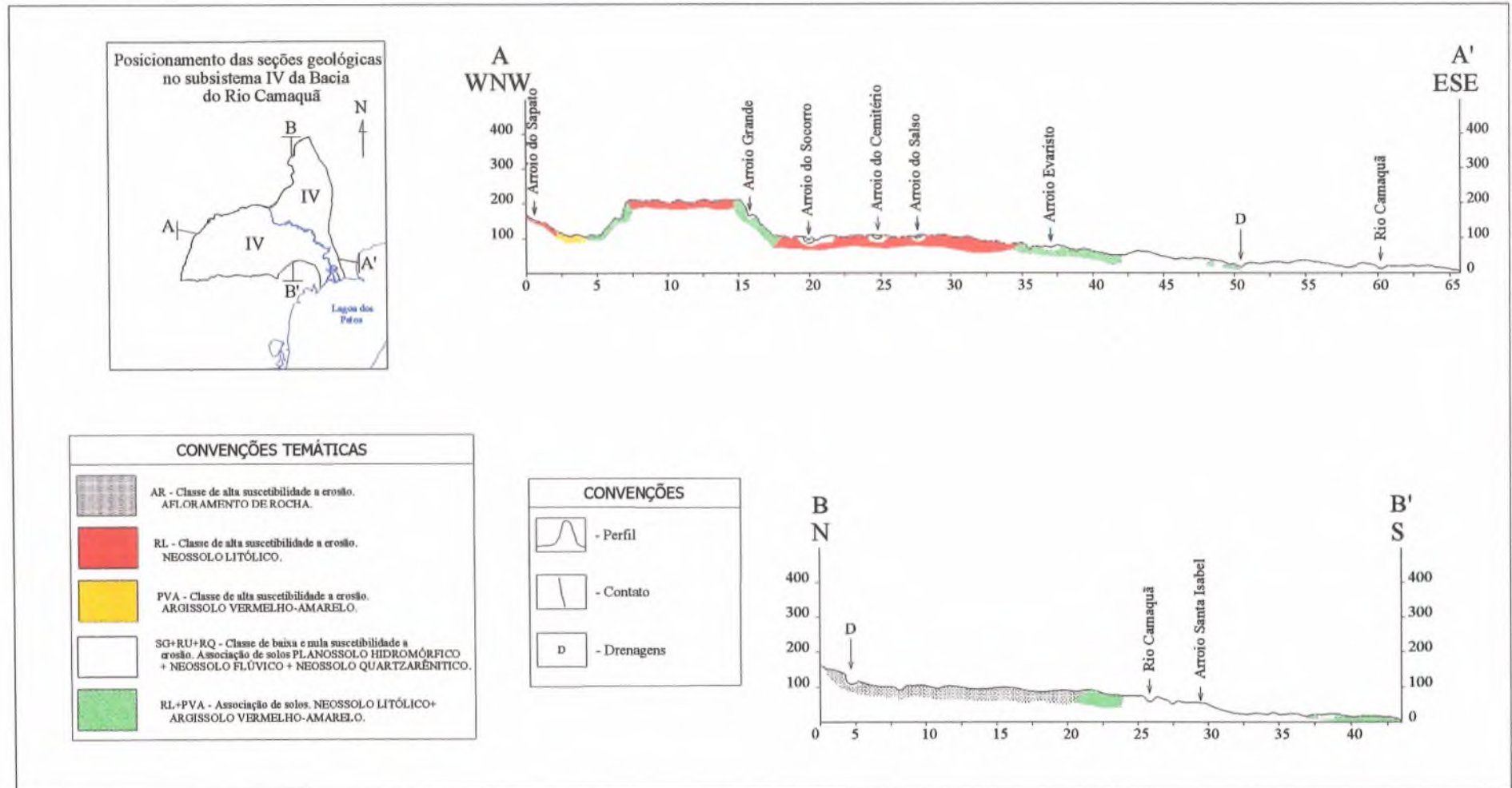


Figura 6.9 - Esquema topográfico de montante para jusante, com os perfis de solos do SsBC. *AR = Afloramento de Rocha; AR+RL = Afloramentos de Rocha + NEOSSOLOS LITÓLICOS; RL = NEOSSOLOS LITÓLICOS; RL+PVA = NEOSSOLOS LITÓLICOS + ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS; PVA = ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS; SG+RU+RQ = PLANOSSOLOS HIDROMÓRFICOS + NEOSSOLOS FLÚVICOS + NEOSSOLOS QUARTZARENÍTICOS.* Em itálico, não é tipo de solo e, sim, para fins de mapeamento, e os sublinhados são associações de solos

Descrição - Os afloramentos de rochas (AR) são utilizados, simplesmente, como unidade de mapeamento, para facilitar a individualização dos diferentes tipos de solos e suas associações. Apresentam os locais onde preponderam as litologias expostas na região, com gnaisses, monzogranitos, sienogranitos, granodioritos, metagranitos, veios pegmatíticos e diabásios. São áreas-fonte de sedimentos, como produto do intemperismo físico e químico, facilitando o transporte das terras altas para as várzeas, ou seja, nestes locais, a erosão sobrepuja os processos de deposição, que, aliados à matéria orgânica, principiam a formação do horizonte inicial que serve de substrato para a vida vegetal como cactáceas e outras (Fotografia 6.16).



Fotografia 6.16 - Em primeiro plano Afloramentos de Rocha (AR) e ao fundo mata ciliar sobre o divisor do SsBC.

Local: microbacia da granja São Geraldo

Distribuição - As exposições desta unidade possuem uma área de 353km², representando 11,7% do total do SsBC.

6.1.2.2.2 NEOSSOLO LITÓLICO (RL)

Local de ocorrência - Em encostas íngremes, junto aos depósitos de tálus, constituindo colúvios e, por vezes, associados aos afloramentos de rocha (AR).

Descrição - São solos pouco desenvolvidos, com horizonte A chernozêmico. São

menores do que 50cm de profundidade (rasos), não hidromórficos dependentes da área-fonte e do relevo. Todo solo formado é carregado para as porções mais baixas das drenagens e ocorrem, normalmente, associados às áreas com afloramentos rochosos, formando associações de solos. Estes solos apresentam um perfil com horizonte *A* sobre o *C* ou diretamente sobre a rocha. Estão, geralmente, sobre rochas, com vegetação rasteira variada e alta suscetibilidade à erosão. Sua textura predominante é a média (Fotografia 6.17).



**Fotografia 6.17 - Perfil de NEOSSOLO LITÓLICO (RL). Horizonte O sobre o A e este sobre a rocha.
Local: sub-bacia do arroio do Sapato**

Distribuição - Existem, no SsBC, “ilhas de solos” representados pelos afloramentos de rochas associados aos NEOSSOLOS LITÓLICOS, que perfazem um área de 769km²,

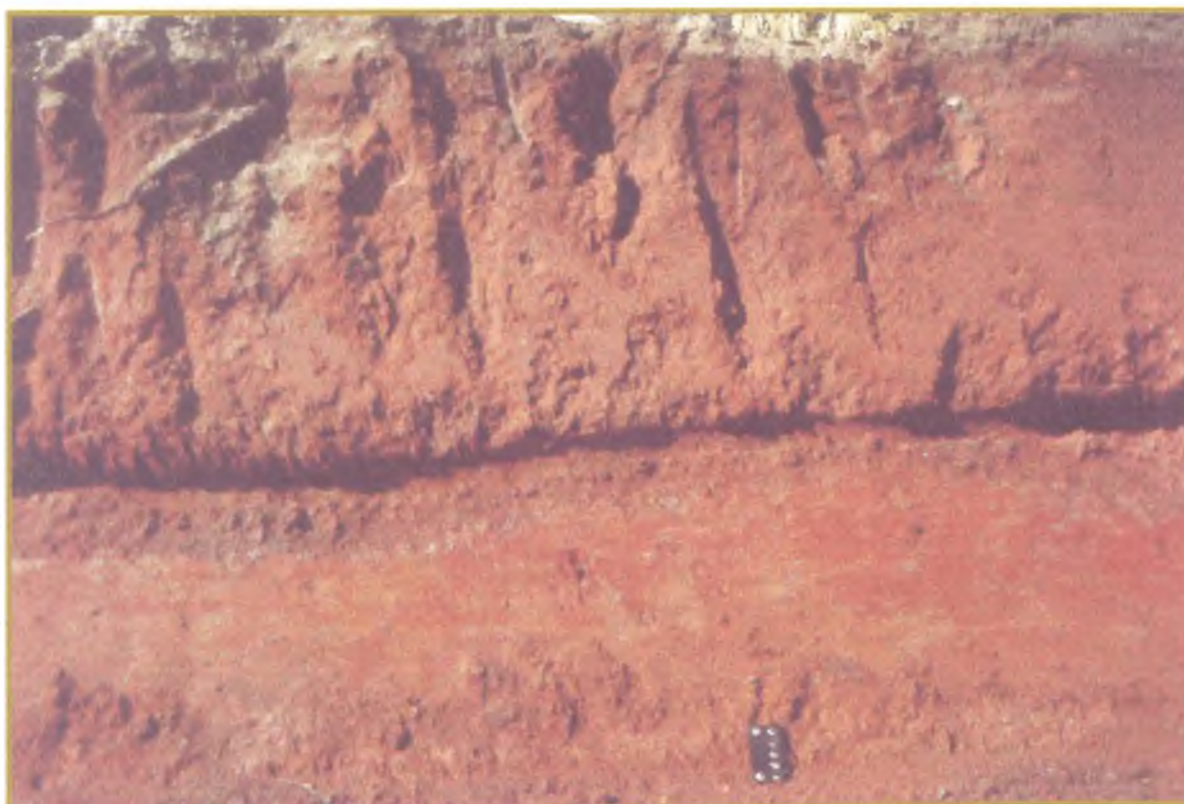
representando 25,6% do total do SsBC.

6.1.2.2.3 NEOSSOLO LITÓLICO (RL) + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO (PVA)

Local de ocorrência - Em relevo junto às encostas, com declividade forte a média.

Descrição - Ocorrem associados aos depósitos coluvionares e eluvionares e associações com os NEOSSOLOS LITÓLICOS. Às vezes, ultrapassam os 200cm de profundidade, enquadrados como solo muito profundo. São solos bem desenvolvidos, associados às regiões com relevo desde média (suavemente ondulado) a alta energia (fortemente ondulado) e normalmente bem drenados.

Os horizontes apresentam subhorizontes *A1* (0cm-15cm de profundidade), proeminentes mais consolidados com o aspecto homogêneo e o horizonte *B* textural mais argiloso do que o *A*; o subhorizonte *B2* apresenta fragmentos, com cerosidade à sua volta, sobrepostos ao horizonte *C*. São solos não-hidromórficos pela boa porosidade que permite a permeabilidade das águas superficiais no sentido vertical e sua textura predominante é a média.



**Fotografia 6.18 - Vista do NEOSSOLO LITÓLICO (RL) + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO (PVA) muito profundo.
Local: sub-bacia do arroio Duro/Sanga Formosa**

Distribuição - As exposições desta unidade possuem uma área de 956km², representando 31,8% do total do SsBC.

6.1.2.2.4 ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO (PVA)

Local de ocorrência - Em relevo com colinas e platôs de declividade média.

Descrição - Ocorrem associados aos depósitos coluvionares e eluvionares. Raramente ultrapassam os 200cm de profundidade, sendo enquadrados como solo profundo, maior do que 100cm de profundidade. São solos bem desenvolvidos, associados às regiões com relevo desde média (suavemente ondulado) a alta energia (fortemente ondulado) e normalmente bem drenados. Os horizontes são similares à associação de NEOSSOLOS LITÓLICOS + ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS. São solos não-hidromórficos pela boa porosidade que permite a permeabilidade das águas superficiais no sentido vertical, e sua textura predominante é a média. Assim como os solos anteriores, formam facilmente ravinas que evoluem para voçorocas (Fotografia 6.19).



Fotografia 6.19 - Vista do ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO (PVA), com sulcos e ravinas.

Local: sub-bacia do arroio do Sapato

Distribuição - As exposições desta unidade possuem uma área de 21,5 km²,

representando 0,7% do total do SsBC.

6.1.2.2.5 PLANOSSOLO HIDROMÓRFICO (SG) + NEOSSOLO FLÚVICO (RU) + NEOSSOLO QUARTZARENÍTICO (RQ)

Local de ocorrência - Normalmente recobrem depósitos lacustres, fluviais, lagunares e marinhos deixados por antigas transgressões e regressões relativas ao nível médio do mar durante o cenozóico. Situam-se normalmente em depressões planas ou suavemente onduladas do terreno. Também englobam os solos situados ao longo das planícies de inundação dos sistemas de drenagens, representados pelas drenagens do SsBC e ao longo do rio Camaquã, normalmente sob matas ciliares (Fotografia 6.20).



**Fotografia 6.20 - Vista de local com ocorrência de um PLANOSSOLO HIDROMÓRFICO (SG).
Local: sub-bacia do arroio do Sapato**

Descrição - Estão associados às zonas de várzeas e planícies com horizonte *A*, com espessura em torno de 70cm de profundidade (pouco profundos). Apresentam um horizonte *B* iluvial, com má drenagem, hidromórficos e possuem texturas variadas de média, arenosa e argilosa. É o que apresenta a maior heterometria de todos solos analisados. Pertencem aos solos pouco desenvolvidos, originados sobre os sedimentos das planícies aluviais, com perfil imaturo, sem distinção entre os horizontes, existe um subhorizonte *A* chernozêmico a

proeminente e ausência do horizonte *B* textural e incipiente. Em geral, são solos mal drenados, hidromórficos, variando de poucos centímetros até metros de profundidade (em geral, pouco profundos), com textura média, laminados e estratificados (Fotografias 6.21; 6.22).



**Fotografia 6.21 - Perfil de NEOSSOLO FLÚVICO (RU) associado a um pequeno depósito de tálus.
Local: sub-bacia do arroio do Sapato**

Distribuição - As exposições desta associação possuem uma área de 893km², representando 29,7% do total do SsBC.

6.1.2.2.6 Horizonte A antrópico (Ha)

Local de ocorrência - A influência da ação antrópica é marcada pelas ocupações

urbanas. Estas tendem cada vez mais a se expandir. Pequenas áreas de mineração, agem como elemento transformador da paisagem, assim como, as áreas de derrubadas da vegetação nativa para preparação do cultivo, construções de estradas e suas ampliações, decorrentes do progresso local, muitas vezes, sem uma devida educação ambiental de alguns indivíduos usuários, administradores locais e municipais.



**Fotografia 6.22 - Perfil de NEOSSOLO QUARZARENÍTICO (RQ). Horizonte O sobreposto a areias quartzosas.
Local: sub-bacia do arroio Santa Isabel**

Descrição - Não fazem parte da Classificação Brasileira dos Solos, a não ser como elemento de caracterização, denominado de horizonte *A* Antrópico, e neste trabalho foi incluído como unidade de mapeamento para permitir obter uma noção atualizada das áreas ocupadas pelo homem (Fotografias 6.23; 6.24).



**Fotografia 6.23 - Vista de local com ocorrência do Horizonte A Antrópico (Ha), com ocupação urbana.
Local: microbacia do arroio Palanque**



**Fotografia 6.24 - Vista de local com ocorrência Horizonte A Antrópico (Ha), com estrada e deposição de lixo.
Local: sub-bacia do arroio Duro/Sanga Formosa**

Distribuição - As exposições desta unidade possuem uma área total de 14,8km², representando 0,5% do total do SsBC.

Foram classificados no SsBC, como solos originais, os NEOSSOLOS LITÓLICOS; ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS; e associações de Afloramento de Rochas + NEOSSOLOS LITÓLICOS; NEOSSOLOS LITÓLICOS + ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS; PLANOSSOLOS HIDROMÓRFICOS + NEOSSOLOS FLÚVICOS + NEOSSOLOS QUARTZARENÍTICOS.

6.1.2.3 Considerações sobre os solos e o potencial risco de erosão

Segundo Ab'Saber (1970), o domínio pedobioclimático do SsBC classifica-se como o transicional, relativo à planície costeira e mares de morros florestados, relacionados aos planaltos rebaixados marginais.

O relevo regional do SsBC é acidentado e com morfologia convexa para o setor norte-nordeste e plano para o sul-sudoeste, em direção à lagoa dos Patos.

Os solos do SsBC, dentro de uma visão regional, das porções mais elevadas para os baixios, estão representados por classes de alta suscetibilidade à erosão, constituídos por afloramentos de rochas, NEOSSOLOS LITÓLICOS e associações destes relacionados com as litologias dos complexos graníticos Dom Feliciano.

As declividades são, em média, entre 15% e 20%, e alguns locais no extremo norte do subsistema são superiores a 20%.

Junto às encostas, ocorrem associações de solos com média suscetibilidade à erosão, representados por NEOSSOLOS LITÓLICOS + ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS e ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS com declividades entre 10% e 15%. Nas porções planas da Planície Costeira, ocorrem as associações de solos representados por PLANOSSOLOS HIDROMÓRFICOS + NEOSSOLOS FLÚVICOS + NEOSSOLOS QUARTZARENÍTICOS, com declividades inferiores a 10%. Os dados foram obtidos a partir das modificações e fusões dos mapas de Lorandi, Gonçalves e Bertei (1996) e de Hansen e Fensterseifer (1996c), atualizados segundo a nova classificação da EMBRAPA (1999).

O SsBC se enquadra no bioclima menos ativo em função dos segmentos da paisagem e idades relativas dos solos, com base na classificação de Resende *et al.* (1995).

Nos locais onde afloram litologias do Complexo Granítico Dom Feliciano, a declividade é maior e, conseqüentemente, a suscetibilidade à erosão é forte em relação aos depósitos cenozóicos situados nas porções de baixo declive, onde a suscetibilidade é fraca.

Comparando com as demais sub-bacias da BHRC, o risco de erosão médio do SsBC é muito forte a forte junto ao Complexo Granítico Dom Feliciano; e fraco a muito fraco nos depósitos cenozóicos da Planície Costeira.

O SsBC apresenta, dentro da escala de 1:250.000, duas classes de solos e quatro associações em seis unidades de mapeamentos.

Os solos degradados ocorrem pela perda da proteção natural, ocasionando erosões superficiais. Estas perdas podem ocorrer também pela percolação dos argilo-minerais em subsuperfície e pela falta dos nutrientes necessários ao bom desenvolvimento das plantas, aliados às migrações laterais inerentes às camadas permeáveis e impermeáveis, associadas às condições topográficas do relevo (Fotografia 6.25).



Fotografia 6.25 - Vista de um NEOSSOLO LITÓLICO (RL) + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO (PVA) em franco processo de erosão, onde as ravinas estão evoluindo para voçorocas. Em segundo plano se avista a cidade de Camaquã.

Local: sub-bacia do arroio Duro/Sanga Formosa

A carta de riscos de erosão, por sub-bacias do SsBC, propiciou observar que a área de risco muito forte é a da sub-bacia do arroio Duro/Sanga Formosa (IVD); seguida pela de risco forte, representada pela sub-bacia do Arroio do Sapato (IVC); e as de risco fraco são as dos arroios Evaristo (IVB) e Santa Isabel (IVA). Em relação as microbacias, a do arroio Palanque (IVd) é a que apresenta o maior somatório de drenagens, e a da granja São Geraldo (IVc) é a menor, com um risco de erosão muito fraco (Figura 6.10) (Fotografias 6.26; 6.27; 6.28; 6.29). Trata-se do valor médio por unidade de mapeamento, com possibilidade de perigo à erosão.

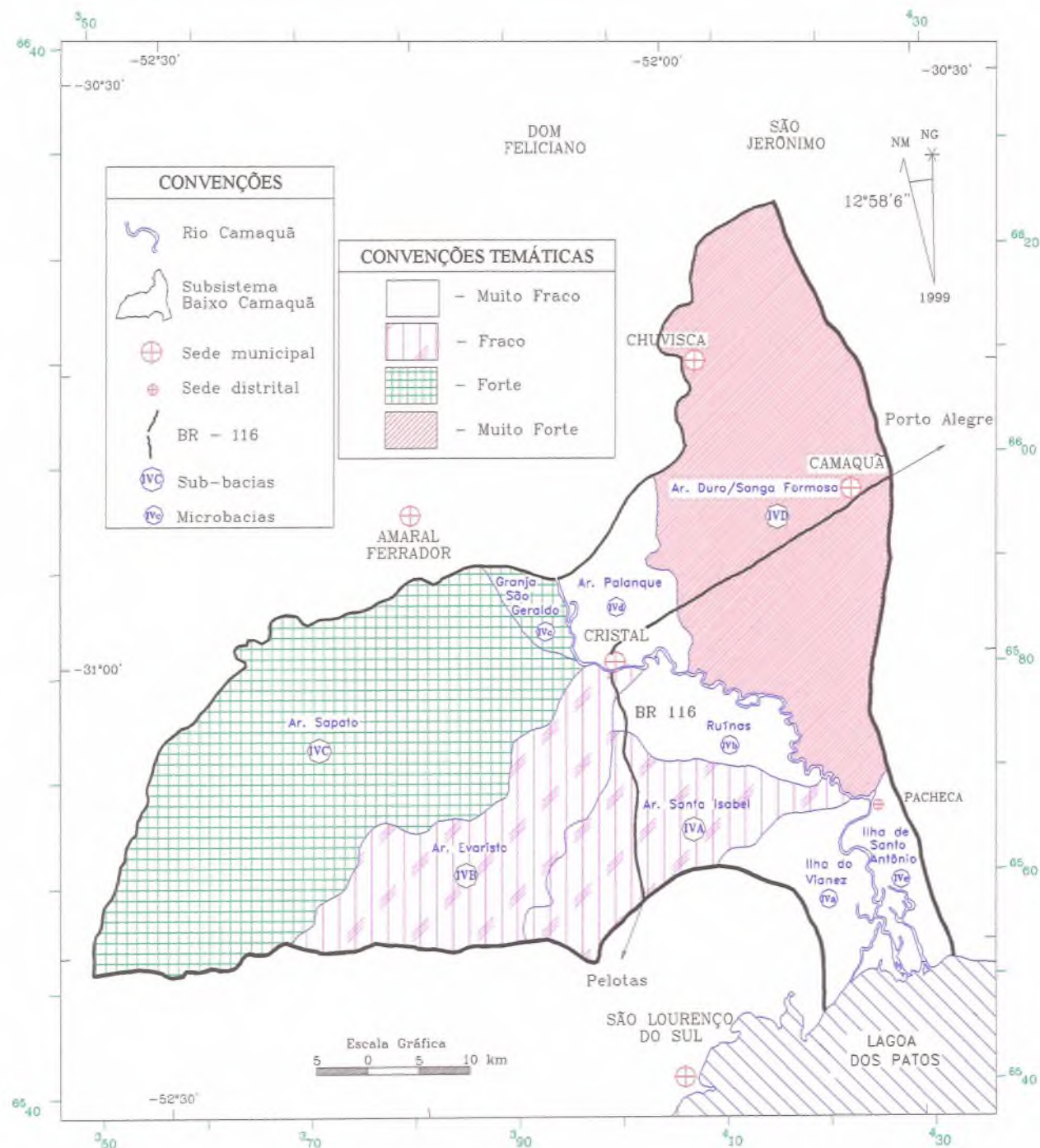


Figura 6.10 - Carta de riscos de erosão nas sub-bacias e microbacias do SsBC



Fotografia 6.26 - Associação de solos NEOSSOLO LITÓLICO (RL) + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO (PVA) com risco muito fraco de erosão e presença de ravinas.

Local: sub-bacia do arroio Santa Isabel



Fotografia 6.27 - Associação de solos PLANOSSOLOS HIDROMÓRFICOS (SG)+ NEOSSOLOS FLÚVICOS (RU)+NEOSSOLOS QUARTZARENÍTICOS (RQ).

Quando desprovidos de vegetação, apresentam risco forte de erosão.

Local: limite entre a sub-bacia do arroio Duro/Sanga Formosa e a microbacia da ilha de Santo Antônio



**Fotografia 6.28 - Associação de solos PLANOSSOLOS HIDROMÓRFICOS (SG)+NEOSSOLOS FLÚVICOS (RU)+NEOSSOLOS QUARTZARENÍTICOS (RQ). Quando desprovidos de vegetação apresentam susceptibilidade forte a muito forte à erosão.
Local: sub-bacia do arroio do Sapato**



**Fotografia 6.29 - Associação de solos NEOSSOLO LITÓLICO (RL) + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO (PVA), com risco forte de erosão e presença de voçorocas. Estrada que conecta Cristal com Amaral Ferrador.
Local: microbacia da granja São Geraldo**

A maioria dos perfis do SsBC enquadram-se dentro da classe textural média. Os tipos de solos predominantes estão representados pela associação de PLANOSSOLOS HIDROMÓRFICOS + NEOSSOLOS FLÚVICOS + NEOSSOLOS QUARTZARENÍTICOS; e NEOSSOLOS LITÓLICOS + ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS, totalizando 61,5% da área cartografada e correspondendo a 1.849km² do total de 3.007km² relativos ao subsistema.

Com base nos dados granulométricos, a falta de solos argilosos limita a capacidade de retenção dos nutrientes e de matéria orgânica, com maior capacidade de troca de cátions, facilitando a acumulação da água e o preparo da terra, além da solubilização lenta e gradativa que proporciona a melhor assimilação das plantas, em seu processo nutritivo de nitrogênio, fósforo, enxofre, água, além de outros elementos e compostos químicos.

Em alguns baixios próximos da cidade de Camaquã encontrou-se uma maior quantidade de matéria orgânica, porém situadas como manchas isoladas e fora da escala de mapeamento. A menor saturação dos solos está nas porções mais elevadas, com disponibilidade hídrica temporária devido aos verões mais rigorosos.

As unidades de mapeamento dos solos do SsBC apresentam as seguintes aptidões agrícolas e respectivas indicações de usos:

1 Afloramentos de rochas (AR):

- *Aptidão agrícola* - Nenhuma.
- *Indicação de uso* - Com alguns locais próprios para a extração de rochas destinadas à construção civil. Nesses locais, encontram-se vegetações cactáceas e bromeliáceas, que se fixam e se nutrem diretamente do substrato rochoso e merecem um estudo mais aprofundado por parte de botânicos, assim como estabelecer um comparativo com aquelas situadas nas porções do Médio Camaquã Superior, região da sub-bacia do arroio João Dias, locais de espécies endêmicas. Representam 11,7% da área do SsBC, equivalentes a 353km².

2 NEOSSOLOS LITÓLICOS (RL):

- *Aptidão agrícola* - São solos de uso restrito, com pequena profundidade e rochas associadas.
- *Indicação de uso* - Para este tipo de solo, devem ser aplicadas medidas de

controle intensivo, pois são solos rasos, passíveis de fácil perda pela erosão. Convém manter os campos nativos e as vegetações arbóreas permanentemente, para impedir o processo de degradação erosiva. Devem ser implementadas ações, com práticas conservacionistas de proteção das matas ciliares, evitar queimadas e incentivar o plantio em curvas de nível, minimizando ao máximo a exposição destes solos. São, portanto, impostas severas restrições para as culturas permanentes. Representam 25,6% da área do SsBC, equivalentes a 769km².

3 ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS (PVA):

- *Aptidão agrícola* - São solos que devem ter medidas corretivas para o seu melhor aproveitamento e levar em consideração os aspectos da declividade do relevo para uso da terra.
- *Indicação de uso* - São solos que necessitam elevado uso de fertilizantes e moderada calagem, com medidas muito intensivas, com controle de voçorocas, plantio em terraços com banquetas individuais, em níveis e em plataformas nas zonas de maior declividade. Utilizáveis em cultivos anuais e perenes, com pastagens. A fertilidade destes solos é baixa. Necessitam de adubação complementar para proporcionarem resultados mais eficazes. Deve também ser controlado o seu manejo, a fim de evitar a ação dos processos erosivos que são bastante evidentes na região, com ravinas e locais com evolução para voçorocas. Não apresentam maiores restrições quanto ao uso para culturas anuais adaptadas e pastagens. Representam 0,7% da área do SsBC, equivalentes a 21,5km².

4 PLANOSSOLOS HIDROMÓRFICOS + NEOSSOLOS FLÚVICOS + NEOSSOLOS QUARTZARENÍTICO (SG+RU+RQ):

- *Aptidão agrícola* - A fertilidade destes solos está condicionada às áreas-fonte e sua utilização está na dependência das condições climáticas e dos locais responsáveis pela deposição e posterior pedogênese. Com o controle da drenagem, por meio de drenos, é possível manter um grau de umidade ideal, propício aos cultivos de soja, pastagens, milho e arroz irrigado. Normalmente são uma associação de solos de grande fertilidade, próprios para o cultivo de diferentes tipos de culturas, respeitando as características químicas de cada local.

- *Indicação de uso* - Para a área de ocorrência deste tipo de solo são recomendadas medidas intensivas, com práticas de engenharia de solos e águas por meio da construção de diques, a fim de manter o grau de umidade ideal e o plantio em terraços, com base estreita e, para alguns casos, de base larga. Recomendável para orizicultura irrigada e cultivada em curvas de nível. São áreas suscetíveis às inundações nos períodos de maior pluviosidade. Tendem a formar sulcos, quando desprotegidos de vegetação, que evoluem para ravinas e voçorocas. Não apresentam maiores restrições quanto ao uso de culturas anuais adaptadas, próprias para agricultura. Algumas áreas são de solos próprios de destaque ambiental, com preservação das matas nativas (ciliares) e, conseqüentemente, da fauna associada. Nos períodos de cheia são impróprios para o cultivo, pois dependem do sistema de drenagem e do regime hídrico para não colocar em risco os investimentos. Representam 29,7% da área do SsBC, equivalentes a 893km².

5 Horizonte A Antrópico (Ha):

- *Aptidão agrícola* - Própria para reflorestamento nos locais de solos mais espessos, pois verificou-se que o freqüente plantio de eucaliptos, acácias e menor quantidade de pinus sobre os ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS e associações de NEOSSOLOS LITÓLICOS + ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS e Afloramentos de Rochas + NEOSSOLOS LITÓLICOS.
- *Indicação de uso* - São solos que necessitam de moderado a elevado uso de fertilizantes e moderada a alta calagem, para corrigir a acidez. São, em geral, pouco viáveis economicamente. Presta-se para pastagem, silvicultura, preservação da flora implantada e fauna recuperada. São áreas próprias para manter os solos com constante cobertura, a fim de evitar as perdas por erosão. Representam 0,5% da área do SsBC, equivalentes 14,8km².

O potencial dos solos do SsBC, em função dos dados preliminares de campo, é aconselhado para o uso agrícola, porém se presta para pastagem e silvicultura. A criação de animais (bovinos, ovinos) deve ser controlada para evitar o pisoteamento que auxilia no processo de compactação dos solos. Os setores mais elevados são próprios para reflorestamento.

São áreas que apresentam, em sua maior extensão, uso conflitivo dos solos e possuem nas porções de baixa energia de relevo, elevada mecanização pelo complexo sistema de canais de irrigação, que permitem drenar e manter a umidade ideal dos solos e propiciar os usos de implementos agrícolas mais sofisticados. As classes dos solos são subdivididas em nula, ligeira, moderada, forte e muito forte. A classe forte possui grande suscetibilidade à erosão, nas áreas com relevo fortemente ondulado, como é o caso dos morros e montanhas baixas que compõem as porções mais elevadas do SsBC, representados pelos NEOSSOLOS LITÓLICOS, com textura areia e pouco desenvolvidos que apresentam difícil e dispendiosa prevenção à erosão.

Verifica-se, pela indicação de usos, que os solos mais propícios ao desenvolvimento de culturas são as associações de PLANOSSOLOS HIDROMÓRFICOS + NEOSSOLOS FLÚVICOS + NEOSSOLOS QUARTZARENÍTICOS, porém necessitam de medidas conservacionistas, a fim de preservar suas fertilidades. Os solos do SsBC de maior uso são a associação mencionada, seguido pelo ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO. O predomínio dos solos do SsBC são de baixa a média fertilidade e necessitam fertilizantes, calagem e manejo adequado.

Um boa porção dos solos do SsBC possui restrições e limitações por apresentar solos pouco espessos, declividade acentuada e elevada pedregosidade constituídos pelos NEOSSOLOS LITÓLICOS e suas associações; outros solos possuem suscetibilidade a erosão pluvial, hídrica e eólica associadas. Quando descobertos, necessitam adequado preparo da terra e adubação, em função dos cultivos (ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS); outros apresentam capacidade de uso temporário, devido às inundações, nos períodos de maior pluviosidade pela má drenagem dos NEOSSOLOS FLÚVICOS e, secundariamente, alguns locais dos PLANOSSOLOS HIDROMÓRFICOS e NEOSSOLOS QUARTZARENÍTICOS que não possuem sistema apropriado de canalização.

Portanto, no SsBC, foram individualizadas seis unidades de mapeamento de solos, separadas em função dos aspectos morfológicos de campo representados por: Afloramentos de Rocha, Afloramentos de Rocha + NEOSSOLO LITÓLICO, NEOSSOLO LITÓLICO + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO, ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO, PLANOSSOLO HIDROMÓRFICO + NEOSSOLO FLÚVICO + NEOSSOLO QUARTZARENÍTICO e Horizonte A Antrópico. Estas unidades de mapeamento apresentam uma amplitude topográfica em torno de 400 metros de altitude desde a montante até a jusante junto à lagoa dos Patos, com declives variáveis e acentuados (35°), junto às encostas mais íngremes, e suaves a planos (1° a 5°), nos baixios junto à planície costeira.

6.1.3 Considerações sobre a hidrografia, hidrologia e hidrogeologia

Neste tópico, serão abordados os aspectos referentes à hidrografia, com a análise de bacias hidrográficas, envolvendo o SsBC com suas sub-bacias (quatro) e respectivas microbacias (cinco). Será analisada a hierarquia dos canais fluviais e feita análise linear, areal e hipsométrica do sistema de drenagens, a fim de apoiar nas considerações sobre a hidrologia e hidrogeologia da área de estudos.

6.1.3.1 Hidrografia

De acordo com a análise das drenagens efetuadas, o SsBC é elemento integrante da BHRC, com canais de até sexta ordem de grandeza, conforme a hierarquia de canais de Strahler (1952) e modificado de Hansen e Fensterseifer (1996b) (Fotografia 6.30) (Figura 6.11). Quanto maior a ordem de grandeza dos subsistemas e sub-bacias da BHRC, maior será a probabilidade de riscos de inundação.



Fotografia 6.30 - Vista do rio Camaquã para W. Canal de sexta ordem de grandeza (Strahler, *op. cit.*). Barca de passagem para a ilha de Santo Antônio. Local: microbacia da ilha de Santo Antônio

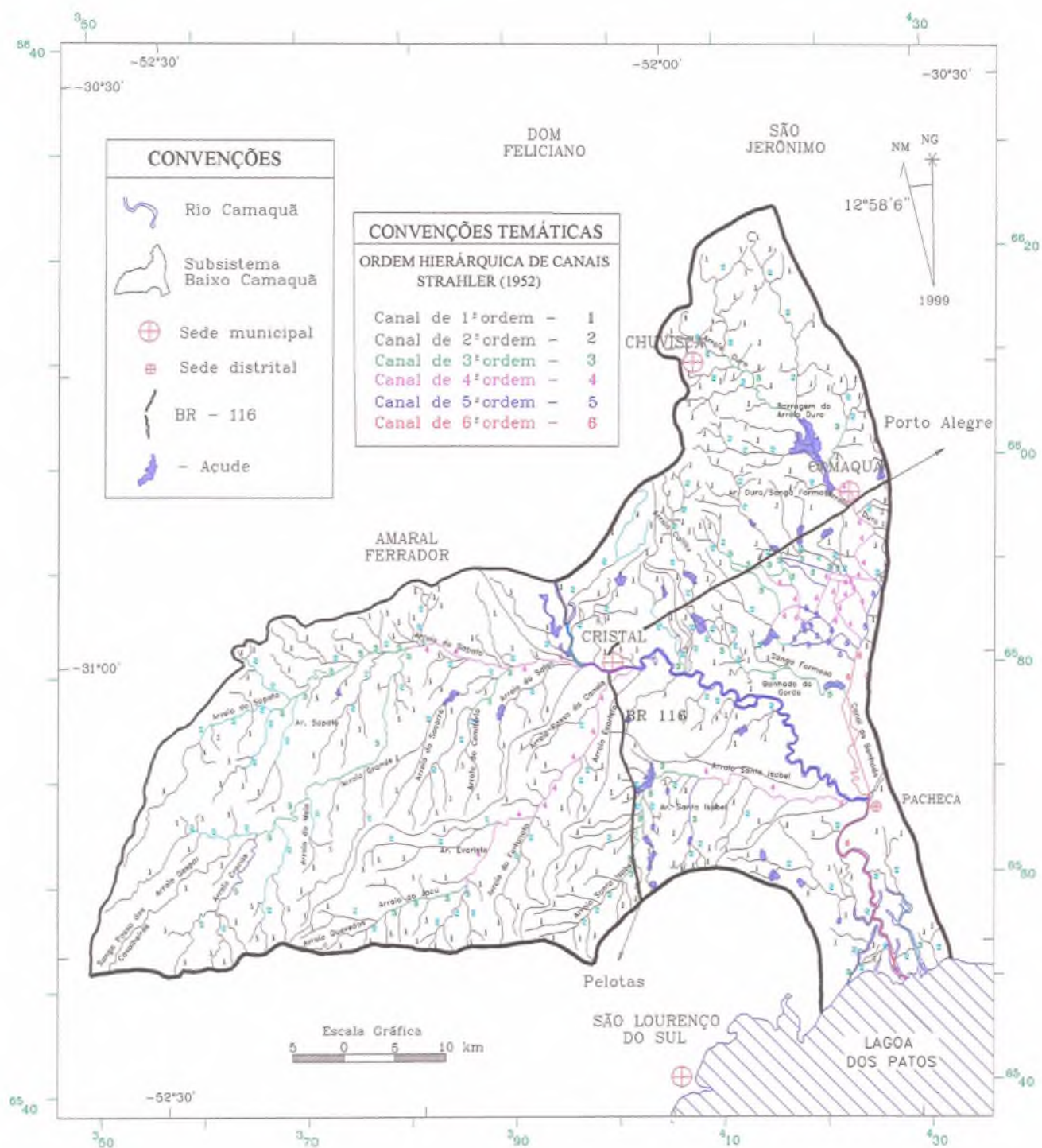


Figura 6.11 - Carta de hierarquia dos canais do SsBC em relação a BHRC

A análise linear da rede hidrográfica apresenta índices e relações associadas aos locais de escoamento da água, segundo a ordenação de Strahler (1952).

Os dados básicos para a análise linear da rede hidrográfica estão na Tabela 6.2.

Tabela 6.2 - Dados da análise linear do sistema fluvial das sub-bacias e microbacias do SsBC

| Informações Hidrolineares | Sub-bacias | | | | Microbacias | | | | | Total/Média |
|------------------------------------------|------------|-------|-------|-------|-------------|------|-----|------|------|-------------|
| | IVA | IVB | IVC | IVD | IVa | IVb | IVc | IVd | IVe | |
| Número de rios de 1ª ordem | 37,0 | 32,0 | 75,0 | 97,0 | 14,0 | 8,0 | 2,0 | 17,0 | 5,0 | 287,0/31,9 |
| Número de rios de 2ª ordem | 10,0 | 10,0 | 22,0 | 39,0 | 6,0 | 3,0 | 1,0 | 6,0 | 4,0 | 101,0/11,2 |
| Número de rios de 3ª ordem | 2,0 | 1,0 | 6,0 | 13,0 | 1,0 | - | - | 1,0 | 1,0 | 25,0/3,6 |
| Número de rios de 4ª ordem | 1,0 | 1,0 | 2,0 | 10,0 | - | - | - | - | - | 14,0/3,5 |
| Número de rios de 5ª ordem | - | - | - | 7,0 | - | - | - | - | - | 7,0/7,0 |
| Número de rios de 6ª ordem | - | - | - | 2,0 | - | - | - | - | - | 2,0/2,0 |
| Comprimento das drenagens 1ª ordem | 125,2 | 107,1 | 325,7 | 247,6 | 38,5 | 35,3 | 9,0 | 56,5 | 12,6 | 957,5/106,4 |
| Comprimento das drenagens 2ª ordem | 25,9 | 49,4 | 121,8 | 126,6 | 23,9 | 3,7 | 3,6 | 20,7 | 13,5 | 389,1/43,2 |
| Comprimento das drenagens 3ª ordem | 23,1 | 9,5 | 44,0 | 70,1 | 2,0 | - | - | 2,0 | 8,6 | 159,3/22,8 |
| Comprimento das drenagens 4ª ordem | 17,0 | 29,9 | 18,0 | 45,2 | - | - | - | - | - | 110,1/27,5 |
| Comprimento das drenagens 5ª ordem | - | - | - | 32,0 | - | - | - | - | - | 32,0/32,0 |
| Comprimento das drenagens 6ª ordem | - | - | - | 27,8 | - | - | - | - | - | 27,8/27,8 |
| Compr. médio dos segmentos 1ª ordem | 3,4 | 3,4 | 4,3 | 2,6 | 2,8 | 4,4 | 4,5 | 3,3 | 2,5 | 31,1/3,5 |
| Compr. médio dos segmentos 2ª ordem | 2,6 | 4,9 | 5,5 | 3,3 | 4,0 | 1,2 | 3,6 | 3,5 | 3,4 | 32,0/3,6 |
| Compr. médio dos segmentos 3ª ordem | 11,6 | 9,5 | 7,3 | 5,4 | 2,0 | - | - | 2,0 | 8,6 | 46,4/6,6 |
| Compr. médio dos segmentos 4ª ordem | 17,0 | 29,9 | 9,0 | 4,5 | - | - | - | - | - | 60,4/15,1 |
| Compr. médio dos segmentos 5ª ordem | - | - | - | 4,57 | - | - | - | - | - | 4,6/4,6 |
| Compr. médio dos segmentos 6ª ordem | - | - | - | 13,9 | - | - | - | - | - | 13,9/13,9 |
| Relação de bifurcação 1ª ordem | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 0,9 | 0,9 | 0,7 | 0,9 | 0,8 | 0,9/0,2 |
| Relação de bifurcação 2ª ordem | 0,9 | 0,9 | 1,0 | 1,0 | 0,9 | 0,8 | 0,5 | 0,9 | 0,8 | 7,5/0,8 |
| Relação de bifurcação 3ª ordem | 0,7 | 0,5 | 0,9 | 0,9 | 0,5 | - | - | 0,5 | 0,5 | 4,5/0,6 |
| Relação de bifurcação 4ª ordem | 0,5 | 0,5 | 0,7 | 0,9 | - | - | - | - | - | 2,6/0,6 |
| Relação de bifurcação 5ª ordem | - | - | - | 0,9 | - | - | - | - | - | 0,9/0,8 |
| Relação de bifurcação 6ª ordem | - | - | - | 0,7 | - | - | - | - | - | 0,7/0,7 |
| Relação entre os L_m - canais 1ª ordem | 1,4 | 1,4 | 1,3 | 1,6 | 1,6 | 1,3 | 1,3 | 1,4 | 1,7 | 13,0/1,5 |
| Relação entre os L_m - canais 2ª ordem | 1,6 | 1,3 | 1,2 | 1,5 | 1,3 | 5,3 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 16,4/1,8 |
| Relação entre os L_m - canais 3ª ordem | 1,1 | 1,1 | 1,2 | 1,2 | 2,0 | - | - | 2,0 | 1,1 | 9,7/1,4 |
| Relação entre os L_m - canais 4ª ordem | 1,1 | 1,0 | 1,1 | 1,3 | - | - | - | - | - | 4,5/1,1 |
| Relação entre os L_m - canais 5ª ordem | - | - | - | 1,3 | - | - | - | - | - | 1,3/1,3 |
| Relação entre os L_m - canais 6ª ordem | - | - | - | 1,1 | - | - | - | - | - | 1,1/1,1 |
| Relação entre o L_m e R_b - 1ª ordem | 1,5 | 1,5 | 1,3 | 1,7 | 1,7 | 1,5 | 1,9 | 1,5 | 2,0 | 14,5/1,6 |
| Relação entre o L_m e R_b - 2ª ordem | 1,8 | 1,4 | 1,3 | 1,5 | 1,6 | 7,1 | 2,8 | 1,6 | 1,8 | 20,7/2,3 |
| Relação entre o L_m e R_b - 3ª ordem | 1,6 | 2,2 | 1,4 | 1,3 | 4,0 | - | - | 4,0 | 2,3 | 16,8/2,4 |
| Relação entre o L_m e R_b - 4ª ordem | 2,1 | 2,1 | 1,7 | 1,4 | - | - | - | - | - | 7,3/1,8 |
| Relação entre o L_m e R_b - 5ª ordem | - | - | - | 1,5 | - | - | - | - | - | 1,5/1,5 |
| Relação entre o L_m e R_b - 6ª ordem | - | - | - | 1,6 | - | - | - | - | - | 1,6/1,6 |

(Fórmulas: 4.10; 4.11).

 L_m = comprimentos médio; R_b = Relação de bifurcação; Compr. = Comprimento

A morfometria média do SsBC é sintetizada abaixo: (Tabela 6.3).

Tabela 6.3 - Dados morfométricos médios das sub-bacias e microbacias do SsBC

| Ordem | N_u | R_b | L_u | L_m | RI_m | RI_b |
|--------------|--------------|------------|--------------|-------------|------------|-------------|
| 1ª | 287 | | 957,5 | 31,1 | | |
| | | 8,2 | | | 13,0 | 14,5 |
| 2ª | 101 | | 389,1 | 32,0 | | |
| | | 7,5 | | | 16,4 | 20,7 |
| 3ª | 25 | | 159,3 | 46,4 | | |
| | | 4,5 | | | 9,7 | 16,8 |
| 4ª | 14 | | 110,1 | 60,4 | | |
| | | 2,6 | | | 4,5 | 7,3 |
| 5ª | 7 | | 32,0 | 4,6 | | |
| | | 0,9 | | | 1,3 | 1,5 |
| 6ª | 2 | | 27,8 | 13,9 | | |
| | | 0,7 | | | 1,08 | 1,6 |
| Média | 72,67 | 4,1 | 279,3 | 31,4 | 7,9 | 10,4 |

Ponderada

N_u = número de segmentos; R_b = relação de bifurcação de Horton (1945); L_u = comprimento do rio pela área; L_m = comprimento médio dos segmentos fluviais; RI_m = relação entre os comprimentos médios dos canais; RI_b = relação entre o índice do comprimento médio e o de bifurcação. (Fórmulas: 4.12; 4.13)

A maior sub-bacia do SsBC é a do arroio do Sapato, a menor é a do arroio Santa Isabel, sendo que as microbacias correspondem à ilha do Vianez e à granja São Geraldo respectivamente.

Existe nas sub-bacias e microbacias hidrográficas do SsBC um amplo predomínio de drenagens de primeira ordem de grandeza. As maiores ocorrências são os canais de quinta ordem, que principiam junto ao rio Camaquã, nas imediações de Cristal, e a partir de Pacheca que, pela junção com o canal do banhado, se transforma em sexta ordem, desaguando na lagoa dos Patos.

Maiores detalhes sobre os dados da análise linear podem ser observados na Tabela 6.2.

A densidade média das drenagens do SsBC, na escala de 1:250.000, em relação aos demais subsistemas pertencentes a BHRC, é alta. Nesta figura, é possível ser observada a delimitação das sub-bacias dos arroios Santa Isabel, Evaristo, do Sapato e Duro/Sanga Formosa, e microbacias da ilha do Vianez, Ruínas, granja São Geraldo, arroio do Palanque e ilha de Santo Antônio, modificado de Hansen e Fensterseifer (1996g) (Figura 6.12).

Os tipos de canais ramificados estão presentes ao longo do SsBC.

A rede fluvial do SsBC está caracterizada por drenagens dendríticas, dendríticas a

paralelas, e junto aos canais de irrigação, dendríticas a retangulares (Tabela 6.4).

Tabela 6.4 - Tipos de padrões de drenagens predominantes por sub-bacias e microbacias do SsBC

| Classificação | Sub-bacias/Microbacias | Tipos de Padrões das Drenagens |
|---------------|---------------------------|--------------------------------------------------|
| IV A | Arroio Santa Isabel | Dendrítica à Paralela de SW-NE |
| IV B | Arroio Evaristo | Dendrítica |
| IV C | Arroio do Sapato | Dendrítica |
| IV D | Arroio Duro/Sanga Formosa | Dendrítica à Retangular (Canais de irrigação) |
| IV a | Ilha do Vianez | Dendrítica |
| IV c | Ruínas | Paralela |
| IV c | Granja São Geraldo | Subparalela |
| IV d | Arroio Palanque | Dendrítica à Paralela |
| IV e | Ilha de Santo Antônio | Dendrítica |

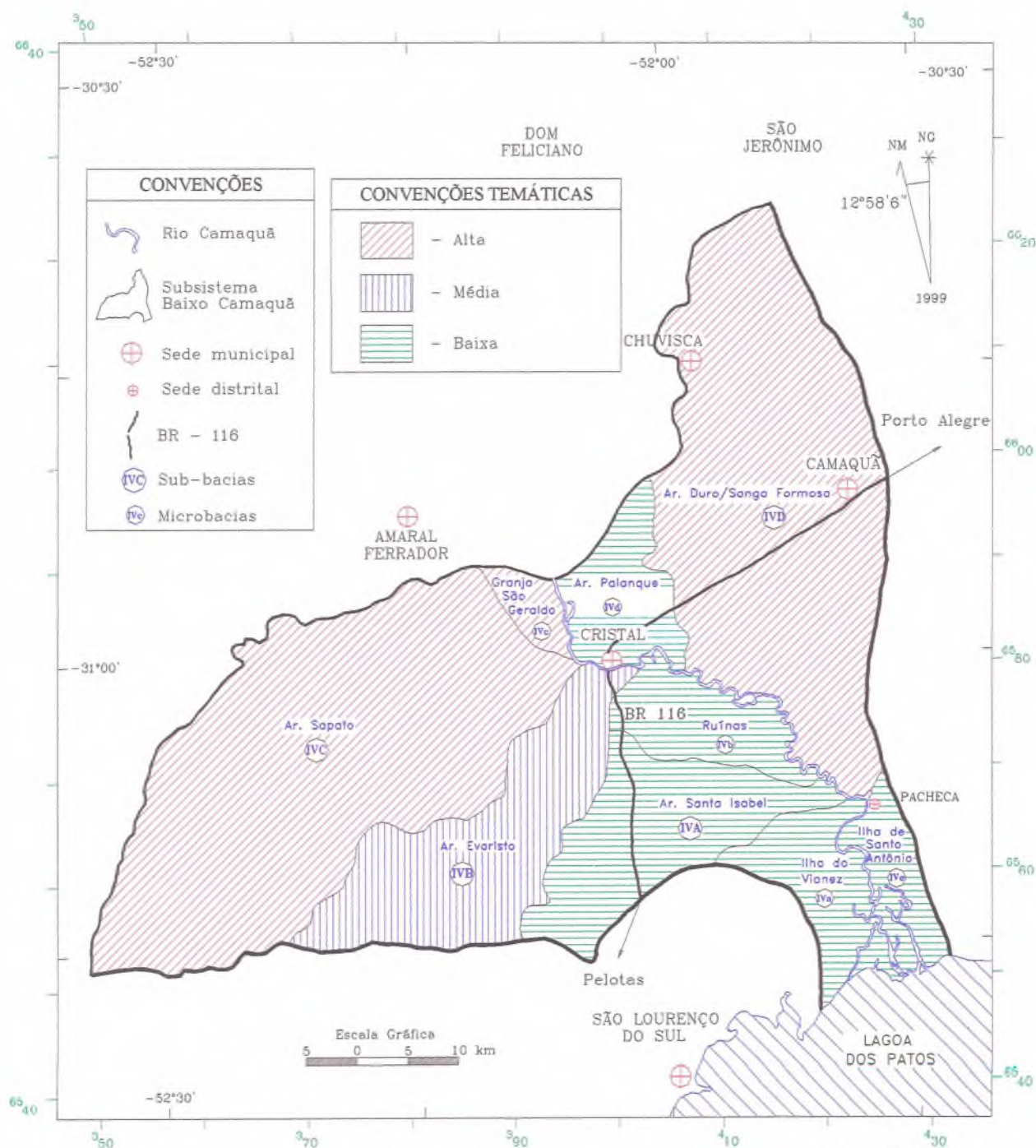


Figura 6.12 - Carta de densidade média de drenagens por sub-bacias e microbacias do SsBC

Os detalhes relacionados com as ordens de grandeza das drenagens do SsBC podem ser observados na Tabela 6.5.

Tabela 6.5 - Ordem máxima de grandeza das principais drenagens do SsBC

| Subsistema | Drenagens | Ordem de Grandeza |
|-------------------|-----------------------------|--------------------------|
| NE | | |
| IVa | Ilha do Vianez | 2 |
| IVA | Arroio Santa Isabel | 4 |
| IVB | Arroio Evaristo | 4 |
| | Arroio Quevedos | 2 |
| | Arroio do Jacu | 3 |
| | Arroio Passo da Canela | 2 |
| IVC | Arroio do Sapato | 4 |
| | Sanga Passo dos Cavalheiros | 1 |
| | Arroio Gaspar | 1 |
| | Arroio Grande | 3 |
| | Arroio do Meio | 3 |
| | Arroio do Socorro | 2 |
| | Arroio do Cemitério | 3 |
| | Arroio do Salso | 2 |
| IVb | Ruínas | 2 |
| IVc | Granja São Geraldo | 1 |
| SW | | |
| IVD | Arroio Duro | 4 |
| | Canal do Banhado | 5 |
| | Banhado do Gordo | 3 |
| | Arroio Catitu | 3 |
| IVd | Arroio Palanque | 2 |
| IVe | Ilha de Santo Antônio | 2 |

Em negrito: sub-bacias e microbacias

Os açudes do SsBC, utilizados principalmente para a irrigação da orizicultura, totalizavam 28, em 1994, e atualmente são mais de 45, representando a maior concentração da BHRC, conforme a Tabela 6.6 a seguir:

Tabela 6.6 - Quantidade de açudes por sub-bacias e microbacias, expressivos na escala 1:250 000

| Classificação | Sub-bacias/Microbacias | Número de Açudes |
|----------------------|-------------------------------|-------------------------|
| IVA | Arroio Santa Isabel | 7 |
| IVB | Arroio Evaristo | 0 |
| IVC | Arroio do Sapato | 5 |
| IVD | Arroio Duro/Sanga Formosa | 8 |
| IVa | Ilha do Vianez | 4 |
| IVb | Ruínas | 2 |
| IVc | Granja São Geraldo | 1 |
| IVd | Arroio Palanque | 1 |
| IVe | Ilha de Santo Antônio | 0 |

O auxílio da hierarquização da bacia, aliado à hipsometria do terreno, além de outros

fatores mensurados e analisados, permite definir os locais mais sujeitos às inundações.



**Fotografia 6.31 - Vista, ao fundo, da Barragem do arroio Duro/Sanga Formosa. Vista de N-S.
Local: sub-bacia do arroio Duro/ Sanga Formosa**



**Fotografia 6.32 - Sistema de comportas para o vertedouro da barragem. Ao fundo, lago de represamento.
Local: sub-bacia do arroio Duro/Sanga Formosa**

A segunda ordem de grandeza das drenagens do SsBC é a predominante, seguida pela de primeira e, depois, a de terceira ordem, de acordo com a classificação proposta por Strahler (1952).

O histograma a seguir retrata o predomínio hierárquico das drenagens, em setores norte-nordeste e sul-sudoeste, pela ordem de grandeza que deságua no rio Camaquã, com base na hierarquização de Strahler (*op. cit.*) (Figura 6.13).

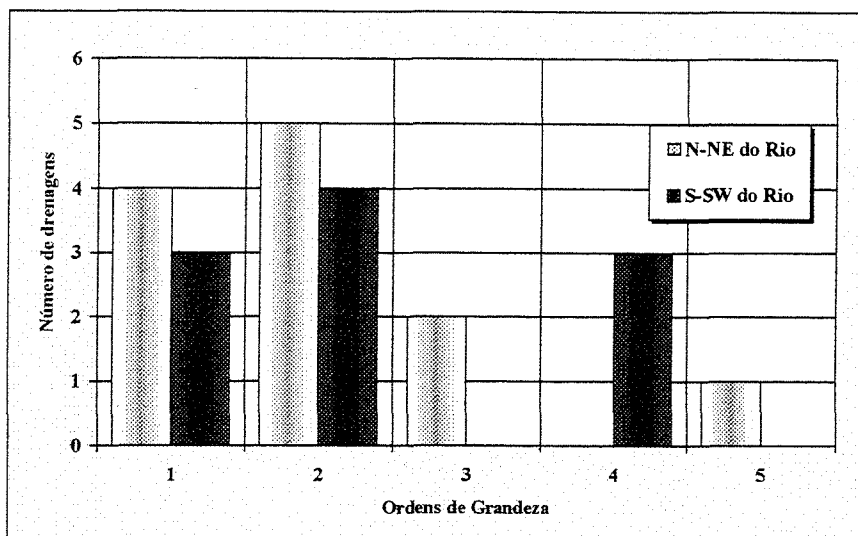


Figura 6.13 - Histograma das drenagens do SsBC por setor e ordem de grandeza

Observa-se a inexistência de drenagens de terceira e de quinta ordem de grandeza no setor S-SW do rio Camaquã, caracterizando, com isto, que os processos erosivos fluviais são mais intensos no setor N-NE do rio.

O SsBC possui, provenientes do setor N-NE, 11 afluentes diretos do rio Camaquã, com drenagens de até quinta ordem. Observa-se, a partir dos dados obtidos um predomínio das drenagens de segunda ordem. Este setor se constitui em área de riscos médios a pequenos de inundações. A maior ordem de grandeza está relacionada aos canais antropogênicos utilizados na irrigação do arroz, representado pelo Canal do Banhado. No setor SW, tem-se dez arroios com predomínio de drenagens de segunda ordem de grandeza, constituindo-se em áreas de risco pequeno a grande de inundações, pois existe um maior entalhamento da paisagem fluvial.

A distribuição espacial das inundações do SsBC é predominada pelas áreas com médio risco e secundadas pelas de pequeno risco (Fotografias 6.33; 6.34; 6.35; 6.36) (Figura 6.14).



Fotografia 6.33 - Em primeiro e segundo plano, divisor topográfico do SsBC com o subsistema do Médio Camaquã Inferior. Arroio Sutil à esquerda e rio Camaquã no sentido longitudinal da foto.

Local: vista a partir das microbacias da granja São Geraldo e arroio Palanque



Fotografia 6.34 - Vista do rio Camaquã para E. Nos fundo do Parque Bento Gonçalves da Silva, município de Cristal.

Local: microbacia do arroio Palanque

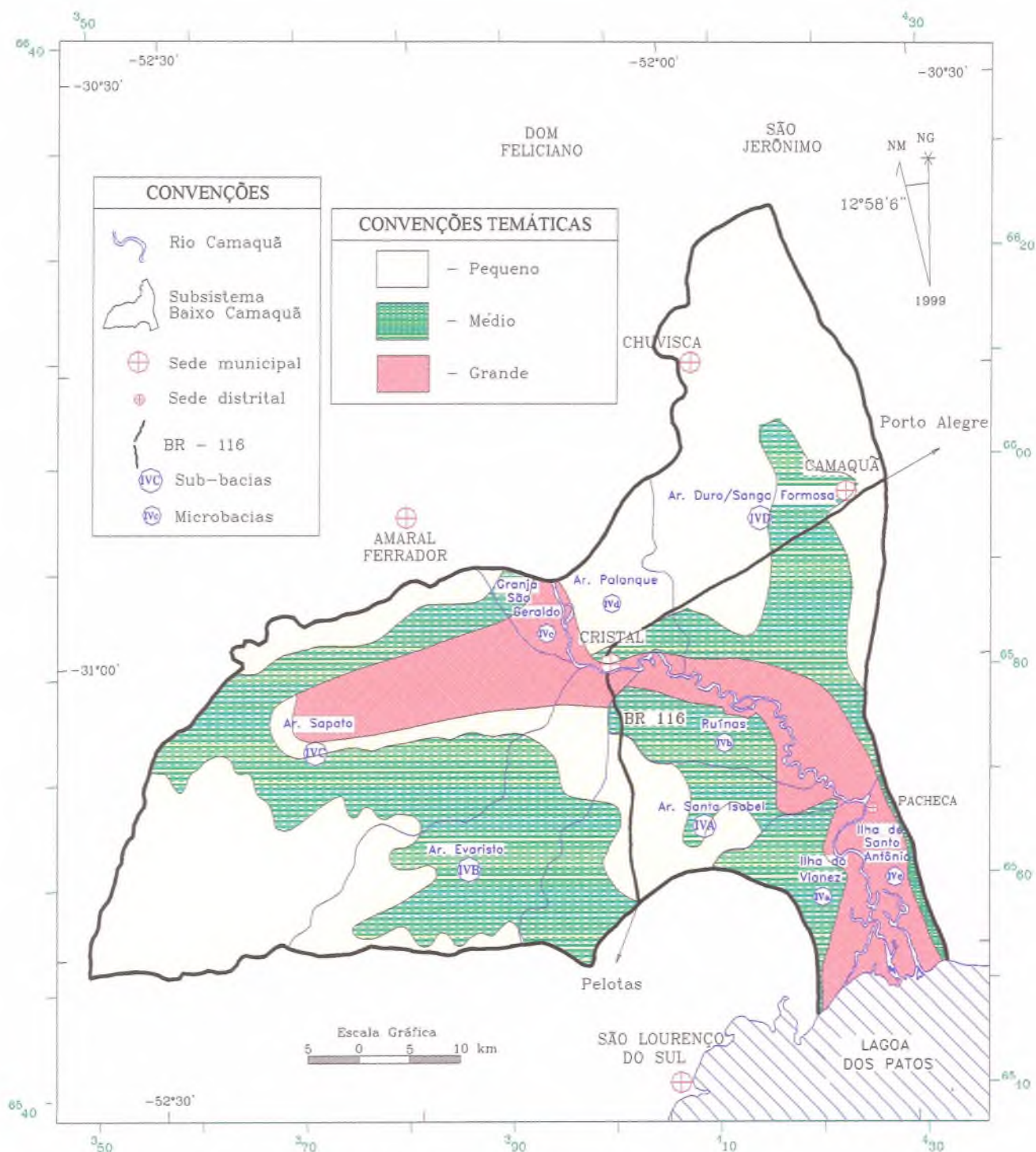


**Fotografia 6.35 - Vista do rio Camaquã para S, a partir da barca de Pacheca.
Local: microbacia da ilha de Santo Antônio**



**Fotografia 6.36 - Vista do braço da Charqueada, paralelo ao rio Camaquã, para S, em direção à lagoa dos Patos, a partir da barca para ilha de Santo Antônio.
Local: microbacia da ilha de Santo Antônio**

Em função da densidade de drenagens, morfologia das sub-bacias e microbacias, pluviosidade e declividade, os cálculos médios dos riscos de inundações são: grande no setor central, em vermelho, do subsistema, ao longo do curso do rio Camaquã; médio nas imediações deste, em cor verde; e pequeno nos demais setores do SsBC. Nos períodos de cheia, ocasionam a destruição das pontes de comunicação terrestre e rodovias asfaltadas, como a ocorrida nas proximidades da cidade de Camaquã (BR-116) no ano de 1992, modificadas de Hansen e Fensterseifer (1996d) (Fotografias 6.37; 6.38).





Fotografia 6.37 - Inundação ocorrida em Janeiro de 1998 no balneário de Cristal. Zona de risco de inundações grandes. Com 6,6m acima do nível da fotografia 6.38. Vista de N-S.

Local: microbacia do arroio Palanque



Fotografia 6.38 - Balneário de Cristal, em condições normais do rio Camaquã, Junho de 1999. Vista de S-N.

Local: microbacia do arroio Palanque

6.1.3.1.1 Índices de caracterização física utilizados na cartografia do SsBC

Neste item, são abordados os aspectos dos indicadores físicos básicos mensurados para o SsBC, envolvendo as formas das bacias hidrográficas e unidades menores, os índices entre o comprimento e a área, índices relativos entre o comprimento total dos canais e o coeficiente de rugosidade.

Os indicadores físicos básicos auxiliares para a caracterização física e hidrogeométrica das sub-bacias e microbacias do SsBC seguem a classificação da tabela anterior e estão presentes na 6.7.

Tabela 6.7 - Indicadores básicos hidrogeométricos das sub-bacias e microbacias do SsBC

| <i>Informações Hidrogeométricas</i> | <i>Sub-bacias</i> | | | | | <i>Microbacias</i> | | | | |
|----------------------------------------------|-------------------|-------|-------|-------|-------|--------------------|-------|-------|-------|-------------|
| | IVA | IVB | IVC | IVD | IVa | IVb | IVc | IVd | IVe | Total/Media |
| Drenagem contribuinte (km ²) | 272 | 356 | 966 | 866 | 136 | 127 | 41 | 131 | 86 | 3.007/1334 |
| Perímetro da bacia (km) | 90 | 105 | 145 | 154 | 95 | 68 | 30 | 64 | 84 | 835/92,8 |
| Diâmetro da bacia (km) | 28,6 | 33,4 | 46,2 | 49,0 | 30,2 | 21,6 | 9,5 | 20,4 | 26,7 | 265,8/29,5 |
| Comprimento da bacia (km) | 34,2 | 43,7 | 57,3 | 58,4 | 15,8 | 8,4 | 12,4 | 16,3 | 15,7 | 262,2/29,1 |
| Maior largura da bacia (km) | 15,8 | 23,4 | 32,4 | 25,8 | 16,2 | 20,7 | 7,8 | 19,0 | 9,1 | 170,2/18,9 |
| Compr. canal principal medido (km) | 43,9 | 49,1 | 71,2 | 70,0 | 18,6 | 8,4 | 12,4 | 18,0 | 15,7 | 307,3/34,1 |
| Compr. canal principal calculado (km) | 43,3 | 50,9 | 92,7 | 86,8 | 28,6 | 27,4 | 13,9 | 28,0 | 21,7 | 393,4/43,7 |
| Compr. paralelo canal principal (km) | 33,6 | 38,8 | 54,3 | 54,8 | 15,5 | 7,2 | 12,2 | 16,0 | 15,0 | 247,5/27,5 |
| Extensão do percurso superficial (km) | 0,71 | 0,91 | 0,95 | 0,79 | 1,06 | 1,63 | 1,58 | 0,83 | 1,23 | 9,7/1,08 |
| Cota máxima (m) | 201 | 320 | 400 | 490 | 72 | 75 | 200 | 218 | 25 | 2.001/222 |
| Cota mínima (m) | 15 | 4 | 5 | 2 | 2 | 1 | 12 | 4 | 0 | 45/5 |
| Amplitude altimétrica (m) | 186 | 316 | 395 | 488 | 70 | 74 | 188 | 214 | 25 | 1.956/217 |
| Comprimento total dos canais (km) | 191 | 196 | 509 | 549 | 64 | 39 | 13 | 79 | 35 | 1.675/186,1 |
| Ordem de grandeza das drenagens | 4 | 4 | 4 | 6 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 31/3,4 |
| Número de canais de todas as ordens | 50 | 44 | 105 | 168 | 21 | 11 | 3 | 24 | 10 | 436/48,4 |
| Área do círculo (km ²) | 645 | 877 | 1.673 | 1.887 | 718 | 368 | 72 | 326 | 561 | 7.128/792 |
| Índice de circularidade | 0,42 | 0,41 | 0,58 | 0,46 | 0,19 | 0,35 | 0,57 | 0,40 | 0,15 | 3,53/0,39 |
| Índice de forma | 1,406 | 1,423 | 1,268 | 1,371 | 1,682 | 1,487 | 1,272 | 1,427 | 1,734 | 13,07/1,452 |
| Índice entre o comprimento e a área | 1,74 | 1,77 | 1,49 | 1,67 | 2,59 | 1,92 | 1,49 | 1,78 | 2,88 | 17,33/1,93 |
| Densidade de rios | 0,14 | 0,09 | 0,08 | 0,11 | 0,10 | 0,06 | 0,05 | 0,13 | 0,06 | 0,82/0,09 |
| Densidade de drenagens | 0,70 | 0,55 | 0,53 | 0,63 | 0,47 | 0,31 | 0,32 | 0,60 | 0,41 | 4,52/0,5 |
| Densidade de segmentos totais | 0,18 | 0,12 | 0,11 | 0,19 | 0,15 | 0,09 | 0,07 | 0,18 | 0,12 | 1,22/0,14 |
| Densidade de segmentos totais Melton | 0,34 | 0,21 | 0,19 | 0,28 | 0,15 | 0,07 | 0,07 | 0,25 | 0,11 | 1,68/0,19 |
| Coefficiente de manutenção (m ²) | 1,42 | 1,82 | 1,90 | 1,58 | 2,13 | 3,26 | 3,15 | 1,66 | 2,46 | 19,37/2,15 |

(Fórmulas: 4.14; 4.15; 4.16; 4.17; 4.18; 4.19; 4.20; 4.21; 4.22; 4.24)

A área da bacia está acrescida de 26km² referentes à superfície de ocupação do leito do rio Camaquã.

6.1.3.1.2 Caracterização dos indicadores básicos hidrogeométricos

A área contribuinte média relativa à drenagem contribuinte do SsBC, envolvendo as sub-bacias e microbacias hidrográficas, é de 334km². A sub-bacia com maior área de drenagem é a do arroio do Sapato (966km²), e a menor é a do arroio Santa Isabel (272km²). Em nível de microbacias, a maior é a da ilha do Vianez (136km²), e a menor é a granja São Geraldo (42km²).

O perímetro médio do SsBC é de 92,8km. A sub-bacia com o maior perímetro é a do arroio Duro/Sanga Formosa (154km) e a menor é a do arroio Santa Isabel (90km). Em nível de microbacias, o maior perímetro é da ilha do Vianez (95km), e o menor é o da granja São Geraldo (30km).

O diâmetro médio do SsBC é de 29,5km. A sub-bacia com o maior diâmetro é a do arroio Duro/Sanga Formosa (49km), e a menor é a do arroio Santa Isabel (28,6km). Em nível de microbacias, o maior diâmetro é o da ilha do Vianez (30,2km), e o menor é o da granja São Geraldo (9,5km).

O SsBC apresenta um comprimento médio de 29,1km. A sub-bacia com o maior comprimento é a do arroio Duro/Sanga Formosa (58,4km), e a de menor é o do arroio Santa Isabel (34,2km). Em nível de microbacias, o maior comprimento é o do arroio Palanque (16,3km), e o menor é a de ruínas (8,4km).

No SsBC, a largura média é de 18,9km. A sub-bacia de maior largura é a do arroio do Sapato (32,4km) e a de menor largura é a do arroio Santa Isabel (15,8km). Em nível de microbacias, a maior é a de Ruínas (20,7km), e a menor é a da granja São Geraldo (7,8km).

O comprimento médio do canal principal medido para o SsBC é de 34,1km. A sub-bacia com o maior comprimento do canal principal é a do arroio do Sapato (71,2km), e a menor é a do arroio Santa Isabel (43,9km). Em nível de microbacias, o maior comprimento do canal principal é referente à ilha do Vianez (18,6km) e o menor, o de Ruínas (8,4km).

Estudos anteriores mostraram consistência nos cálculos relativos à obtenção do comprimento do canal principal. A sua comparação permite obter uma correlação positiva

para as microbacias da granja São Geraldo (IVc), ilha de Santo Antônio (IVe), do arroio Palanque (IVd), da ilha do Vianez (IVa) e sub-bacias dos arroios Santa Isabel (IVA), Evaristo (IVB) e Duro/Sanga Formosa (IVD), apesar da diversidade ambiental de cada bacia hidrográfica envolvida. Esta é a maneira de se obter o valor do comprimento geométrico do curso do rio principal através da área. O SsBC apresenta um valor médio para o comprimento de 43,7km. A sub-bacia com o maior comprimento do curso principal é a do arroio do Sapato (92,7km), e a de menor é a do arroio Santa Isabel (43,3km). Em nível de microbacias, o maior comprimento do curso principal é da ilha do Vianez (28,6km), e o menor é referente à granja São Geraldo (13,9km). Na Figura 6.15, pode ser observado que o valor calculado apresenta um acréscimo em relação ao valor obtido por medição, mas todos valores, exceto para a microbacia Ruínas, apresentam uma correlação positiva (Fórmula 4.15).

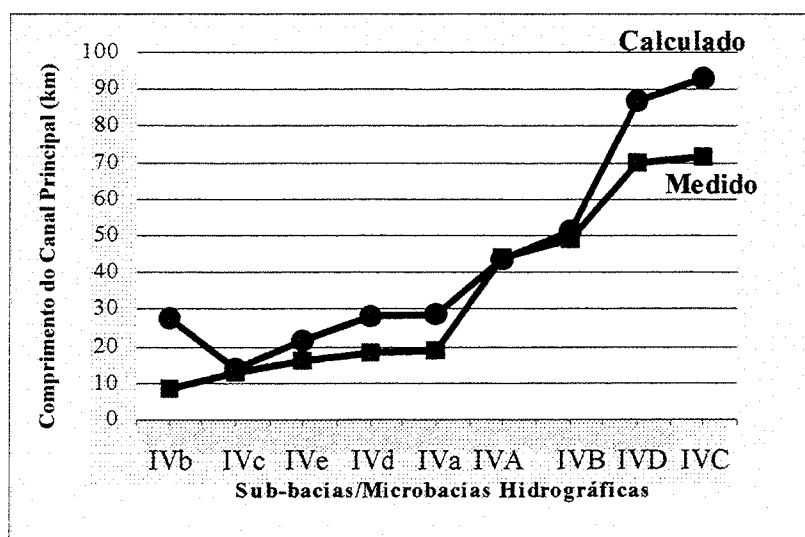


Figura 6.15 - Correlação com tendência positiva entre o comprimento do canal medido e o calculado para as sub-bacias e microbacias do SsBC

O comprimento médio paralelo ao canal principal do SsBC é de 27,5km. A sub-bacia com o maior comprimento é a do arroio do Duro/Sanga Formosa (54,8km), e a menor é a do arroio Santa Isabel (33,6km). Em nível de microbacias, o maior comprimento paralelo ao canal principal é do arroio Palanque (16,0km), e o menor a Ruínas (7,2km).

O índice de extensão do percurso superficial afeta o desenvolvimento hidrológico e morfológico das bacias hidrográficas.

A extensão média maior do percurso superficial da sub-bacia do SsBC é a do arroio do Sapato (0,95km), e a menor é a do arroio Santa Isabel (0,71km). Em nível de microbacias, a maior extensão é a de Ruínas (1,63km), e a menor é a do arroio Palanque (0,83km) (Fórmula 4.16).

A média das cotas máximas do SsBC é de 222m. A sub-bacia de maior cota é a do arroio Duro/Sanga Formosa (490m), e a de menor é a do arroio Santa Isabel (201m). Em nível de microbacias, a maior cota é a do arroio Palanque (218m), e a menor é a da ilha de Santo Antônio (25m).

A média das cotas mínimas do SsBC é de 5m. A sub-bacia de maior cota mínima é a do arroio Santa Isabel (15m), e a de menor é a do arroio Duro/Sanga Formosa (2m). Em nível de microbacias, a maior cota mínima é a da granja São Geraldo (12m), e a menor é a da ilha de Santo Antônio (0m).

O SsBC apresenta um valor médio para a amplitude altimétrica de 217m. A sub-bacia com a maior amplitude é a do arroio Duro/Sanga Formosa (488m), e a de menor é a do arroio Santa Isabel (186m). Em nível de microbacias, a que apresenta a maior diferença de cota é a do arroio Palanque (214m), e a menor é a da ilha de Santo Antônio (25m).

O valor médio para o SsBC do comprimento total dos canais é de 186,1km.

O SsBC possui o comprimento total dos canais de drenagens *Lt* de 1.675km, o que representa 29,3% da BHRC. A análise deste índice corrobora a análise morfológica do SsBC, segundo Christofolletti (1999).

Comparando os quatro subsistemas que integram a BHRC, o SsBC é o segundo com maior risco de erosão, de acordo com Hansen e Fensterseifer (1996j).

A análise dos índices de caracterização morfológica das sub-bacias e microbacias do SsBC pode ser vista na Tabela 6.8, a seguir:

Tabela 6.8 - Mensuração dos índices das sub-bacias e microbacias do SsBC, segundo o comprimento total dos canais: *Lt*

| Classificação | Sub-bacias/Microbacias | <i>Lt</i> (km) | <i>Lt</i> (%) |
|---------------|---------------------------|-------------------|------------------|
| IVA | Arroio Santa Isabel | 191 | 11,4 |
| IVB | Arroio Evaristo | 196 | 11,7 |
| IVC | Arroio do Sapato | 509 | 30,4 |
| IVD | Arroio Duro/Sanga Formosa | 549 | 32,8 |
| IVa | Ilha do Vianez | 64 | 3,8 |
| IVb | Ruínas | 39 | 2,3 |
| IVc | Granja São Geraldo | 13 | 0,8 |
| IVd | Arroio Palanque | 79 | 4,7 |
| IVe | Ilha de Santo Antônio | 35 | 2,1 |
| | Somatório | 1.675 | 100 |

A sub-bacia do SsBC com o maior comprimento total dos canais é a do arroio Duro/Sanga Formosa (549km), e a de menor é a do arroio Santa Isabel (191km). Em nível de microbacias, o maior comprimento é o do arroio Palanque (79km), e o menor é o da granja

São Geraldo (13km).

Os índices de circularidade e de forma possibilitam informar quais são os locais mais suscetíveis às inundações (Tabela 6.9).

Tabela 6.9 - Índice de circularidade (I_c) e de forma (I_f) das sub-bacias e microbacias do SsBC

| Classificação | Sub-bacias/Microbacias | Raio (km) | Ac (km ²) | I_c | I_f |
|---------------|---------------------------|--------------|-----------------------|-------------|--------------|
| IVA | Arroio Santa Isabel | 14,32 | 644,6 | 0,42 | 1,406 |
| IVB | Arroio Evaristo | 16,71 | 877,3 | 0,41 | 1,423 |
| IVC | Arroio do Sapato | 23,08 | 1.673,1 | 0,58 | 1,268 |
| IVD | Arroio Duro/Sanga Formosa | 24,51 | 1.887,3 | 0,46 | 1,371 |
| IVa | Ilha do Vianez | 15,12 | 718,2 | 0,19 | 1,682 |
| IVb | Ruínas | 10,82 | 368,0 | 0,36 | 1,487 |
| IVc | Granja São Geraldo | 4,77 | 71,6 | 0,57 | 1,272 |
| IVd | Arroio Palanque | 10,19 | 325,9 | 0,40 | 1,427 |
| IVe | Ilha de Santo Antônio | 13,37 | 561,5 | 0,15 | 1,734 |
| - | <i>Média</i> | <i>14,77</i> | <i>791,9</i> | <i>0,39</i> | <i>1,452</i> |

(Fórmulas: 4.17; 4.17)

O cálculo dos índices de circularidade auxilia na obtenção dos dados relacionados com as áreas mais prováveis de serem passíveis de inundações. A BHRC apresenta o valor médio do $I_c=0,53$, segundo Hansen e Fensterseifer (1996). Estê valor supera o encontrado para o SsBC, que possui um I_c médio de 0,39 e I_f médio de 1,452. A sub-bacia do arroio do Sapato tem um $I_c=0,58$ e $I_f=1,268$; é a que apresenta o maior risco, seguida imediatamente pela microbacia da granja São Geraldo, com $I_c=0,57$ e $I_f=1,272$, por apresentar uma maior concentração de água no seu tributário principal, superando a bacia e o subsistema. As demais sub-bacias possuem índices mais equilibrados em relação à média do subsistema.

Os índices entre o comprimento e a área do SsBC são apresentados a seguir, na Tabela 6.10:

Tabela 6.10 - Índice entre o comprimento e a área das sub-bacias e microbacias do SsBC

| Classificação | Sub-bacias/Microbacias | Diâmetro (D_h) (km) | Área (A) (km ²) | I_{co} |
|---------------|---------------------------|-------------------------|-----------------------------|-------------|
| IVA | Arroio Santa Isabel | 28,65 | 272 | 1,74 |
| IVB | Arroio Evaristo | 33,42 | 356 | 1,77 |
| IVC | Arroio do Sapato | 46,16 | 966 | 1,49 |
| IVD | Arroio Duro/Sanga Formosa | 49,02 | 866 | 1,67 |
| IVa | Ilha do Vianez | 30,24 | 136 | 2,59 |
| IVb | Ruínas | 21,65 | 127 | 1,92 |
| IVc | Granja São Geraldo | 9,55 | 41 | 1,49 |
| IVd | Arroio Palanque | 20,37 | 131 | 1,77 |
| IVe | Ilha de Santo Antônio | 26,74 | 86 | 2,88 |
| - | <i>Média/Somatório</i> | <i>29,53/265,8</i> | <i>3.007</i> | <i>1,93</i> |

(Fórmula: 4.18)

O *Ico* médio do SsBC é de 1,93 caracterizando-se como um subsistema mais alongado, à semelhança da maioria das sub-bacias e microbacias, exceto o arroio do Sapato e a microbacia da granja São Geraldo, com valor de 1,49.

Verifica-se que os dados deste índice corroboram os de circularidade e de forma, pois quando a forma da unidade hidrográfica for mais próxima de um quadrado ou círculo, maior será a susceptibilidade às inundações. As áreas menos sujeitas às enchentes são aquelas que apresentam um escoamento mais facilitado, pelo alongamento da bacia, seja na forma de triângulo ou retângulo ou elipsóide alongado.

Segundo Christofletti (1980), a importância do cálculo da densidade de rios demonstra o comportamento hidrográfico de uma bacia, principalmente na questão relacionada com a capacidade de gerar novas drenagens.

O SsBC apresenta um valor médio de D_r de 0,09rios/km². Em relação às sub-bacias, aquela que apresenta a maior D_r é a do arroio Santa Isabel (0,14rios/km²), e a menor é a do arroio do Sapato (0,08rios/km²). Em nível de microbacias, destaca-se, com maior densidade, a do arroio Palanque (0,13rios/km²), e a menor, a da granja São Geraldo (0,05rios/km²). A maior quantidade de canais pela área facilita o escoamento superficial, mas trata-se da superfície em franco processo de erosão. Para estas áreas, devem ser tomadas medidas de orientação para que a agricultura não degrade as áreas de matas ciliares, pois são mais susceptíveis às erosões (Fotografia 6.39).

O índice de densidade de drenagem reflete as condições hidrológicas. Em um mesmo ambiente climático, com diferentes tipos de litologias, em função de sua resistência, ocorre a erosão diferencial. As rochas tenras apresentam densidade de drenagem mais acentuada, porém devem ser levadas em consideração a porosidade e capacidade de permear a água por infiltração. Quanto menor o grau de permeabilidade das rochas, maior é a possibilidade de a pluvioerosão e fluvioerosão esculpirem as drenagens e canais fluviais. Uma exemplificação são as áreas de rochas sedimentares detríticas grosseiras, onde a infiltração diminui a onda de cheia do hidrograma unitário ocasionada quando ocorre o menor escoamento superficial, porém se os sedimentitos forem de granulometria fina, maior será o escoamento superficial e mais eficiente será a atuação dos agentes morfodinâmicos. Isto também implica na alimentação do lençol freático. Quanto maior for o valor numérico da D_d , menor é a quantidade de drenagens na área.

Todas as sub-bacias do SsBC, inclusive a da microbacia do arroio Palanque, apresentam densidade de drenagens superiores à média (0,5km/km²), pois ocorrem na interface dos granitóides Pré-Cambrianos, que apresentam uma densidade de fraturas de alta a



**Fotografia 6.39 - Problemas gerados pela ocupação humana de pescadores e veranistas que constroem casas na ilha de Santo Antônio, no braço da Charqueada. Vista a para lagoa dos Patos.
Local: microbacia da ilha de Santo Antônio**

média, com os sedimentitos e sedimentos Cenozóicos Terciários e Quaternários. A infiltração em fraturas e a maior dureza das rochas mais antigas das porções elevadas fazem com que não haja uma boa esculturação dos canais fluviais. Para as demais microbacias constituídas por sedimentitos e sedimentos Cenozóicos, os valores menores do que a média da Dd denotam um maior número de canais por área, havendo com isto uma menor porosidade efetiva, baixando a capacidade de permeabilidade do meio.

A comparação entre os segmentos da densidade de drenagem pode ser observada na Tabela 6.11, a seguir.

Dentre as sub-bacias e microbacias analisadas, as dos arroios Santa Isabel e Evaristo são geometricamente similares pela semelhança dos índices encontrados para $Fs1$, $Fs2$ e $Fs3$. No caso em questão, pode-se notar a diferença se compararmos com a média aritmética das linhas (Fórmula 4.23).

Tabela 6.11 - Comparação entre os segmentos do SsBC

| Classificação | Sub-bacias/Microbacias | Fs1 | Fs2 | Fs3 | Média |
|---------------|---------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| IVA | Arroio Santa Isabel | 0,37 | 0,39 | 0,25 | 0,34 |
| IVB | Arroio Evaristo | 0,41 | 0,45 | 0,32 | 0,39 |
| IVC | Arroio do Sapato | 0,39 | 2,94 | 0,33 | 1,22 |
| IVD | Arroio Duro/Sanga Formosa | 0,48 | 4,21 | 0,27 | 1,66 |
| IVa | Ilha do Vianez | 0,70 | 0,08 | 0,37 | 0,38 |
| IVb | Ruínas | 0,92 | 0,04 | 0,57 | 0,51 |
| IVc | Granja São Geraldo | 0,73 | 0,004 | 0,55 | 0,43 |
| IVd | Arroio Palanque | 0,50 | 0,09 | 0,29 | 0,29 |
| IVe | Ilha de Santo Antônio | 0,70 | 0,02 | 0,43 | 0,38 |
| - | Média | 0,58 | 0,92 | 0,37 | 0,62 |

Com relação ao coeficiente de manutenção do SsBC, a sub-bacia do arroio Duro/Sanga Formosa é a que precisa de maior área para a manutenção de um metro de canal de escoamento ($1,90\text{m}^2$), e a de menor coeficiente de manutenção é a do arroio Santa Isabel ($1,42\text{m}^2$). A microbacia de maior Cm é a da Ruínas ($3,26\text{ m}^2$), e a menor é a do arroio Palanque ($1,66\text{ m}^2$) (Fórmula 4.24).

6.1.3.1.3 Análise hipsométrica do SsBC

A amplitude do relevo do SsBC varia desde o nível médio da linha d'água da lagoa dos Patos (1,85m) até altitudes 490m, no extremo norte deste subsistema, porém ocorre um predomínio de altitudes inferiores à cota de 100m (Fotografia 6.40).

A análise hipsométrica leva em consideração o inter-relacionamento da área e a altitude dos locais analisados a partir das cotas de base. Envolve a obtenção dos valores de cota mais elevada, menos elevada, amplitude altimétrica, declividade média, altura média, integral hipsométrica, área da bacia e coeficiente de massividade para a obtenção do coeficiente orográfico do relevo. Este estudo vem sendo empregado a partir das pesquisas de Strahler (1952) e os coeficientes, acima mencionados são originários dos estudos de erosão climática de Fournier (1960) (Tabela 6.12) (Figura 6.16).



**Fotografia 6.40 - Visão a partir da cota de 15m sobre a Planície Costeira em direção às porções mais elevadas do relevo, em segundo plano.
Local: microbacia da ilha do Vianez**

Tabela 6.12 - Indicadores da análise hipsométrica das sub-bacias e microbacias do SsBC

| Informações Hidrogeométricas | Sub-bacias | | | | Microbacias | | | | | Total/Média |
|-----------------------------------------|------------|-------|-------|-------|-------------|-------|-------|-------|-------|--------------|
| | IVA | IVB | IVC | IVD | IVa | IVb | IVc | IVd | IVe | |
| Coefficiente de massividade | 0,317 | 0,467 | 0,417 | 0,510 | 0,258 | 0,586 | 0,886 | 0,765 | 0,095 | 4,301/0,478 |
| Altura média (m) | 59,0 | 147,5 | 164,6 | 248,9 | 18,1 | 43,3 | 166,6 | 163,6 | 2,4 | 1.014/112,6 |
| Comprimento das curvas de nível (hect.) | 503 | 2.698 | 7.071 | 4.370 | 318 | 297 | 82 | 306 | 201 | 15.845/1.751 |
| Declividade média (%) | 0,69 | 0,92 | 0,88 | 1,06 | 0,56 | 1,12 | 1,93 | 1,67 | 0,20 | 9,05/1,01 |
| Declividade média-canal principal (%) | 0,70 | 1,04 | 0,93 | 1,13 | 0,57 | 1,30 | 1,97 | 1,70 | 0,21 | 9,56/1,06 |
| Coefficiente orográfico | 18,7 | 68,8 | 68,6 | 126,9 | 4,7 | 25,4 | 147,6 | 125,1 | 0,2 | 586/65 |
| Relação de relevo | 0,011 | 0,017 | 0,013 | 0,017 | 0,006 | 0,007 | 0,029 | 0,019 | 0,003 | 0,121/0,013 |
| Índice de dissecação | 79,7 | 111,1 | 130,2 | 214,9 | 27,5 | 21,8 | 50,9 | 91,6 | 8,5 | 736,3/81,8 |
| Índice de rugosidade | 0,13 | 0,17 | 0,21 | 0,31 | 0,03 | 0,02 | 0,06 | 0,13 | 0,01 | 1,08/0,12 |
| Índice de sinuosidade (canal principal) | 1,31 | 1,27 | 1,31 | 1,28 | 1,20 | 1,16 | 1,02 | 1,12 | 1,05 | 10,71/1,19 |

(Fórmulas: 4.25; 4.26; 4.27; 4.28; 4.29; 4.30; 4.31; 4.32)

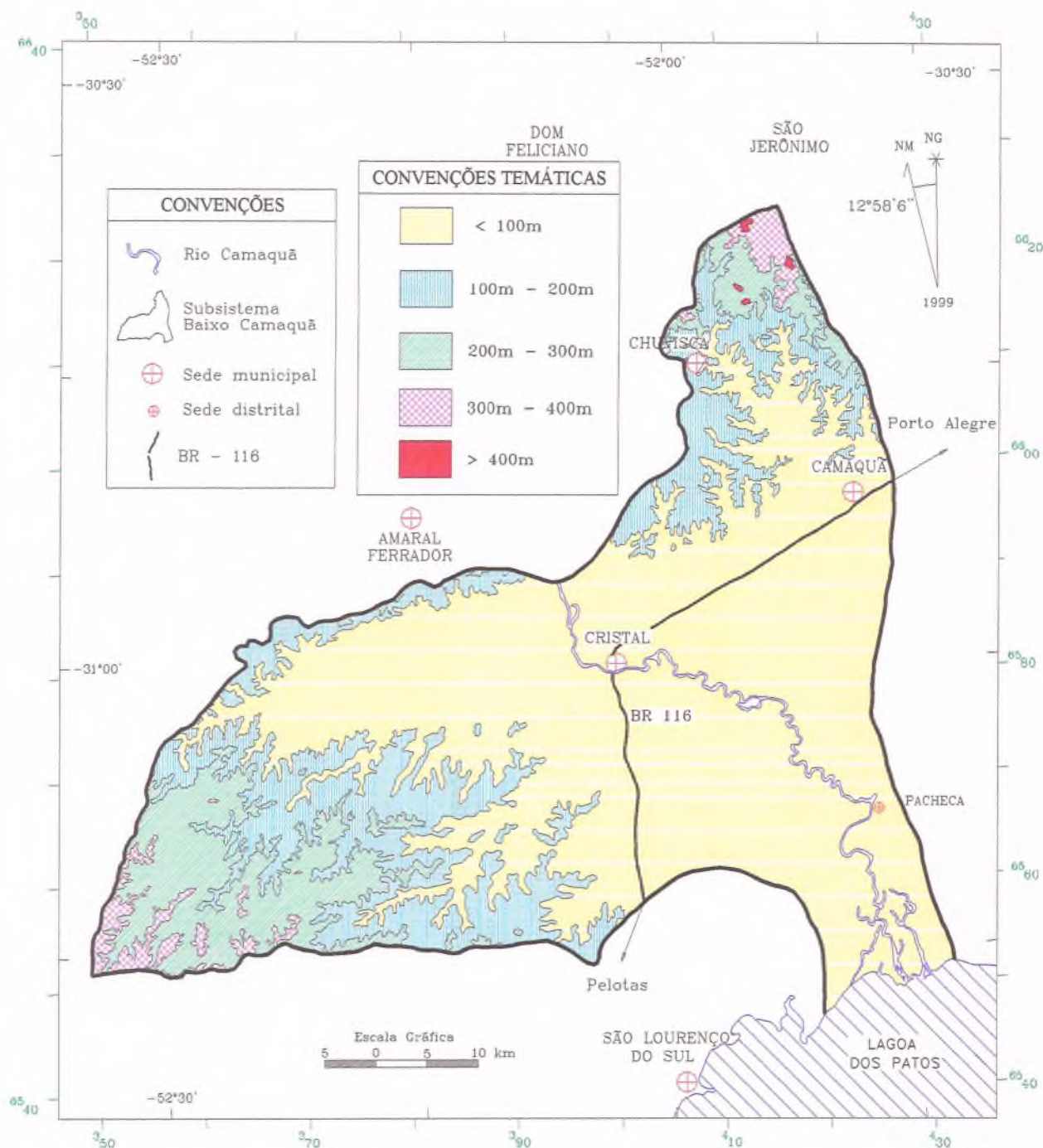


Figura 6.16 - Hipsometria do SsBC

O SsBC apresenta um coeficiente de massividade médio de 0,478. A sub-bacia com maior valor é a do arroio Duro/Sanga Formosa (0,510), e a menor é a do arroio Santa Isabel (0,317). Em nível de microbacia, a maior corresponde à granja São Geraldo (0,886), e a menor à da ilha de Santo Antônio (0,095).

O comprimento total das curvas de nível que passam dentro de cada sub-bacia e microbacia hidrográfica permitiu calcular o declive médio de cada local.

Com base nos declives e clinografia obtidos em carta topográfica e atividades de campo, foram delimitadas as áreas para o SsBC em dois intervalos de classe, os menores do que 15%, representando fraco grau de fragilidade à erosão dos solos, e os maiores do que 15% com forte grau de fragilidade, correspondente a um baixo percentual, o que permite um uso mais racional de ocupação da terra, limitando as porções superiores a 15% (Figura 6.17). Refere-se àquelas áreas mais fáceis de serem destruídas, portanto, são áreas de preservação.

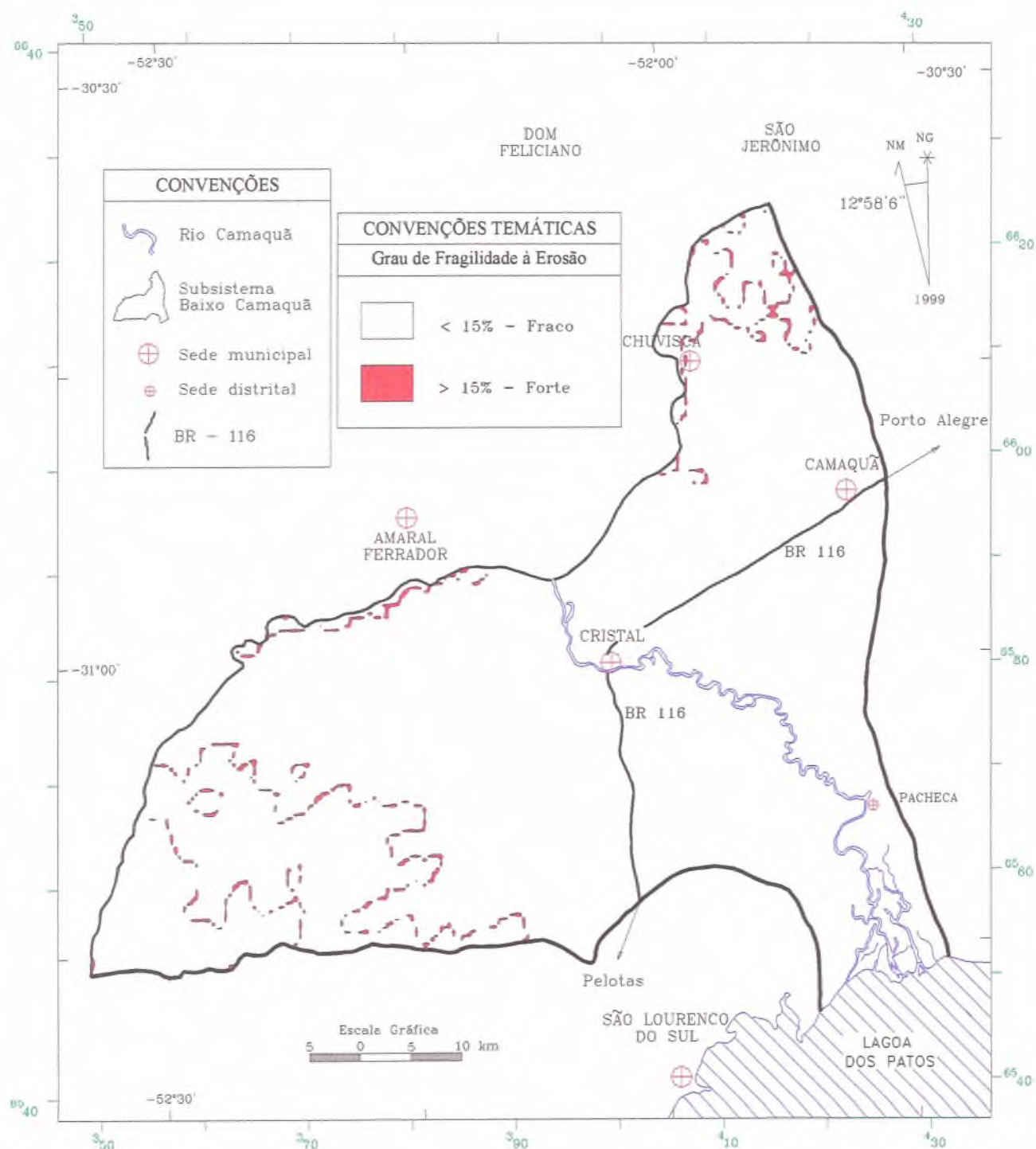


Figura 6.17 - Carta de fragilidade à erosão dos solos do SsBC

No SsBC, o relevo possui declividade predominante menor do que 10%.

Todas as áreas com declividade forte não são próprias para a agricultura e pastagem, devendo ser mantida a vegetação original, e os locais com exposição de solos devem ser reflorestados para evitar a rápida perda dos solos por erosão.

No SsBC o maior coeficiente orográfico é o da sub-bacia do arroio Duro/Sanga Formosa (126,9), e o menor é o do arroio Santa Isabel (18,7). Em nível de microbacias, o maior é da granja São Geraldo (147,6), e o menor é da ilha de Santo Antônio (0,2).

As maiores relações de relevo das sub-bacias do SsBC são as dos arroios Duro/Sanga Formosa e Evaristo (0,017); a menor é a do arroio Santa Isabel (0,011); e para as microbacias, a maior é a da granja São Geraldo (0,029), e a menor é a da ilha de Santo Antônio (0,003), corroborando os dados encontrados no coeficiente orográfico, anteriormente descrito.

O SsBC apresenta um índice de dissecação médio de 81,8. A sub-bacia de maior dissecação é a do arroio Duro/Sanga Formosa (214,9), e a de menor é a do arroio Santa Isabel (79,7). Em nível de microbacia, a maior é a do arroio Palanque (91,6) e a menor é a da ilha de Santo Antônio (8,5).

O índice de rugosidade permite analisar a capacidade de uso do solo, a fim de determinar as áreas conflitantes com o atual uso da terra.

O índice de rugosidade (*Ir*) de Melton (1957) integra a análise dimensional da topografia. O produto é adimensional, denominado coeficiente de rugosidade. Quanto mais baixo for o seu valor numérico, maior será o risco de erosão na sub-bacia.

A BHRC apresenta um valor médio do índice de rugosidade para suas sub-bacias de 0,16 e o SsBC apresenta valor superior de 0,21, mas se considerado e acrescido o valor das microbacias este valor médio decresce para 0,12.

O índice de rugosidade é conhecido nas publicações em inglês por *ruggdeness number*. Através deste, foi possível determinar e mapear a amplitude e os intervalos, segundo sete classes, conforme metodologia empregada e modificada de Sicco Smit, com uso potencial para agricultura, agricultura/pastagem, pastagem/agricultura, pastagem, pastagem/reflorestamento, reflorestamento/pastagem e reflorestamento de sub-bacias e microbacias hidrográficas. (Tabela 6.13). Este parâmetro corresponde à situação ideal de utilização, podendo apresentar as áreas conflituosas com a atual situação representada pelos dados dos levantamentos sócio-econômicos rurais de cada sub-bacia.

Tabela 6.13 - Mensuração dos índices das sub-bacias e microbacias do SsBC, segundo o índice de rugosidade: *I_r*

| Classificação | Sub-bacias/Microbacias | <i>Dd</i> (km/km ²) | <i>Hm</i> (km) | <i>I_r</i> |
|---------------|---------------------------|------------------------------------|-------------------|----------------------|
| IV A | Arroio Santa Isabel | 0,70 | 0,186 | 0,13 |
| IV B | Arroio Evaristo | 0,55 | 0,316 | 0,17 |
| IV C | Arroio do Sapato | 0,53 | 0,395 | 0,21 |
| IV D | Arroio Duro/Sanga Formosa | 0,63 | 0,488 | 0,31 |
| IVa | Ilha do Vianez | 0,47 | 0,070 | 0,03 |
| IVb | Ruínas | 0,31 | 0,074 | 0,02 |
| IVc | Granja São Geraldo | 0,32 | 0,188 | 0,06 |
| IVd | Arroio Palanque | 0,60 | 0,214 | 0,13 |
| IVe | Ilha de Santo Antônio | 0,41 | 0,025 | 0,01 |
| | Média/Somatório | 0,50/4,52 | 0,22/1,96 | 0,12/1,07 |

Estes valores apresentaram resultados mais otimizados com os estudos dos tipos de solos e podem ter um maior detalhamento, acompanhado das análises químicas e físicas de solos e pelos demais parâmetros apontados na cartografia temática (Tabela 6.14).

Tabela 6.14 - Classificação modificada de Sicco Smit para as sub-bacias e microbacias do SsBC, segundo o índice de rugosidade: *I_r*

| Classificação | Sub-bacias/Microbacias | <i>I_r</i> | Classificação |
|---------------|---------------------------|----------------------|-----------------------------|
| IV A | Arroio Santa Isabel | 0,13 | Pastagem/Agricultura |
| IV B | Arroio Evaristo | 0,17 | Pastagem |
| IV C | Arroio do Sapato | 0,21 | Pastagem/Reflorestamento |
| IV D | Arroio Duro/Sanga Formosa | 0,31 | Reflorestamento |
| IVa | Ilha do Vianez | 0,03 | Agricultura |
| IVb | Ruínas | 0,02 | Agricultura |
| IVc | Granja São Geraldo | 0,06 | Agricultura/Pastagem |
| IVd | Arroio Palanque | 0,13 | Pastagem/Agricultura |
| IVe | Ilha de Santo Antônio | 0,01 | Agricultura |
| | Média/Somatório | 0,12/1,07 | Pastagem/Agricultura |

O valor médio do subsistema, incluindo as sub-bacias e microbacias hidrográficas, reflete um uso médio para pastagem/agricultura. (Figura 6.18).

A principal produção atual do SsBC está estruturada em latifúndios representados pela orizicultura e em minifúndios com fumiicultura, milho, locais com plantio de eucaliptos, acácias, pinus, pastagens, criação de suínos, bovinos; secundariamente, ovinos e eqüinos e,

em determinadas áreas, tem-se o cultivo de milho e mandioca (Fotografias 6.41; 6.42; 6.43; 6.44).

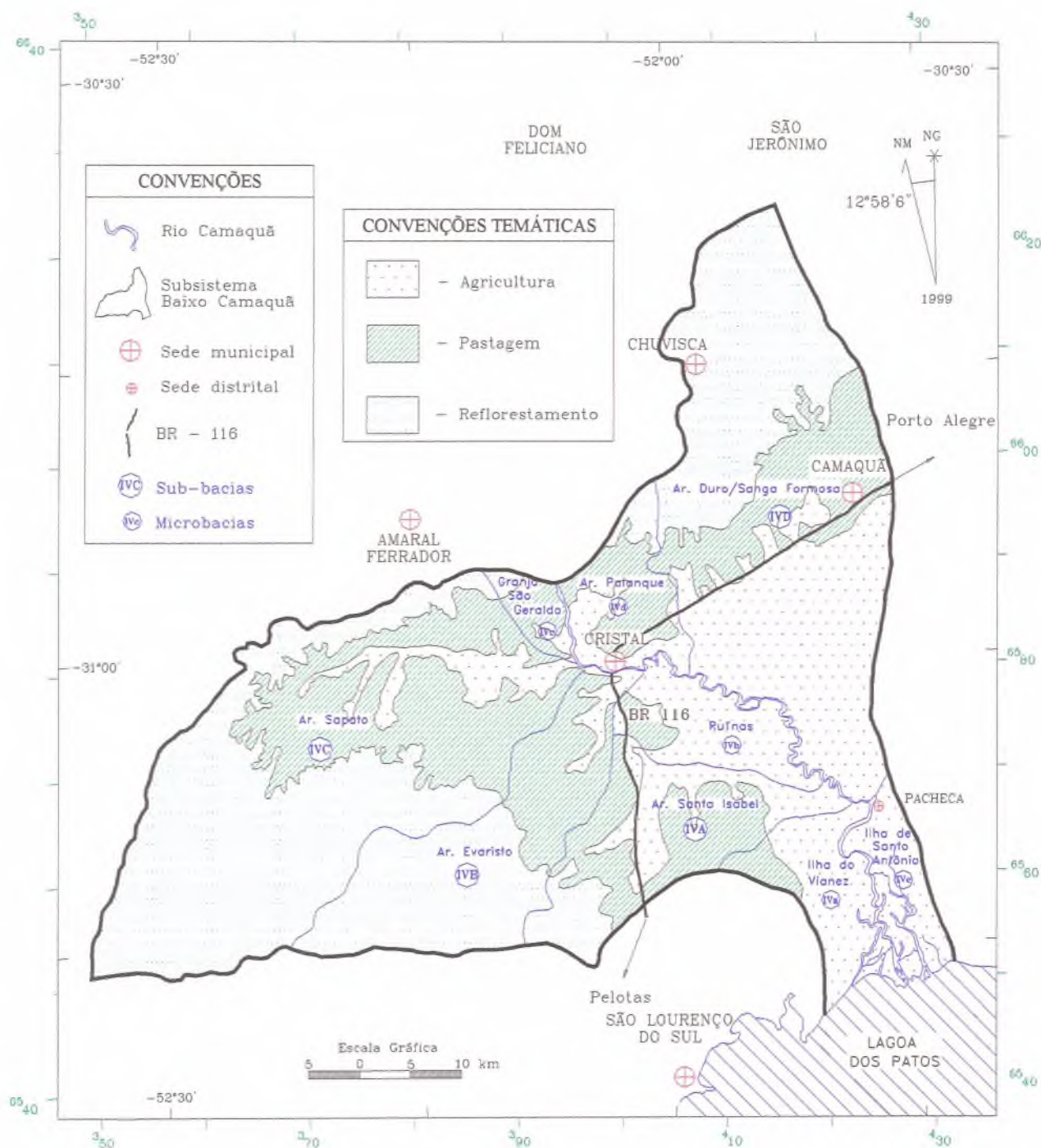


Figura 6.18 - Carta de capacidade de uso dos solos das sub-bacias e microbacias do SsBC

A orizicultura, em linhas gerais, situa-se junto à Planície Costeira e nos vales intermontanos, e a fomicultura, o milho e a soja sobre os Planaltos Rebaixados Marginais, atualmente sob a forma consorciada, com pastagens de azevém e aveia. Nova fonte de renda, em processo de instalação, vem a ser a piscicultura, situada, predominantemente, ao norte do

SsBC (Figura 6.19) (Fotografia 6.45).



**Fotografia 6.41 - Vista da orizicultura junto à região da Planície Costeira com uma área de 18.143ha. Ao fundo, os Planaltos Rebaixados Marginais com plantios de milho, fumo, acácia, eucalipto e pastagens. Vista de S-N.
Local: sub-bacia do arroio Duro/Sanga Formosa**



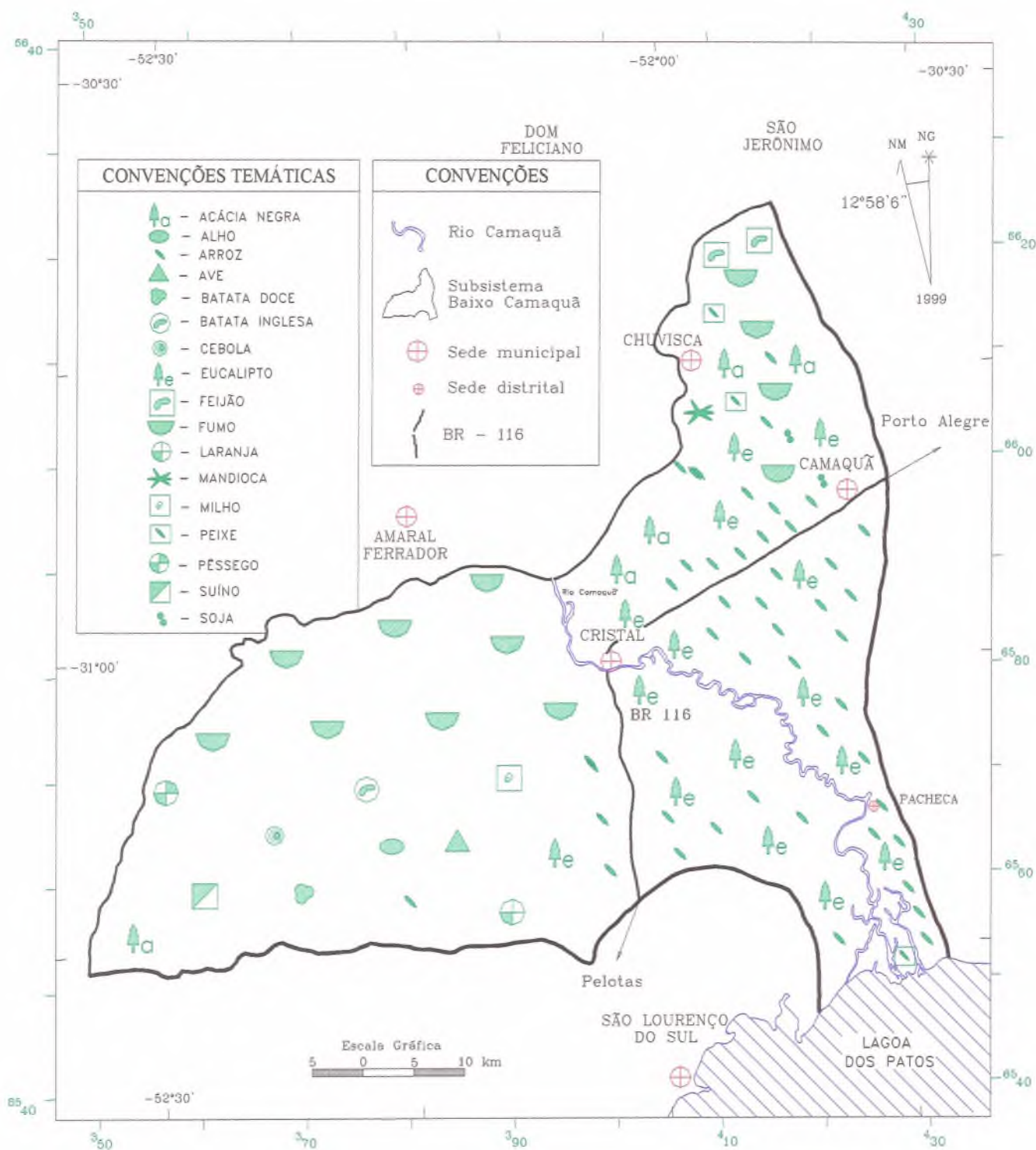
**Fotografia 6.42 - Vista da fumicultura que, com a orizicultura, possuem o maior valor agregado em relação ao milho.
Local: sub-bacia do arroio do Sapato**



**Fotografia 6.43 - Vista, em primeiro plano, do cultivo de milho com a maior extensão em área: 29.510ha; em segundo, presença de campo limpo utilizado para a criação de bovinos, ovinos, eqüinos e outros.
Local: sub-bacia do arroio Evaristo**



**Fotografia 6.44 - Vista, ao fundo, de plantação de soja e, em primeiro plano preparo da terra com curvas de nível para o plantio de fumo.
Local: sub-bacia do arroio Santa Isabel**



**Figura 6.19 - Carta pictográfica de uso atual dos solos do SsBC.
(Fonte: modificado de Frões, Hansen e Fensterseifer, 1996)**

Numa análise integrada, na escala de 1:250.000 da geomorfologia, declividade, geologia, tipo de vegetação, uso atual do solo e a capacidade de uso, o SsBC enquadra-se na classe agricultura (50%), pastagem (42%) e reflorestamento (8%).



**Fotografia 6.45 - Vista, ao fundo, de açude para piscicultura. Recuperação de uma antiga pedreira pela AUD.
Local: sub-bacia do arroio Duro/Sanga Formosa**

Com relação ao uso conflitivo dos solos, estes foram subdivididos em alto médio e baixo, resultado do cruzamento das cartas de capacidade de uso dos solos e a comparação com a pictográfica de uso atual, pois os dados censitários são municipais. Com isto, foi verificado um alto uso conflitivo dos solos na sub-bacia do arroio Evaristo e a microbacia do arroio Palanque; médio na maioria das sub-bacias restantes, dos arroios Santa Isabel, Sapato e Duro/Sanga Formosa; e nos demais locais baixos, tais como as microbacias da ilha do Vianez, Ruínas, granja São Geraldo e ilha de Santo Antônio. Portanto, o confronto das cartas temáticas mencionadas resultou na carta de uso conflitivo dos solos (Figura 6.20).

Os tipos de canais, segundo Dury (1970), que ocorrem no SsBC, são: meandrante, reto, deltaico, ramificado e irregular.

O deltaico ocorre na porção terminal do rio Camaquã, envolvendo parte das microbacias hidrográficas das ilhas do Vianez e de Santo Antônio, onde o fluxo se dá por distributários que atingem a lagoa dos Patos (Fotografia 6.46).

Os canais retos estão representados por aqueles trechos retilíneos do rio e geralmente estão associados à drenagem encaixada em fraturas, falhas ou lineamentos tectônicos que cortam litologias de mesma resistência. Estudos de Dury (1970) demonstram que os trajetos retos dos rios não ultrapassam 10 vezes o tamanho de sua largura (Fotografia 6.47).

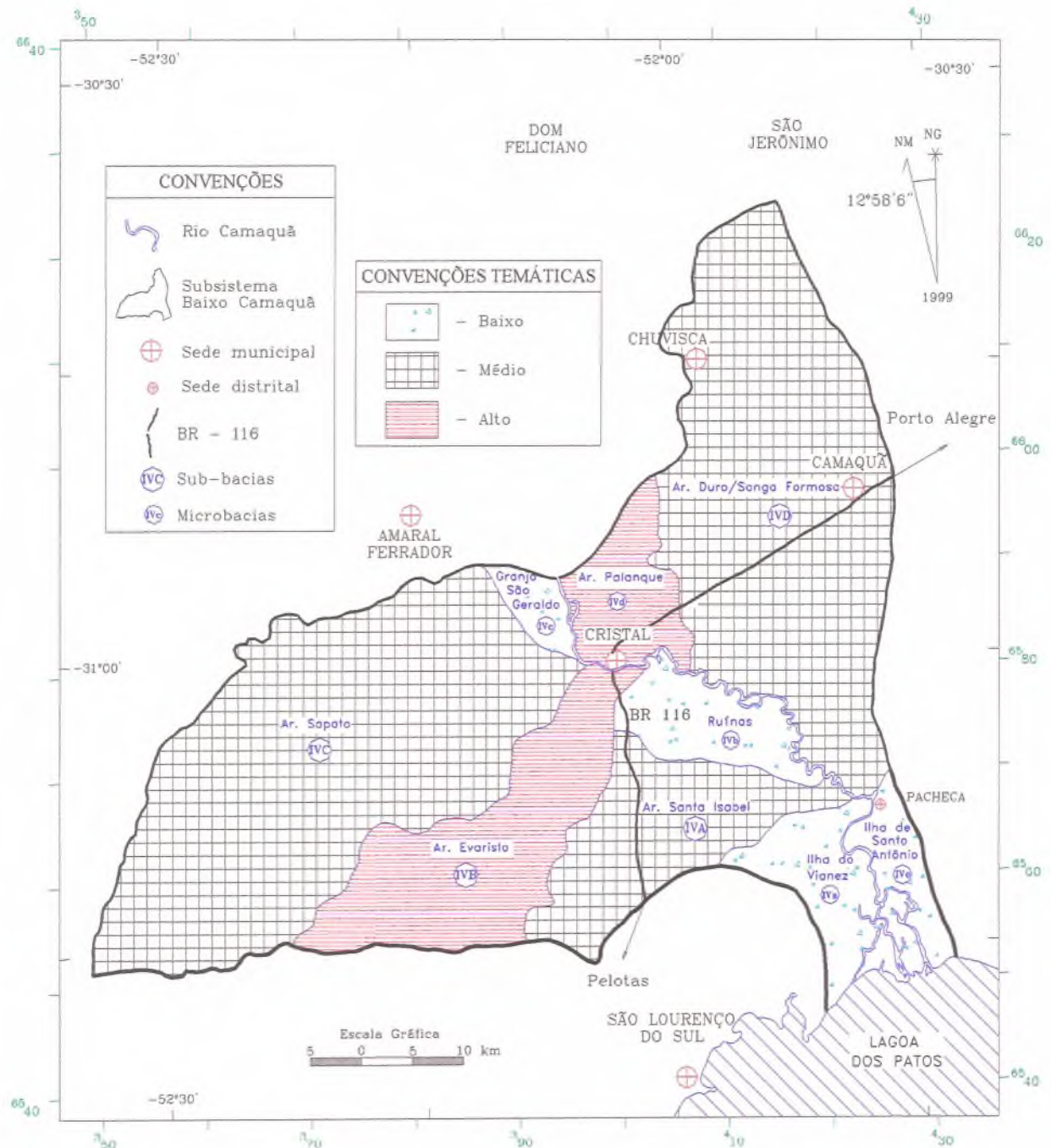


Figura 6.20 - Carta de uso conflitivo dos solos do SsBC

Os canais ramificados tendem a formar ilhas fluviais. Isto pode ser observado em Pacheca, junto ao local de captação d'água para irrigação, onde se tem uma ilha arenosa

(Fotografia 6.48).



Fotografia 6.46 - Vista aérea do delta do rio Camaquã com seus distributários.

Local: microbacias das ilhas do Vianez, à esquerda, e de Santo Antônio, à direita.

Fotografia: gentileza de Henrique C. Fensterseifer



Fotografia 6.47 - Vista do canal retilíneo abandonado, braço da Charqueada.

Local: microbacia da ilha de Santo Antônio



Fotografia 6.48 - Vista de um canal ramificado, com ilhas fluviais formadas nos períodos de estiagem. Nos pontos mais elevados, encontra-se fixada por vegetação. Local: entre as microbacias das ilhas do Vianez e de Santo Antônio

Os canais meândricos formam canais largos, curvos, semelhantes entre si e harmoniosos, onde o índice de sinuosidade é igual ou superior a 1,50 (Fotografia 6.49).



Fotografia 6.49 - Canal meandriforme, com vista para SE. Local: à esquerda, sub-bacia do arroio Duro/Sanga Formosa e, à direita, microbacia Ruínas

O índice de sinuosidade médio do SsBC é de 1,19. O rio Camaquã, em seu percurso dentro da área do subsistema, é considerado como meandriforme, pois o índice é de 1,50. Todas as sub-bacias e a microbacia da ilha do Vianez tendem a ser sinuosas, pois apresentam índices menores do que 1,50 e maiores do que a média de 1,19. As demais microbacias são consideradas com canais do tipo retilíneo.

No caso dos canais com carga sedimentar grosseira, eles são largos e rasos, com um baixo índice de sinuosidade; no caso dos canais com carga sedimentar fina em suspensão, o seu leito é estreito e profundo, com alto índice de sinuosidade. Portanto, meandramentos ocorrem a jusante, e os canais retos e anastomosados pertencem ao médio e alto curso do rio. Em função das condições climáticas, poderá haver meandramento em quase todo o trecho do rio (Fotografia 6.50).



Fotografia 6.50 - Canais largos e rasos com alta taxa de sedimentar e baixo índice de sinuosidade.

Local: à esquerda, microbacia da ilha de Santo Antônio e, à direita a da ilha do Vianez. Fotografia: gentileza de Henrique C. Fensterseifer

6.1.3.2 Hidrologia

Neste tópico, foram utilizadas informações relativas ao comportamento hidrológico do SsBC, dados sobre os níveis de água, suas vazões, precipitações, evaporações, escoamento

superficial e demais parâmetros climáticos necessários ao balanço hídrico da região (fórmula 4.6), apresentando a vazão média, vazão mínima de sete dias, vazão específica, curvas de permanência, vazão total e anual e vazão máxima regularizável, valores estes apresentados tanto para o ponto final da área em estudo quanto para suas sub-bacias. Também foram caracterizados os eventos críticos observados na série histórica (estiagens e cheias).

Os subsistemas médio inferior (III), médio superior (II) e alto Camaquã (I), integrantes da BHRC, contribuem na vazão do SsBC, através do seu amplo sistema de drenagens que alimenta o rio Camaquã. Este, por sua vez, deságua no delta lagunar, que é do tipo construtivo, com exutório na lagoa dos Patos, seguindo para o estuário de Rio Grande e, finalmente, flui para o Oceano Atlântico. Ao longo desta interação e fluxo, a precipitação pluvial é em parte evaporada, evapotranspirada, infiltrada, e o restante é escoado. (Figura 6.21).

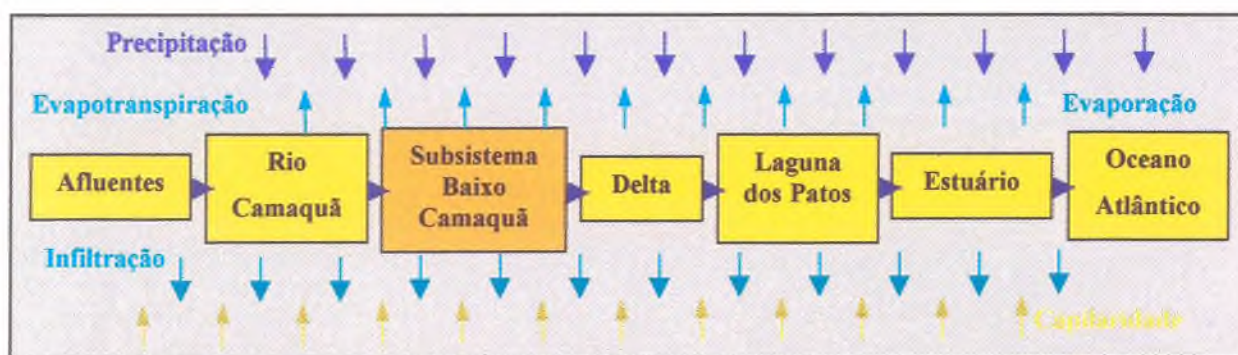


Figura 6.21 - Modelo dos componentes básicos do ciclo hidrológico, envolvendo o SsBC e arredores

Os tributários do sistema Camaquã que fluem no SsBC são formados por três subsistemas, 25 sub-bacias hidrográficas e várias microbacias. Os subsistemas Altos Camaquã possuem uma área de 3.072km²; o Médio Camaquã Superior tem 1.198km²; o Médio Camaquã Inferior com 7.421km²; e as microbacias possuem 2.750km², totalizando uma área contribuinte de 14.441km².

A subdivisão do SsBC foi apresentada anteriormente, envolvendo quatro sub-bacias e cinco microbacias.

Na bacia do arroio Duro/Sanga Formosa, situa-se a barragem do arroio Duro, com a finalidade de abastecer a maior parte da cidade Camaquã pertencente ao SsBC e irrigar, por meio de uma série de canais, as lavouras de arroz, ou seja, é aquela que apresenta o maior impacto antrópico com derivações das drenagens coordenadas pela Associação dos Usuários do Perímetro de Irrigação do Arroio Duro-AUD (Fotografias 6.51; 6.52).



**Fotografia 6.51 - Vista parcial do vertedouro da barragem do arroio Duro que alimenta os canais.
Local: sub-bacia do arroio Duro/Sanga Formosa**



**Fotografia 6.52 - Canais de irrigação com elevatórias para redistribuição, com novas tomadas d'água.
Local: microbacia Ruínas**

A precipitação anual na bacia de aporte ao Passo do Mendonça apresentou valores inferiores a 1000mm em 1988 e 89, caracterizando-se como períodos de severa seca; e acima de 1700mm em 1972, 77 e 87, com um valor médio em torno de 1400mm (Anexo A6).

Os dados fluviométricos apresentaram consistência com os postos do subsistema Médio Camaquã Inferior (Porto Tarumã e Passo do Marinheiro), denominados contribuintes ao subsistema Baixo Camaquã, onde se situa o posto do Passo do Mendonça.

Não se têm registros fluviométricos para as porções baixas do SsBC, próximas à desembocadura do delta do rio Camaquã, na lagoa dos Patos.

Os coeficientes de escoamento superficiais médio mensais para os subsistemas contribuintes do SsBC e Passo do Mendonça são apresentados na Tabela 6.15 a seguir:

Tabela 6.15 - Coeficientes de escoamento médios mensais

| Escoamento Meses | Média mensal dos postos contribuintes | Passo do Mendonça |
|-----------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------|
| <i>Janeiro</i> | 0,18 | 0,17 |
| <i>Fevereiro</i> | 0,25 | 0,25 |
| <i>Março</i> | 0,16 | 0,25 |
| <i>Abril</i> | 0,42 | 0,47 |
| <i>Maió</i> | 0,39 | 0,36 |
| <i>Junho</i> | 0,59 | 0,55 |
| <i>Julho</i> | 0,78 | 0,71 |
| <i>Agosto</i> | 0,88 | 0,82 |
| <i>Setembro</i> | 0,56 | 0,54 |
| <i>Outubro</i> | 0,47 | 0,48 |
| <i>Novembro</i> | 0,43 | 0,43 |
| <i>Dezembro</i> | 0,26 | 0,27 |
| <i>Anual</i> | 0,47 | 0,45 |

(Fonte: a partir dos dados do DNAEE e CEEE)

O escoamento apresenta coeficiente muito elevado; por isto, o trabalho foi desenvolvido com valores incrementais médios dos dois postos anteriores.

As características hidrológicas referentes à série de 29 anos (1964 - 1992) demonstram o regime de escoamento do SsBC e a restituição da vazão natural, através dos dados de precipitação e vazão, os quais possuem uma ampla abrangência. Para os dados relativos à evaporação, foi utilizada uma série menor com 19 anos (1964 - 1982), e situa-se nas vizinhanças do SsBC. Quando necessários, foram preenchidos os dados dos postos por correlação (Anexo A7).

Os dados de precipitação do posto Passo do Mendonça, situado dentro do SsBC analisados juntamente com as vazões para o período de 1964 até 1992, permitem observar a correlação sazonal entre as chuvas e o escoamento superficial (Figura 6.22) (Anexo A8).

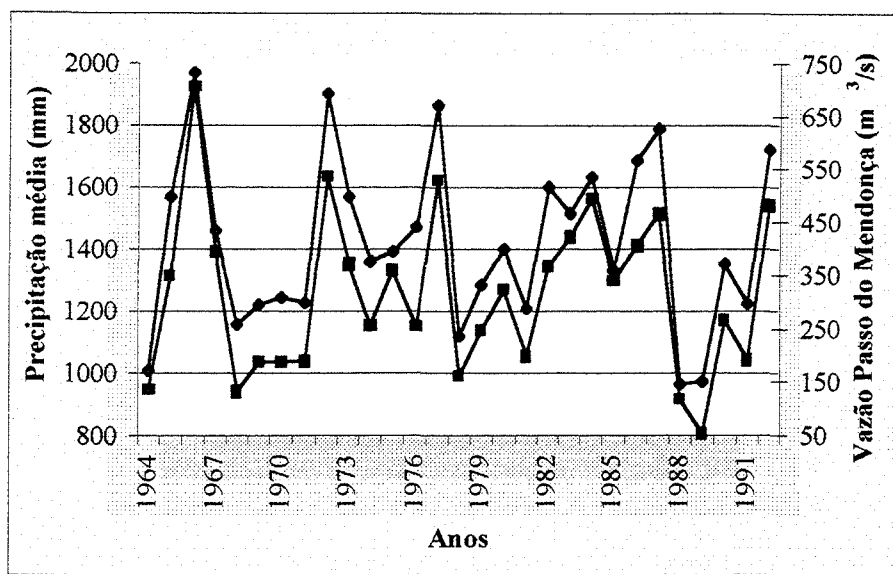


Figura 6.22 - Precipitações para BHRC e vazões médias anuais no Passo do Mendonça. (Fonte: dados do DNAEE e da CEEE)

As precipitações médias anuais máximas atingiram 1.970mm em 1966, e a mínima, 967mm, em 1988, com uma média de 1.373,3mm para a série pluviométrica analisada de 29 anos. A vazão média anual mensal mais elevada é relativa ao mês de julho (inverno), com $436,0\text{m}^3/\text{s}$, e a menor corresponde a janeiro (verão) com $79,2\text{m}^3/\text{s}$, e o valor médio para as séries fluviométricas analisadas é de $220,4\text{m}^3/\text{s}$.

Segundo o Cadastro de Usuários de Água-ECOPLAN (1998), a retirada direta da água a partir do rio Camaquã para irrigação da orizicultura apresenta, para o período de dezembro a março, uma média para o consumo de $1,8\text{L}/\text{s}/\text{ha}$. Acima de Cristal, onde se situa o posto do Passo do Mendonça, existe um déficit em determinados anos, podendo se refletir em futura escassez, pois a retirada é da ordem de $19\text{m}^3/\text{s}$, e as vazões históricas mínimas variam de $10\text{m}^3/\text{s}$ a $30\text{m}^3/\text{s}$.

Com a orizicultura, que teve início nos anos 50, o incremento de ocupação da área mais que duplicou, estabilizando-se a partir de 1975, considerado como 100%, com pequenas variações em torno de um ponto médio até 1992, que se assemelha ao valor médio encontrado para o RS (modificado da ECOPLAN, *op. cit.*). No gráfico de 1964 a 1992, houve a duplicação da safra. A evolução aproximada de áreas cultivadas auxilia na restituição das séries de vazões do SsBC (Figura 6.23).

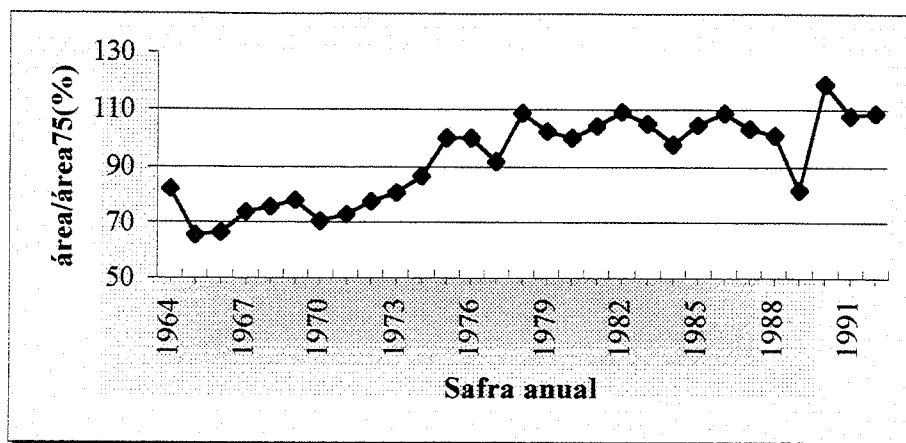


Figura 6.23 - Aspectos evolutivos relativos à irrigação estimada no SsBC.
(Fonte: dados da AUD)

Segundo informações verbais de técnicos da AUD, no início do mês de dezembro, ocorre o enchimento das várzeas com plantação de arroz, com vazões mais elevadas ao longo desse meio mês, para mais tarde usar uma vazão menor de manutenção, de dezembro a março.

A vazão média retirada é de 1,96L/s/ha, sendo 3,6L/s/ha no enchimento e 1,70L/s/ha depois, com uma vazão de retorno média de 0,29L/s/ha.

O valor de vazão média de restituição, acrescida à lida para a obtenção da vazão natural, para o posto do Passo do Mendonça, situado em Cristal, é de 18,89m³/s.

Os dados referentes à vazão específica e estimada podem ser observados na Tabela 6.16 abaixo:

Tabela 6.16 - Área de contribuição, vazão média e específica

| Posto | área (km ²) | Qm (m ³ /s) | qe (L/s/km ²) |
|---------------------------------|-------------------------|------------------------|---------------------------|
| Passo do Cação | 4.098 | 88 | 21,47 |
| Porto Tarumã | 8.788 | 156 | 17,75 |
| Passo do Marinheiro | 9.860 | 170 | 17,24 |
| Bacia incremental | 6.854 | 150 | 21,89 |
| Entrada do SsBC estimada | 14.441 | 267 | 18,49 |
| Passo do Mendonça | 15.540 | 304 | 19,56 |
| Foz do Camaquã estimada | 17.448 | 320 | 18,34 |

(Fórmula: 4.1)

A relação entre a área e a vazão dos postos apresentados na Tabela 6.16 possui uma tendência linear média apontada pela reta de cor vermelha, com R² de 0,98. Através desta linha, foi possível estabelecer, para o ponto de entrada no SsBC, linha verde, uma vazão média estimada de 267±5,34m³/s e projetar para a foz do rio Camaquã, linha azul, o valor médio de 320±6,4m³/s, pois faltam estações fluviométricas a partir do Passo do Mendonça em direção ao delta (Figuras 6.24; 6.25; 6.26).

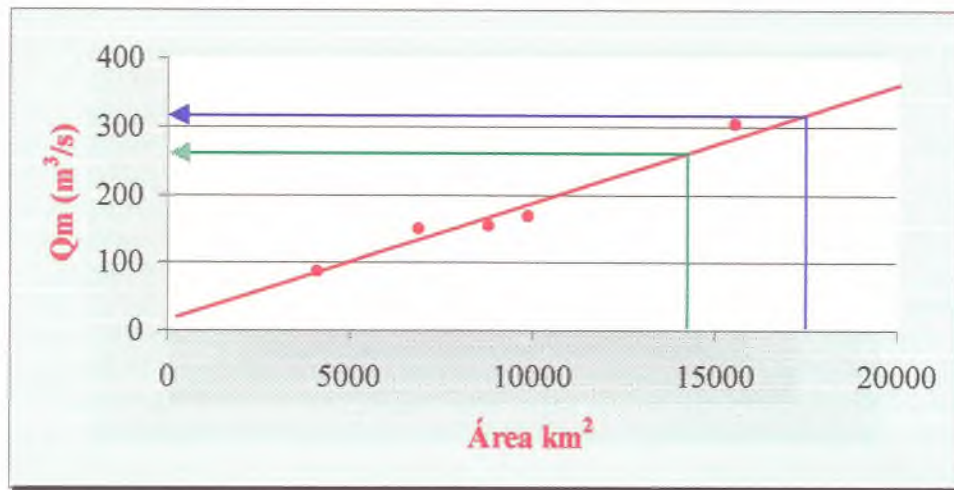


Figura 6.24 - Relação entre a vazão média e a área do posto fluviométrico para BHRC. Em azul: vazão estimada junto ao delta do rio Camaquã; e, em verde, na entrada do SsBC. Fonte: Modificado da ECOPLAN (1998)

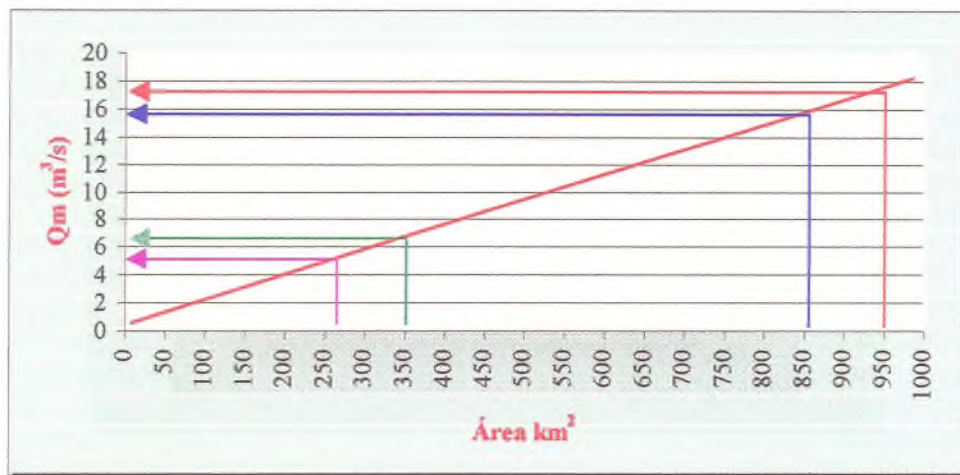


Figura 6.25 - Relação entre a vazão média e a área das sub-bacias do SsBC. Em magenta: sub-bacia do arroio Santa Isabel; em verde: Evaristo; em azul: arroio Duro/Sanga Formosa; e em vermelho: arroio do Sapato

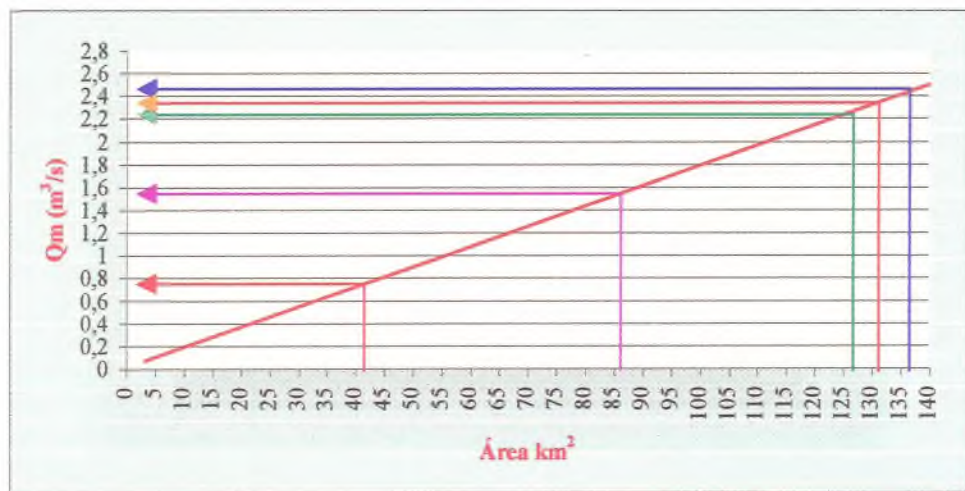


Figura 6.26 - Relação entre a vazão média e a área das microbacias do SsBC. Em vermelho: microbacia da granja São Geraldo; em magenta: ilha de Santo Antônio; em verde: ruína; em vermelho: arroio Palanque; e em azul: a ilha do Vianez

A equação da reta referente às figuras 6.24, 6.25 e 6.26, é dada pela fórmula (6.1) e Tabela 6.17 a seguir:

$$y = 0,01786x + 0 \quad (6.1)$$

Tabela 6.17 - Vazão estimada a partir dos gráficos de vazão média sobre área para as sub-bacias e microbacias do SsBC

| Sub-bacias/Microbacias | Área (km ²) | Vazão estimada (m ³ /s) |
|---------------------------|-------------------------|------------------------------------|
| Arroio Santa Isabel | 272 | 5,0 |
| Arroio Evaristo | 356 | 6,5 |
| Arroio do Sapato | 966 | 17,2 |
| Arroio Duro/Sanga Formosa | 866 | 15,6 |
| Ilha do Vianez | 136 | 2,5 |
| Ruínas | 127 | 2,3 |
| Granja São Geraldo | 41 | 0,7 |
| Arroio Palanque | 131 | 2,3 |
| Ilha de Santo Antônio | 86 | 1,7 |

As vazões mínimas com ano hidrológico (1° de junho - 31 de maio) se efetivaram pela determinação da vazão média de 7 dias, com 10 anos de tempo de retorno (Q₇₋₁₀), foram ajustadas através de uma distribuição estatística LogNormal (Tabela 6.18).

Tabela 6.18 - Vazão mínima de 7 dias de duração (m³/s) e vazão específica (L/s/km²) para distintos tempos de retorno

| Posto | Tempo de Retorno | | | | Média |
|-------------------|------------------|-------|-------------------------|-------------------------|-------|
| | 2 | 5 | 10 (Q ₇₋₁₀) | 10 (q ₇₋₁₀) | |
| Passo do Mendonça | 29,50 | 21,10 | 17,70 | 1,13 | 14,10 |

À vazão máxima, foi ajustada a uma distribuição estatística Log-Pearson III à série anual, envolvendo o posto Passo do Mendonça (Fórmulas 4.2; 4.3).

Os valores das vazões máximas anuais, para vários tempos de retorno do posto Passo do Mendonça, são apresentados na Tabela 6.19.

Tabela 6.19 - Vazões máximas anuais (m³/s) para vários tempos de retorno

| Posto | Tempo de retorno (anos) | | | | |
|-------------------|-------------------------|------|------|------|------|
| | 2 | 5 | 10 | 20 | 50 |
| Passo do Mendonça | 2800 | 3800 | 4350 | 4650 | 5210 |

A vazão média de cheia, definida como a média das vazões máximas, é igual à vazão com dois anos de tempo de retorno.

A análise foi feita com o posto Passo do Mendonça. No caso das correlações individuais, entre os valores mensais e diários, o valor de R^2 foi da ordem de 0,99 para permanências superiores a 20%, o que abrange toda a faixa de interesse, que se situa nos valores com permanências de 50% ou mais. Isto se deve à alta correlação encontrada para o posto Passo do Mendonça, pois este inclui os valores de vazão a montante, chamado de bacia incremental. Com estes resultados, foi plotada a curva de permanência das vazões específicas, multiplicando pela área as vazões da bacia incremental (Fórmulas 4.4; 4.5).

Os valores de vazões e vazões específicas para diferentes percentuais de tempo em que a vazão é maior ou igual são apresentados na Figura 6.27 a seguir:

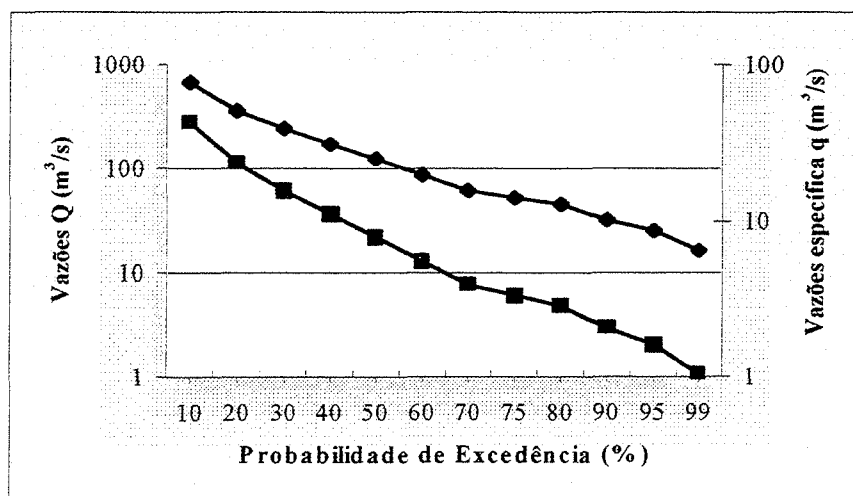


Figura 6.27 - Curvas de permanência de vazões e vazões específicas versus probabilidade de excedência para o posto Passo do Mendonça. (Fonte: dados do DNAEE)

Segundo Tucci (2000), esta técnica é usada para abastecimento de água, produção de energia elétrica, navegação, irrigação e diluição de dejetos, de acordo com as peculiaridades atinentes a cada uma.

Os dados relativos à evaporação mínima, média e máxima podem ser observados no gráfico a seguir (Figura 6.28):

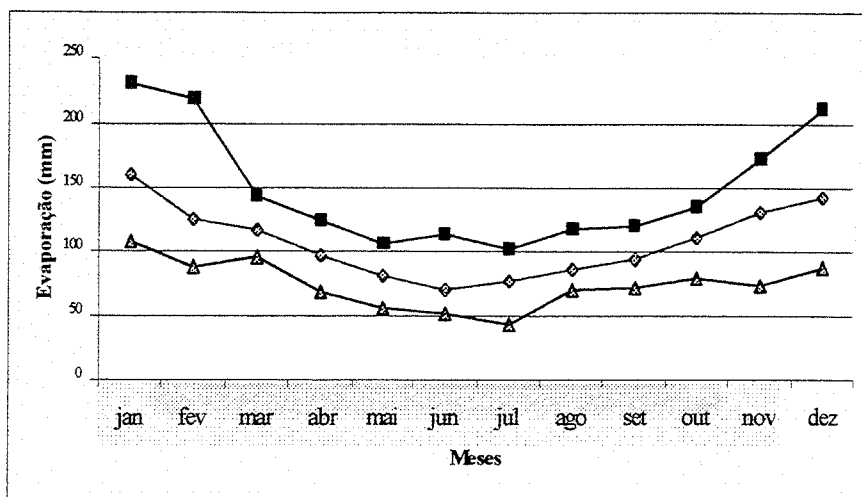


Figura 6.28 - Evaporação mensal mínima (em azul), média (em verde) e máxima (em vermelho) para os postos evaporimétricos de Bagé, Candiota e Pinheiro Machado, para uma série temporal de 19 anos. (Fonte: dados da CEEE e DNOS)

A maior evaporação média ocorre no mês de janeiro, e a mínima, no mês de junho.

Os valores para os déficit máximos, médios e mínimos da evaporação podem ser observados na Figura 6.29.

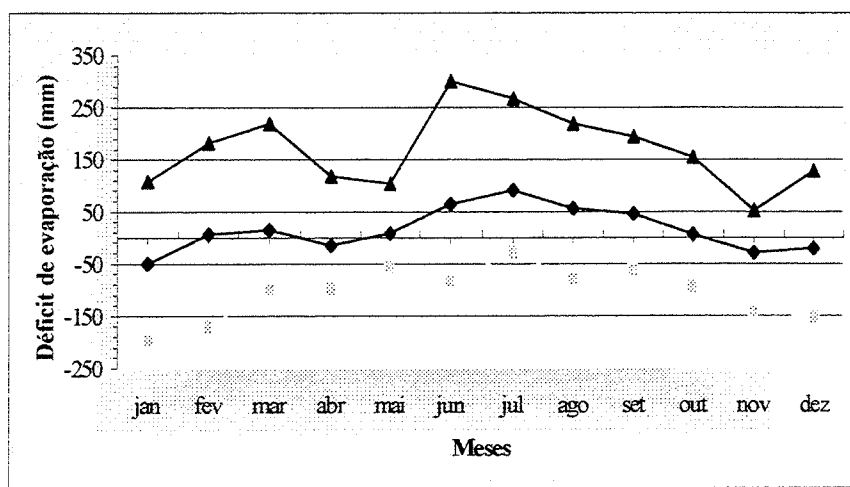


Figura 6.29 - Déficit mensal médio da evaporação para o Passo do Mendonça para os anos de 1964 a 1982. Em vermelho, o déficit máximo; em azul, o médio; e em verde, o déficit mínimo de evaporação

O déficit máximo de evaporação mensal média dos 19 anos analisados ocorre nos meses de junho e julho, e o déficit mínimo mensal médio é relativo aos meses de janeiro, novembro e dezembro. Estes dados estão de acordo com os apresentados na Figura 6.30.

Os valores de armazenamento médio mensal, no histograma, em vermelho, e os coeficientes de variação no diagrama de linha, em azul, são apresentados na Figura 6.29. Os

valores mensais de armazenamento e de déficit de evaporação são apresentados nos anexos A9 e A10 respectivamente.

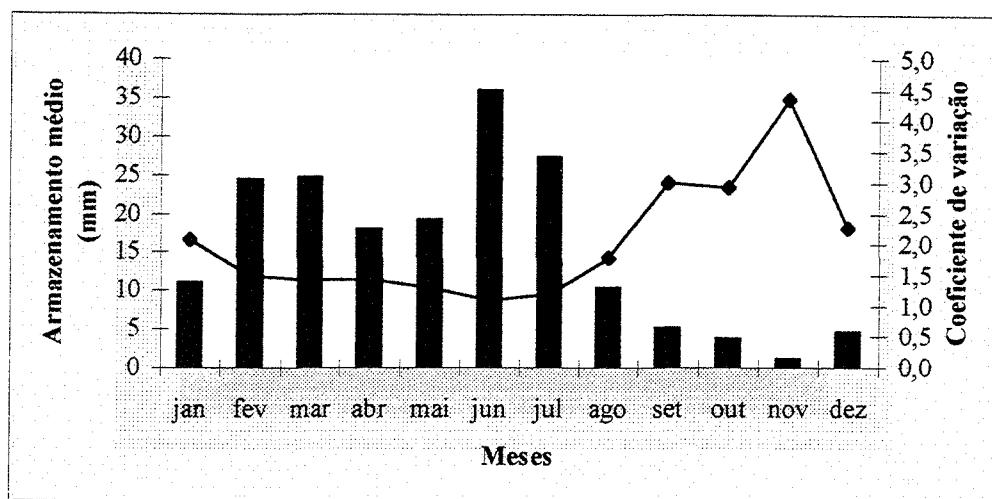


Figura 6.30 - Armazenamento médio mensal para os anos de 1964 a 1982 e respectivo coeficiente de variação

O maior armazenamento médio mensal ocorre nos meses de junho e julho, e o menor em novembro, corroborando os valores do coeficiente de variação ou variância situadas na curva de cor azul.

Os dados numéricos e de localização para a elaboração da análise das secções transversais do rio Camaquã foram modificados das doze secções ortogonais entre o posto fluviométrico Passo do Marinheiro, situado a 77,5km da lagoa dos Patos, do relatório relacionado com o estudo dos polderes da ECOPLAN (1987). O percurso do rio real não condiz com os dados apresentados no relatório, que é de 56,8km; portanto, foram corrigidas as mensurações.

O modelo hidrodinâmico utilizado permite observar o comportamento da vazão de jusante.

A irrigação do cultivo de arroz na região baixa do SsBC, nas proximidades do rio Camaquã, se processa somente em determinadas épocas do ano, pois o remanso ocasionado pela lagoa dos Patos ocasiona a salinização, tornando a água, muitas vezes, imprópria para o consumo e irrigação.

A análise do remanso foi feita para cotas na laguna em 2,0m e 4,5m, segundo dados do IBGE, abrangendo os valores máximos e mínimos de influências sazonais e gravitacionais (Figura 31).

A influência da lagoa dos Patos sobre o rio Camaquã atinge distâncias variáveis entre 45km, situados entre as seções 3 e 4 da Figura 6.32 e 55km (próximo à seção 5), dependente da altitude do nível médio da água da lagoa, em função das variações das marés, intensidade e direção dos ventos. A maior diferença de nível ocorre com a maior coluna d'água da lagoa e com a menor vazão do rio. Combina uma ação da atração gravitacional com a mudança do nível médio da lagoa, com o período de maior estiagem durante o verão. Com os aumentos, relativamente, rápidos do nível da lagoa dos Patos, pode acontecer inversão de fluxo, formando um ria, onde até os últimos 24km (próximo à seção 8) do rio Camaquã pode haver a interdigitação das águas salobras e doces, tornando-as impróprias, temporariamente, para o consumo e utilização. Além do mais, faz com que a fauna e a flora sejam modificadas, neste período.

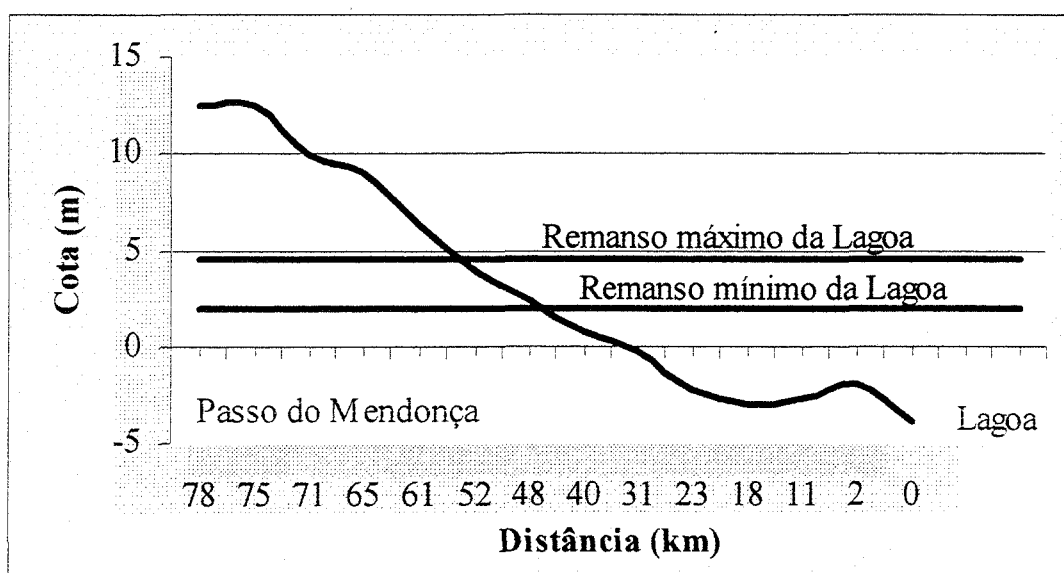


Figura 6.31 - Perfil da calha do rio Camaquã de Passo do Mendonça até a lagoa dos Patos, com os níveis de remanso máximo e mínimo da lagoa.
(Fonte: dados de remanso do IBGE)

6.1.3.2.1 Classificação do rio Camaquã quanto à qualidade da água

Junto ao SsBC, não existem coletas sistemáticas visando ao monitoramento, exceto aquelas desenvolvidas de 1994 até 1996 pelo projeto "Caracterização, Diagnóstico e Planejamento da Bacia de Drenagem do Rio Camaquã", convênio UNISINOS/PADCT/FINEP, e nas proximidades em outras sub-bacias realizadas pelo trabalho da ECOPLAN (1998).

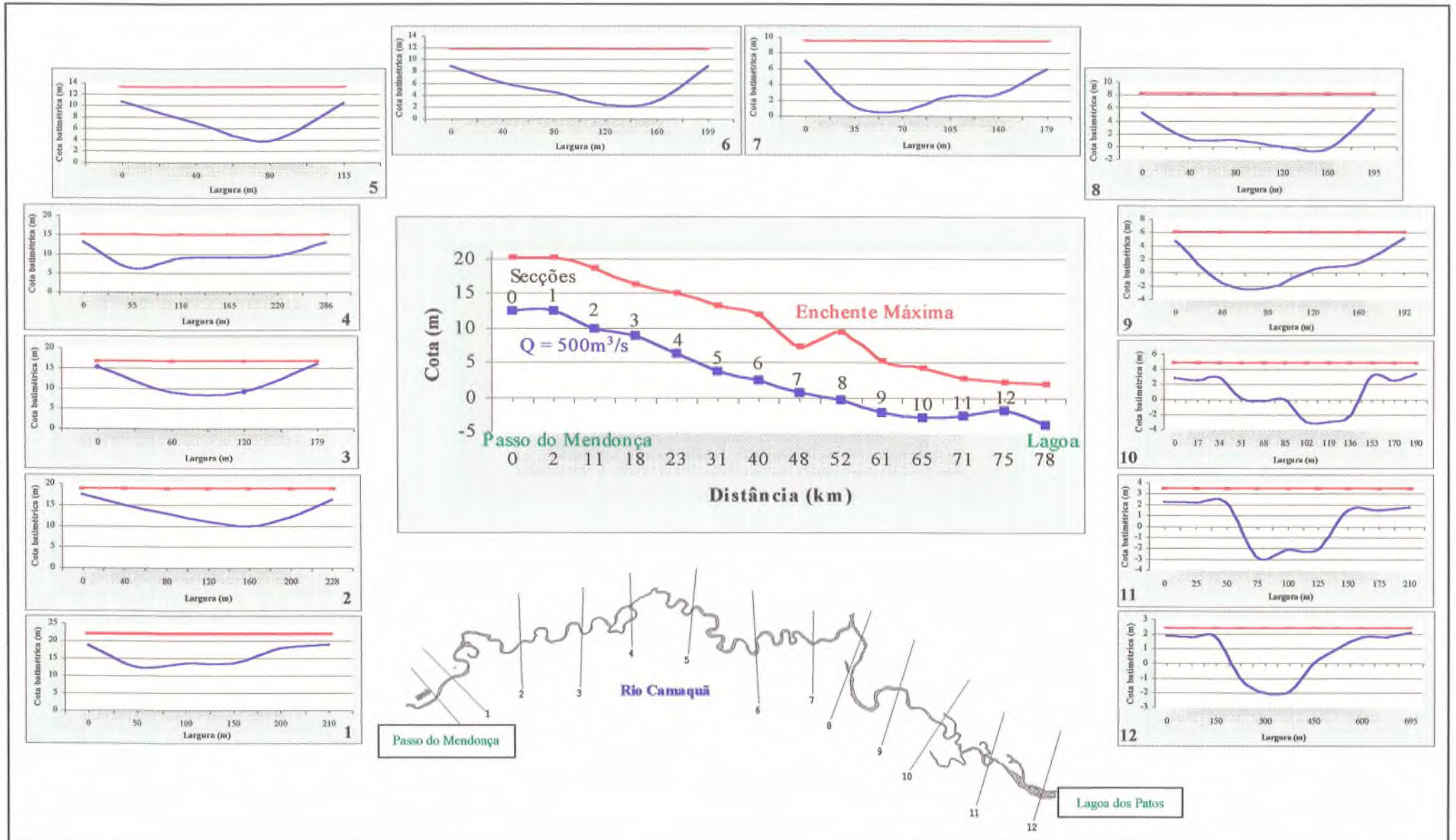


Figura 6.32 - Os gráficos menores são secções transversais da calha do rio, referentes ao perfil de declive longitudinal do Passo do Mendonça à lagoa dos Patos. Em azul, com vazão de $500 \text{ m}^3/\text{s}$; e em vermelho, mostra o nível das enchentes históricas máximo. Fonte: Modificado da ECOPLAN (1987)

6.1.3.2.1.1 Dados referentes aos pontos de coleta da água

As estações de coleta das amostras de água são relativas a quatro locais pré-selecionados, a seguir caracterizados:

Estação: Cristal;

Localização: ponte da rodovia BR-116 (Camaquã-Cristal-Pelotas) (Fotografia 6.53);

Série histórica: não existe.

Principais fontes potencialmente poluidoras:

- a) Arroio do Sapato: drena todo centro-oeste do SsBC, desembocando um pouco antes da cidade de Cristal (6.617 hab., censo de 1998);
- b) Bacia de contribuição, referente aos demais subsistemas que compõem a BHRC, com 14.441km²:
 - esgotos domésticos, pluviais e lixo de Cristal;
 - efluentes industriais de pequenas e médias empresas;
 - pesticidas e herbicidas das sub-bacias e microbacias contribuintes.

Principais usos atuais da água:

- proteção das comunidades aquáticas;
- pesca amadora;
- turismo;
- balneários;
- navegação.

Estação: Pacheca;

Localização: passo da Pacheca, subdistrito de Camaquã (Fotografia 6.54);

Série histórica: não existe.

Principais fontes potencialmente poluidoras:

- a) Arroio Duro/Sanga Formosa: drena todo setor de NE-SE do SsBC, com um amplo sistema de canais de irrigação;



**Fotografia 6.53 - Vista do local de coleta das amostras de água sobre a ponte em Cristal, sobre a BR-116.
Local: microbacia do arroio Palanque**



**Fotografia 6.54 - Local de coleta d'água no passo da Pacheca, subdistrito de Camaquã.
Local: microbacias das ilhas de Santo Antônio, em primeiro plano, e do Vianez, do outro lado do rio**

b) Bacia de contribuição, referente à sub-bacia do arroio Duro/Sanga Formosa, de 866km², e a do arroio Santa Isabel, com 272km², totalizando 1.138km²:

- esgotos domésticos, pluviais e cloacais;
- lixo da cidade de Camaquã;
- efluentes industriais de pequenas e médias empresas;
- fertilizantes e agrotóxicos utilizados, principalmente, na orizicultura.

Principais usos atuais da água:

- proteção das comunidades aquáticas;
- abastecimento;
- pesca amadora;
- turismo;
- balneários.

Estação: arroio do Sapato;

Localização: ponte sobre o arroio do Sapato (Fotografia 6.55);

Série histórica: não existe.

Principais fontes potencialmente poluidoras:

- a) O arroio sapato é o que apresenta a maior área das sub-bacias do SsBC, com 966 km².
- esgotos domésticos;
 - fertilizantes e agrotóxicos utilizados, principalmente, na fomicultura e plantio de milho.

Principais usos atuais da água:

- proteção das comunidades aquáticas;
- abastecimento;
- mineração de areia clandestina.

Estação: arroio Duro;

Localização: na desembocadura da barragem do arroio Duro (Fotografia 6.56).



**Fotografia 6.55 - Ponto de coleta de amostra de água sobre a ponte do arroio do Sapato.
Local: sub-bacia do arroio do Sapato**



**Fotografia 6.56 - Estação de coleta de águas sobre o arroio Duro/Sanga Formosa a jusante da barragem. Ao fundo, vista parcial da cidade de Camaquã.
Local: sub-bacia do arroio Duro/Sanga Formosa**

Principais fontes potencialmente poluidoras:

- 1 Arroio Duro/Sanga Formosa: drena todo setor de NE-SE do SsBC, com um amplo sistema de canais de irrigação.
- 2 Bacia de contribuição, referente à sub-bacia do arroio Duro/Sanga Formosa de 866km²:
 - esgotos domésticos;
 - agricultura e pecuária;
 - fertilizantes e agrotóxicos utilizados na fomicultura, plantio de milho e pastagens.

Principais usos atuais da água:

- proteção das comunidades aquáticas;
- abastecimento público;
- irrigação;
- pesca amadora;
- turismo;
- lazer;
- balneários.

6.1.3.2.1.2 Análise e interpretação dos resultados da água

A seguir, serão apresentados os principais índices relacionados com a Resolução do CONAMA n° 20/86. Os demais dados obtidos encontram-se na tabela junto ao Anexo A11.

6.1.3.2.1.2.1 Temperatura

A oscilação de temperatura da água se deve às condições meteorológicas vigentes no instante de coleta da amostra ou da introdução de efluentes industriais, como descargas de efluentes de destilarias e torres de resfriamento.

As temperaturas elevadas podem ocasionar ações maléficas ao corpo de água, tais como:

- minimizar a solubilidade do oxigênio dissolvido;
- propiciar o crescimento de organismos que proporcionam gosto e odor na água;
- aumentar o metabolismo, respiração e demanda de oxigênio das vidas aquáticas;
- ampliar a toxicidade de muitas substâncias.

Visando à potabilidade da água, a temperatura em torno de 10°C é geralmente satisfatória.

No uso de desinfetantes, o seu efeito bactericida é maximizado com temperaturas mais elevadas, em função da maior capacidade de diluição do meio. No caso da utilização de cloro, uma temperatura de 40°C é nove vezes menor do que a água a 8°C. Porém, substâncias, como cianeto, fenol, xileno e zinco, mostram-SE mais tóxicas a temperaturas mais altas.

No caso de peixes, a capacidade de suporte fica em 39°C (Figura 6.33).

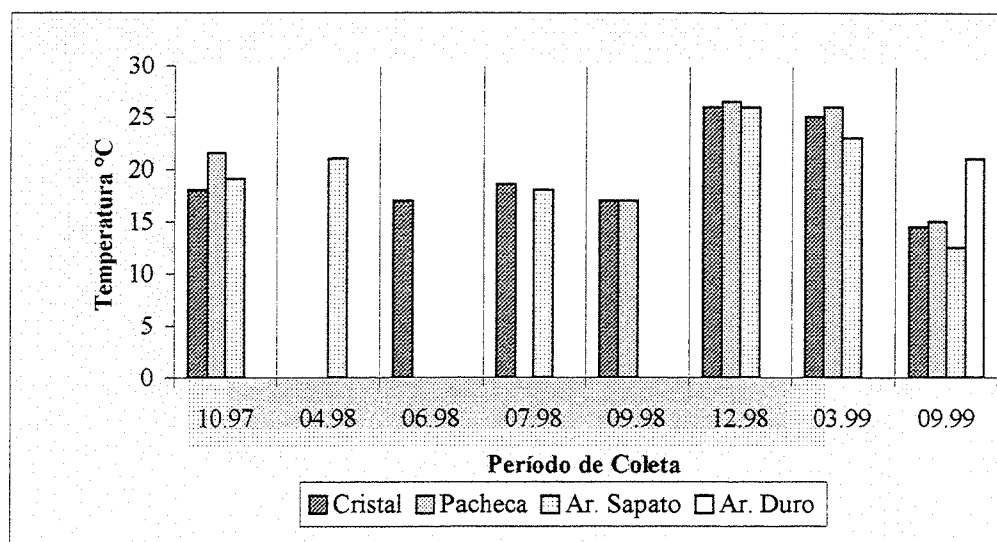


Figura 6.33 - Histograma espaço-temporal a partir dos dados de temperatura do SsBC

Os resultados da temperatura referentes às águas doces amostradas foram bons, pois flutuaram de 12,5°C (relativo ao inverno no arroio do Sapato, ponto 01) até 26,5mg/L O₂ (relativo ao verão em Pacheca, ponto 03). A média dos dados do arroio Sapato ficou em 19,9°C; de Cristal, em 19,4°C; de Pacheca, em 21,2°C; e do arroio Duro, em 21,0°C.

A média geral se situou em 20,4°C. Na campanha da primavera os teores variaram de 18,0°C, no ponto 02, a 21,5°C, no ponto 03. No verão, foi de 23°C, no ponto 01, a 26,5°C, no ponto 03. No outono, foi de 17°C, no ponto 02, a 21, no ponto 01. No inverno, foi de 12,5°C, no ponto 01, a 21,0°C, no ponto 04. Pode ser verificado que a temperatura ficou dentro da normalidade.

6.1.3.2.1.2.2 Salinidade

O teor de salinidade possibilita classificar as águas em doces, salobras e salinas. Águas em que a salinidade é inferior a 0,5‰, são consideradas doces; para as maiores ou iguais a 0,5‰ e menores do que 30‰, são salobras; e as superiores ou iguais a 30‰ são salgadas.

A salinidade age como um elemento limitante da fauna e da flora aquática.

Os limites referentes ao enquadramento, segundo a Resolução do CONAMA n° 20/86, podem ser observados na Tabela 6.20.

Tabela 6.20 - Enquadramento da salinidade nas distintas classes

| ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA | CLASSE I | CLASSE II | CLASSE III | CLASSE IV |
|------------------------|----------|-----------|------------|-----------|
| Salinidade (‰) | < 0,5 | < 0,5 | < 0,5 | < 0,5 |

(Fonte: Resolução do CONAMA n° 20/86)

Os resultados referentes à salinidade das águas doces amostradas foram baixos, pois flutuaram de 0,30‰ até 0,49‰. A média dos dados do arroio Sapato ficou em 0,43‰; de Cristal, em 0,34‰; de Pacheca, em 0,34‰; e do arroio Duro, em 0,49‰ (Figura 6.34).

A média geral da salinidade se situou em 0,40‰. Na campanha da primavera, os teores variaram de 0,30‰, nos pontos 02 e 0,30 a 0,4‰, no ponto 01. No verão, foi de 0,40‰, nos pontos 02, 03 a 0,45‰, no ponto 01. No outono, foi de 0,3‰, no ponto 02 a 0,45‰, no ponto 01. No inverno, foi de 0,3‰, no ponto 02 a 0,49‰, no ponto 04.

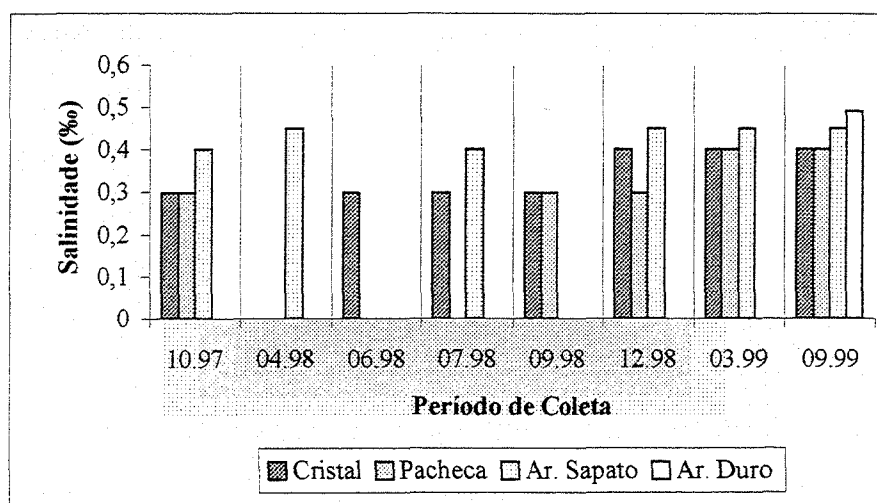


Figura 6.34 - Histograma espaço-temporal a partir dos dados de salinidade para o SsBC

Todos os valores para a salinidade ficaram abaixo do valor estipulado para as águas de Classe 1 da Resolução do CONAMA n° 20/86.

6.1.3.2.1.2.3 Cloretos

Estes ânions inorgânicos são muito solúveis e estão nas águas, em geral, em maior ou menor proporção, podendo ser originados naturalmente ou a partir de contaminação antropogênica.

Em comparação com os dados de salinidade, verifica-se uma correlação positiva para os dados dos cloretos encontrados.

Em geral, os cloretos, não são prejudiciais, mas modificam o gosto da água. Quando estão acima de 150mg/L, influem na palatabilidade e potabilidade.

Para a vida aquática, os cloretos atuam de maneira diferenciada, que depende do tipo de organismo, pois atua na variação da densidade e viscosidade, ou seja, a osmoregulação relativa às propriedades funcionais e estruturais dos seres aquáticos.

Segundo a Agência de Proteção Ambiental (*Environmental Protection Agency* - EPA), as águas doces que apresentam uma fauna e flora equilibrada possuem concentrações de cloretos inferiores a 3mg/L em 5% dos casos; inferiores a 9mg/L em 50%; e inferiores a 170mg/L em 95% dos casos.

Os limites referentes ao enquadramento, segundo a Resolução do CONAMA nº 20/86, podem ser observados na Tabela 6.21.

Tabela 6.21 - Enquadramento dos cloretos nas distintas classes

| ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA | CLASSE I | CLASSE II | CLASSE III | CLASSE IV |
|------------------------|----------|-----------|------------|-----------|
| Cloretos (mg/L) | < 250 | < 250 | < 250 | |

(Fonte: Resolução do CONAMA nº 20/86)

Os resultados referentes aos cloretos em águas doces amostradas foram baixos, pois flutuaram de 1,5mg/L (relativo ao outono em Cristal, ponto 02) até 8,7mg/L (relativo ao inverno no arroio Duro, ponto 04). A média dos dados do arroio Sapato ficou em 5,17mg/L; de Cristal, em 2,8mg/L; de Pacheca, em 3,77mg/L; e do arroio Duro, em 8,70mg/L (Figura 6.35).

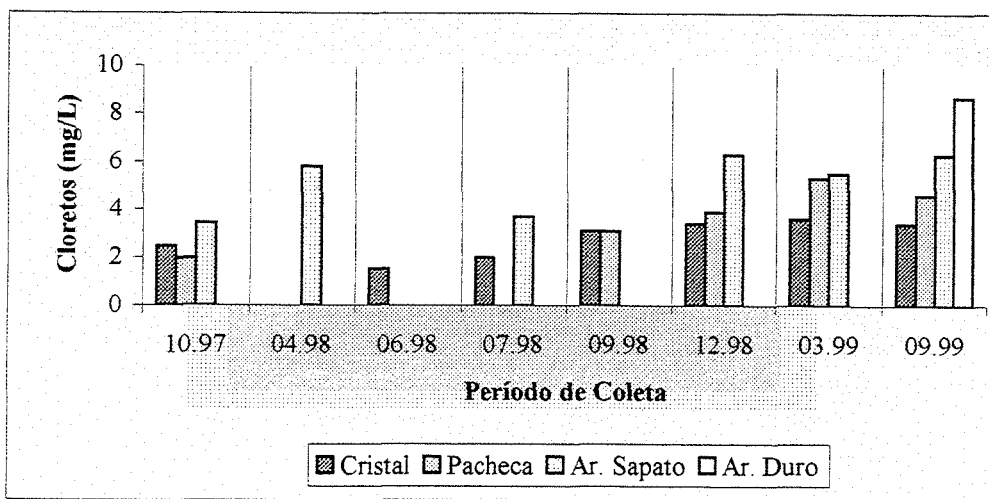


Figura 6.35 - Histograma espaço-temporal a partir dos dados de cloretos para o SsBC

A média geral se situou em 5,11mg/L. Na campanha da primavera, os teores variaram de 1,96mg/L, no ponto 03, a 3,42mg/L, no ponto 01. No verão, foi de 3,4mg/L, no ponto 02, a 6,3mg/L, no ponto 01. No outono, foi de 1,5mg/L, no ponto 02, a 5,8mg/L, no ponto 01. No inverno, foi de 2,0mg/L, no ponto 01, a 8,7mg/L, no ponto 04.

Estas águas apresentam condições de possuir uma fauna equilibrada, segundo o critério da EPA.

Todos os valores ficaram abaixo do valor estipulado para as águas de Classe 1, da Resolução do CONAMA nº 20/86, e inferiores ao rígido limite de 20mg/L, estabelecido por Nemerow (1978) para a proteção da vida aquática.

6.1.3.2.1.2.4 pH

O pH mostra a relação de equilíbrio entre ácido-base obtido através dos vários compostos: sais e gases dissolvidos.

Nos meios aquáticos, o íon hidrogênio atua como controlador no processo de dissociação das substâncias. Auxilia na determinação de concentrações-limite. Para baixo valor de pH, alguns metais são mais susceptíveis à solubilização, pois, com valor mais alto do pH, o ferro tende a ser menos disponível para algumas espécies de plantas.

Deve ser levado em consideração na análise do pH à temperatura, sólido dissolvido, oxigênio dissolvido e condições climáticas, pois dependendo de suas concentrações, podem ser letais para várias espécies que vivem no rio.

No caso do consumo humano, pode afetar o gosto, propiciar a corrosão das tubulações, do sistema de condução e de armazenamento da água.

A brusca oscilação do pH proporciona a concentração de amônia, produto tóxico ao meio hídrico.

Os limites referentes ao enquadramento, segundo a Resolução do CONAMA n° 20/86, podem ser observados na Tabela 6.22.

Tabela 6.22 - Enquadramento do pH nas distintas classes

| ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA | CLASSE I | CLASSE II | CLASSE III | CLASSE IV |
|------------------------|----------|-----------|------------|-----------|
| pH | 6 a 9 | 6 a 9 | 6 a 9 | 6 a 9 |

(Fonte: Resolução do CONAMA n° 20/86)

Os resultados referentes ao pH das águas doces amostradas foram medianos, pois flutuaram de 6,53, levemente ácido (relativo ao inverno no arroio do Sapato, ponto 01), até 7,73, levemente básico (relativo ao outono em Cristal, ponto 02). A média dos dados do arroio Sapato ficou em 7,13; de Cristal, em 7,50; de Pacheca, em 7,46; e do arroio Duro, em 7,54 (Figura 6.36).

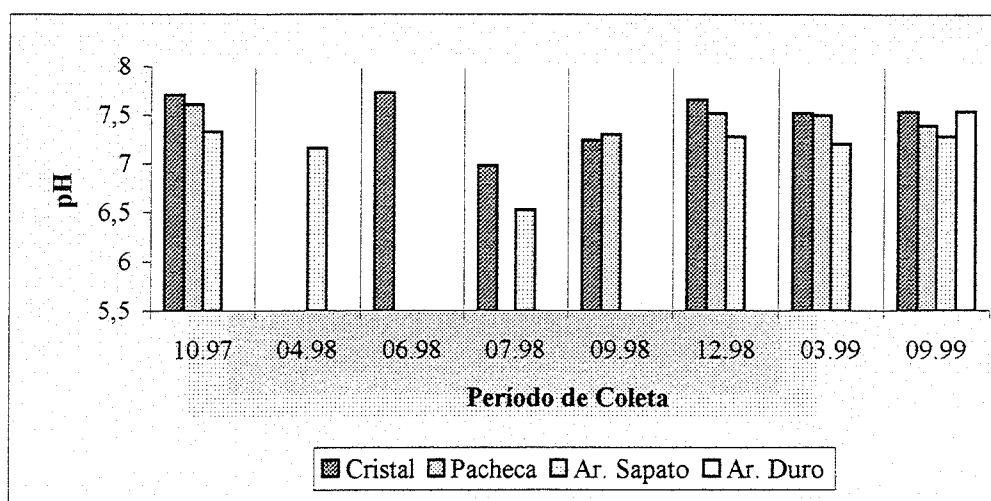


Figura 6.36 - Histograma espaço-temporal a partir dos dados de pH para o SsBC

A média geral se situou em 7,40, levemente ácido. Na campanha da primavera, os teores variaram de 7,33, no ponto 01 a 7,71, no ponto 02. No verão, foi de 7,2, no ponto 01, a 7,66, no ponto 02. No outono, foi de 7,16, no ponto 01, a 7,73, no ponto 02. No inverno, foi de 6,53, no ponto 01, a 7,54, no ponto 04. Esses valores detectados permitem a utilização das águas para fins de abastecimento doméstico, após tratamento simplificado; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho); à irrigação de hortaliças, que são consumidas cruas, e de frutas, que se desenvolvem rentes ao solo e que são ingeridas cruas, sem remoção de película, e à criação natural e/ou intensiva (aqüicultura) de espécies destinadas ao consumo humano.

Todos os valores ficaram estipulados entre 6 a 9 classificando, as águas como pertencente à Classe 1 da Resolução do CONAMA nº 20/86.

6.1.3.2.1.2.5 Turbidez

Os materiais orgânicos, inorgânicos em suspensão, menores do que 0,062mm de diâmetro, ou seja, inferiores à fração areia da classificação de Wentworth (1922), organismos microscópicos e partículas coloidais são oriundos, tanto, dos processos naturais de erosão, como ocasionadas pelo homem, através de descarga de esgotos domésticos e industriais.

A alta turbidez impede a penetração da luz na água, diminuindo o processo de fotossíntese dos organismos representados por algas, fitoplanctons e vegetações submersas.

Todo material transportado que se precipita no fundo do leito de um rio, afeta a cadeia trófica desde a desova dos peixes, os organismos bentônicos, assim como o habitat de insetos aquáticos e outros invertebrados.

Para o consumo humano, a água deve estar isenta de turbidez.

O material em suspensão pode envolver os organismos e dificultar a ação do desinfetante utilizado na água, além de ocasionar a concentração de lama nas estações de tratamento das águas.

Os limites referentes ao enquadramento, segundo a Resolução do CONAMA nº 20/86, podem ser observados na Tabela 6.23.

Tabela 6.23 - Enquadramento da turbidez nas distintas classes

| ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA | CLASSE I | CLASSE II | CLASSE III | CLASSE IV |
|------------------------|----------|-----------|------------|-----------|
| Turbidez (mg/L) | 40 | 100 | 100 | |

(Fonte: Resolução do CONAMA nº 20/86)

Os resultados referentes à turbidez das águas doces amostradas flutuaram de 7,5mg/L (relativo ao verão em Cristal, ponto 02) até 65mg/L (relativo ao inverno em Cristal, ponto 02). A média dos dados do arroio Sapato ficou em 26,3mg/L; de Cristal, em 27,5mg/L; de Pacheca, em 27,7mg/L; e do arroio Duro, em 26,0mg/L (Figura 6.37).

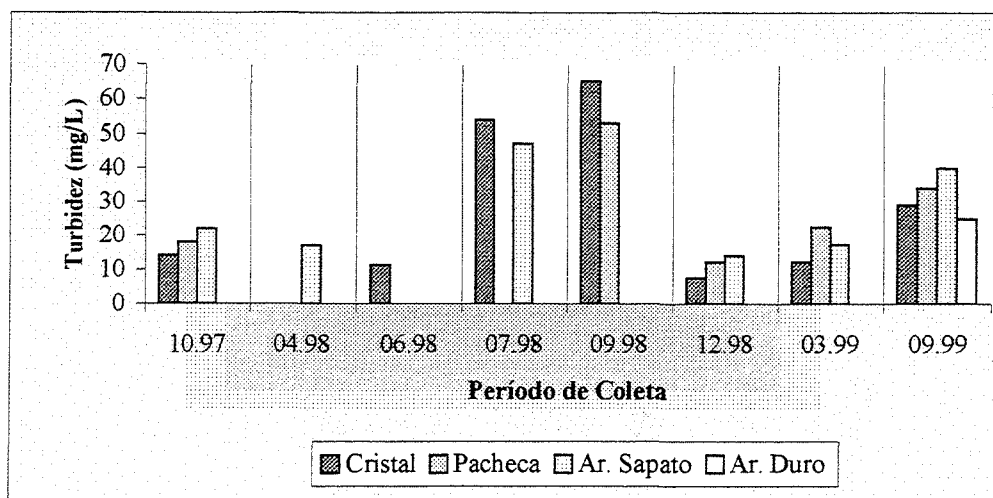


Figura 6.37 - Histograma espaço-temporal a partir dos dados de turbidez para o SsBC

A média geral se situou em 26,7mg/L. Na campanha da primavera, os teores variaram de 14,0mg/L, no ponto 02 a 22,0mg/L, no ponto 01. No verão, foi de 7,5mg/L, no ponto 02, a 22,5mg/L, no ponto 03. No outono, foi de 11,0mg/L, no ponto 02, a 17,0mg/L, no ponto 01. No inverno, foi de 25,0mg/L, no ponto 04, a 65,0mg/L, no ponto 02.

Todos valores ficaram entre os estipulados, menores do que 40 mg/L para as águas de Classe 1 da Resolução do CONAMA nº 20/86, exceto a máxima de 65 mg/L, observada no período de inverno, que classifica o SsBC como pertencente à classe 2, em Cristal, corroborando os dados do relatório da ECOPLAN (1998).

6.1.3.2.1.2.6 Oxigênio dissolvido (OD)

O oxigênio dissolvido nas águas é muito variável e depende da análise associada com parâmetros de temperatura, salinidade, turbulência da água e pressão atmosférica. Além disto, devem ser consideradas as oscilações diárias e relacionadas com as estações do ano, influenciando sobre esta a vazão e as atividades fotossintéticas sobre a flora local.

A flora aquática é prejudicada pelas flutuações do oxigênio dissolvido, pois, dependendo do organismo, esta pode ser insuficiente e ocasionar uma condição anaeróbica, pois esta está diretamente relacionada à condição de sobrevivência de determinadas espécies aquáticas.

Para o abastecimento público, uma quantidade muito baixa de OD propicia uma grande concentração de matéria orgânica, dificultando, desta maneira, o tratamento de água, ocasionando o entupimento de filtros e muita decantação nos tanques de armazenamento. Para sanar este problema, grandes quantias de clorofórmio (carcinogênico e mutagênico) são empregadas para combater os trihalometanos.

Os limites referentes ao enquadramento, segundo a Resolução do CONAMA n° 20/86, podem ser observados na Tabela 6.24.

Tabela 6.24 - Enquadramento do Oxigênio Dissolvido nas distintas classes

| ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA | CLASSE I | CLASSE II | CLASSE III | CLASSE IV |
|---------------------------|----------|-----------|------------|-----------|
| OD (mg/L O ₂) | > 6 | > 5 | > 4 | < 4 |

(Fonte: Resolução do CONAMA n° 20/86)

Os resultados referentes às águas doces amostradas foram altos, pois flutuaram de 7,1mg/L O₂ (relativo ao verão no arroio do Sapato, ponto 01) até 11,1mg/L O₂ (relativo ao inverno no arroio Duro, ponto 04). A média dos dados do arroio Sapato ficou em 8,07 mg/L O₂; de Cristal, em 9,10 mg/L O₂; de Pacheca, em 8,64 mg/L O₂; e do arroio Duro, em 11,1 mg/L O₂ (Figura 6.38).

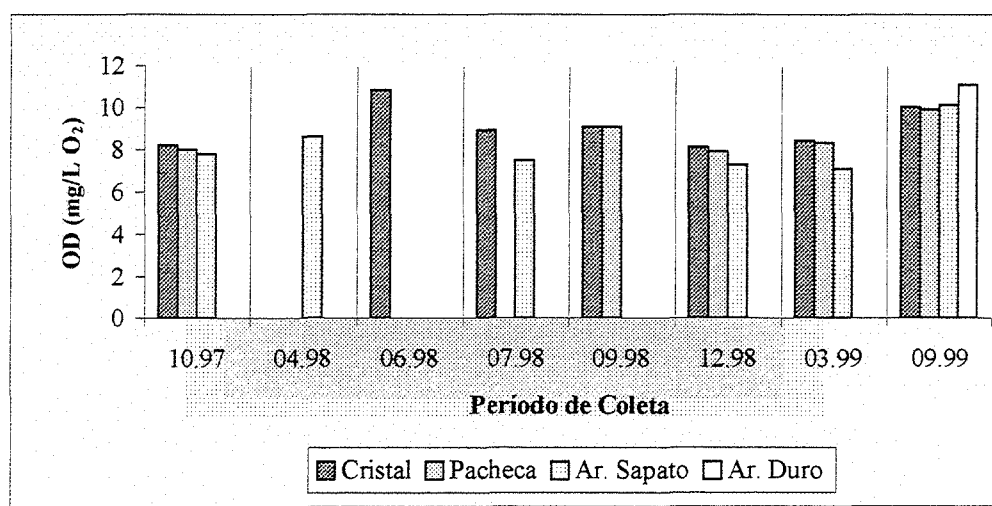


Figura 6.38 - Histograma espaço-temporal a partir dos dados de oxigênio dissolvido OD

Os motivos desse fenômeno são de três naturezas distintas, a saber:

- baixos teores de matéria orgânica biologicamente degradáveis nas águas;
- baixas temperaturas das águas na época de amostragem, fato que diminui a solubilidade desse gás, com temperatura média geral de 20,39°C;

- alta velocidade das águas dos rios em função da maior quantidade de períodos de cheia verificada na época da amostragem, fato que aumenta a turbulência das águas e, conseqüentemente, o coeficiente de re-aeração nas mesmas.

A média geral do OD se situou em 9,22mg/L O₂. Na campanha da primavera, os teores variaram de 7,8mg/L O₂, no ponto 01, a 8,2mg/L O₂, no ponto 02. No verão, foi de 7,1mg/L O₂, no ponto 01, a 8,4mg/L O₂, no ponto 02. No outono, foi de 8,6mg/L O₂, no ponto 01, a 10,8mg/L O₂, no ponto 02. No inverno, foi de 7,5mg/L O₂, no ponto 01, a 10,1mg/L O₂, no ponto 04.

Todos os valores ficaram acima do valor estipulado para as águas de Classe 1, da Resolução do CONAMA n° 20/86.

6.1.3.2.1.2.7 Demanda bioquímica de oxigênio (DBO₅)

A DBO mede a quantidade de oxigênio requerida para a oxidação da matéria orgânica biodegradável, presente na água por ação bioquímica aeróbica.

Existem três classes de matérias:

- matéria orgânica carbonácea, fonte de alimentos para organismos aeróbios, forma CO₂, H₂ e NH₃;
- compostos químicos redutores, oxidados pelo oxigênio dissolvido, como íon ferroso (Fe⁺²), sulfito (SO²⁻) e sulfeto (S²⁻);
- matéria orgânica nitrogenada oxidável, que serve de alimento para bactérias específicas do tipo nitrosomonas e nitrobacter, derivada de amônia, nitrito e compostos de nitrogênio orgânico, resulta em NO₃, CO₂, H₂O, SO₂.

A DBO retrata a concentração conjunta de substâncias e respectivas condições. Esta analisada individualmente, não é considerada um poluente, mas retrata uma condição de diminuição do oxigênio dissolvido, podendo atingir níveis que prejudiquem as formas de vida dos meios hídricos.

Os limites referentes ao enquadramento, segundo a Resolução do CONAMA n° 20/86, podem ser observados na Tabela 6.25.

Tabela 6.25 - Enquadramento do oxigênio dissolvido nas distintas classes

| ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA | CLASSE I | CLASSE II | CLASSE III | CLASSE IV |
|----------------------------|----------|-----------|------------|-----------|
| DBO (mg/L O ₂) | ≤ 3 | ≤ 5 | ≤ 10 | |

(Fonte: Resolução do CONAMA n° 20/86)

Os resultados referentes a DBO das águas doces amostradas foram altos, pois flutuaram de 0,2mg/L (relativo à primavera em Pacheca, ponto 03) até 1,6mg/L (relativo ao verão em Pacheca, ponto 03). A média dos dados do arroio Sapato ficou em 0,50mg/L; de Cristal, em 0,96mg/L; de Pacheca, em 0,92mg/L; e do arroio Duro, em 0,80mg/L (Figura 6.39).

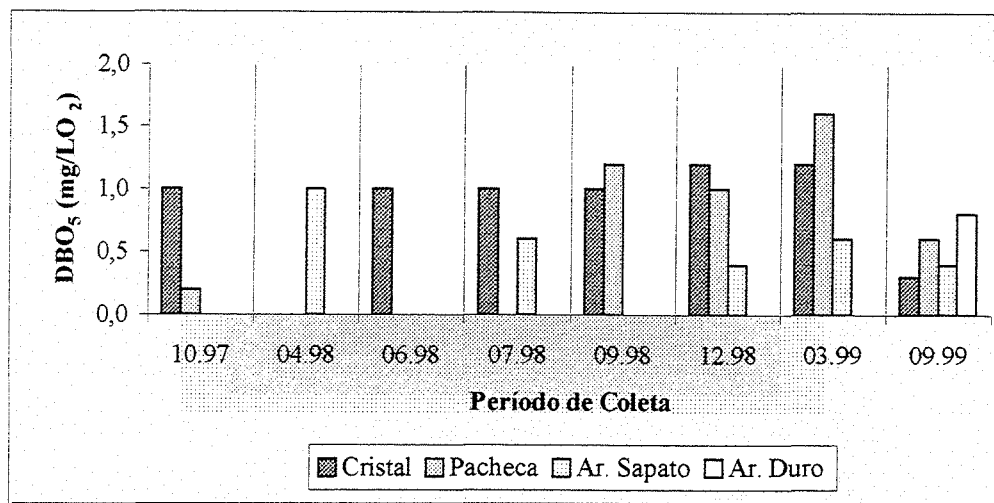


Figura 6.39 - Histograma espaço-temporal a partir dos dados de DBO₅

A média geral do DBO situou-se em 0,56mg/L. Na campanha da primavera, os teores variaram de 0,2mg/L, no ponto 03, a 1,0mg/L, no ponto 02. No verão, foi de 0,4mg/L, no ponto 01, a 1,6mg/L, no ponto 03. No outono, foi de 1,0mg/L, no ponto 02, a 1,0mg/L, no ponto 03. No inverno, foi de 0,3mg/L, no ponto 02, a 1,2mg/L, no ponto 03.

Em função dos resultados analíticos segundo a Resolução do CONAMA n° 20/86, enquadra-se na classe 1, pois todos os valores são inferiores a 3mg/L.

6.1.3.2.1.2.8 Sólidos suspensos e dissolvidos

O volume, tipo e origem do sólido na água são bastante variáveis, oscilando de 20mg/L a 1.000 mg/L.

Os sólidos suspensos são resíduos não-filtráveis e os dissolvidos são filtrados. Os sólidos totais são o somatório destes dois, e seu aumento proporciona mais poluição ao meio hídrico.

Os sólidos suspensos formam-se por detritos orgânicos, plâncton e sedimentos oriundos da ação intempérica química e física. Além dos efeitos mencionados, anteriormente, para os sais, estes induzem ao aquecimento da água por tornarem sua superfície mais escura. Seu significado é comparado à importância da DBO.

Os limites referentes ao enquadramento, segundo a Resolução do CONAMA n° 20/86, podem ser observados na Tabela 6.26.

Tabela 6.26 - Enquadramento dos sólidos suspensos na proteção das comunidades aquáticas

| ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA | MBNP | BNP | PM | ANP |
|--------------------------|------|-----|-----|-------|
| Sólidos suspensos (mg/L) | 25 | 80 | 400 | > 400 |

Nos resultados referentes aos sólidos suspensos, segundo a EPA, as águas doces amostradas oscilaram de 7,2mg/L (relativo ao verão em Cristal, ponto 02) até 108,3mg/L (relativo ao inverno em Cristal, ponto 02). A média dos dados do arroio Sapato ficou em 24,8mg/L; de Cristal, em 35,7mg/L; de Pacheca, em 35,5mg/L; e do arroio Duro, em 23,0mg/L (Figura 6.40).

Os sólidos suspensos não são contemplados segundo os limites de classes na Resolução CONAMA n° 20/86. Serão utilizados os dados da EPA, para fins de avaliação, visando à proteção das comunidades aquáticas.

A média geral dos sólidos suspensos situou-se em 29,8mg/L. Na campanha da primavera, os teores variaram de 43,6mg/L, no ponto 02, a 47,2mg/L, no ponto 01. No verão, foi de 7,2mg/L, no ponto 02, a 24,5mg/L, no ponto 03. No outono, foi de 9,5mg/L, no ponto 02, a 13,9mg/L, no ponto 01. No inverno, foi de 23,0mg/L, no ponto 04, a 108,3mg/L, no ponto 02.

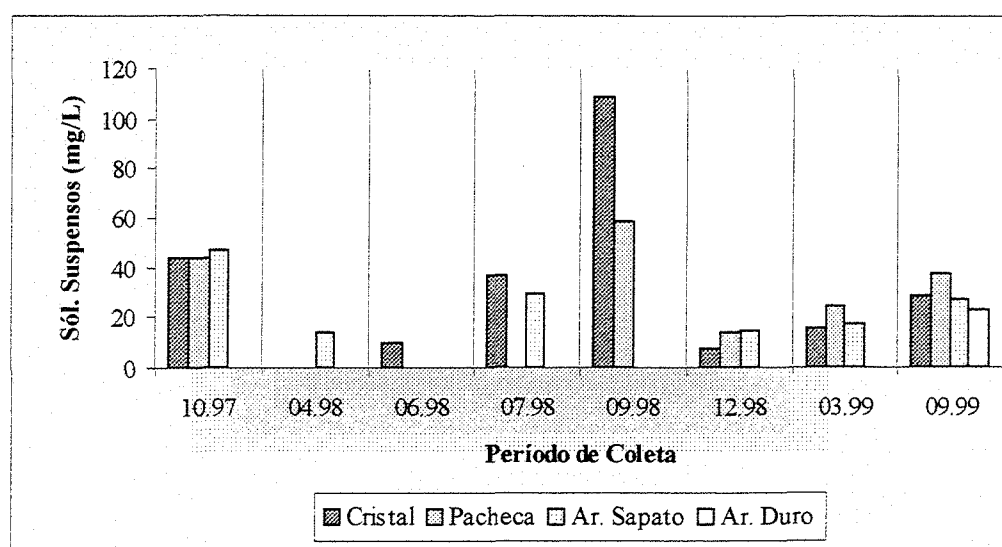


Figura 6.40 - Histograma espaço-temporal a partir dos dados de sólidos suspensos do SsBC

Em função dos resultados analíticos segundo a EPA, as amostras analisadas apresentam limites que se situam dentro de um nível moderado até um nível muito baixo de proteção das comunidades aquáticas.

Os arroios do Sapato e Duro situaram seus valores médios dentro do limite baixo nível de proteção, enquanto que Cristal e Pacheca (rio Camaquã) exigem proteção moderada das comunidades aquáticas à semelhança do SsBC.

Tanto podem ser fixos ou voláteis os sólidos suspensos, assim como os sólidos dissolvidos. As substâncias inorgânicas fazem parte dos resíduos fixos, e a matéria orgânica representa os voláteis.

Os limites referentes ao enquadramento, segundo a Resolução do CONAMA n° 20/86, podem ser observados na Tabela 6.27.

Tabela 6.27 - Enquadramento dos sólidos dissolvidos nas distintas classes

| ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA | CLASSE I | CLASSE II | CLASSE III | CLASSE IV |
|----------------------------|----------|-----------|------------|-----------|
| Sólidos dissolvidos (mg/L) | < 500 | < 500 | < 500 | < 500 |

(Fonte: Resolução do CONAMA n° 20/86)

Os resultados referentes aos sólidos dissolvidos das águas doces amostradas variaram de 31,6mg/L (relativo à primavera em Pacheca, ponto 03) até 124mg/L (relativo ao inverno em Pacheca, ponto 03). A média dos dados do arroio Sapato ficou em 53,8mg/L; de Cristal, em 53,8mg/L; de Pacheca, em 65,5mg/L; e do arroio Duro, em 47,4mg/L (Figura 6.41).

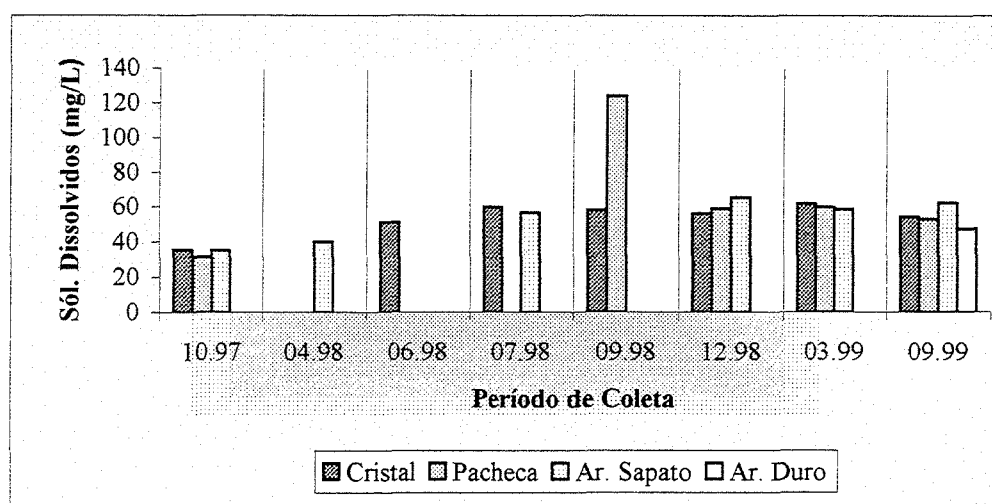


Figura 6.41 - Histograma espaço-temporal a partir dos dados de sólidos dissolvidos do SsBC

A média geral dos sólidos dissolvidos se situou em 55,0mg/L. Na campanha da primavera, os teores variaram de 31,6mg/L, no ponto 03, a 35,6mg/L, no ponto 02. No verão, foi de 56,1mg/L, no ponto 02, a 65,5mg/L, no ponto 01. No outono, foi de 40,1mg/L, no ponto 01, a 51,3mg/L, no ponto 02. No inverno, foi de 47,4mg/L, no ponto 04, a 124,0mg/L, no ponto 03.

Em função dos resultados analíticos, segundo a Resolução do CONAMA n° 20/86, se enquadram na classe 1, pois todos os valores são inferiores a 500mg/L.

6.1.3.2.1.2.9 Fósforo total

O fósforo pode estar na forma dissolvida ou particulada e tem origem orgânica, inorgânica.

É um nutriente essencial e, quando insuficiente, é limitante da fotossíntese e do crescimento das plantas. São, normalmente, bioacumuladores semelhantes ao mercúrio.

Quando hidrolisado, o fósforo varia continuamente, devido à decomposição e síntese entre formas oxidadas orgânicas e inorgânicas. Na água, o fósforo é raro de ser encontrado em maiores concentrações, pois as plantas o utilizam constantemente.

Quando estes estão em excesso, ocasionam a eutrofização em sistemas aquáticos.

Em atuação com os compostos nitrogenados acima de 0,1mg/L, ocasionam a concentração de lamas e se proliferam as algas, afetando os abastecimentos públicos, industriais e de recreação e lazer.

Lagos com concentrações de fósforo total e nitrogênio total acima de 0,02 mg/L e 0,3 mg/L, respectivamente, são considerados eutrofizados.

A sua toxicidade para o homem, animais ou peixes é rara.

Fosfatos acima dos padrões ambientais ocasionam:

- toxicidade sobre todos os organismos aquáticos, especialmente peixes;
- eutrofização acelerada, com aumento de odores e gosto na água;
- prejuízo ao tratamento da água, interferindo na coagulação, floculação e tratamento sodá-cal.

Os limites referentes ao enquadramento, segundo a Resolução do CONAMA n° 20/86, podem ser observados na Tabela 6.28.

Tabela 6.28 - Enquadramento do fósforo total nas distintas classes

| ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA | CLASSE I | CLASSE II | CLASSE III | CLASSE IV |
|---------------------------------------|----------|-----------|------------|-----------|
| Fósforo Total (mg/L PO ₄) | < 0,025 | < 0,025 | < 0,025 | |

(Fonte: Resolução do CONAMA n° 20/86)

Para os valores superiores a 0,02mg/L PO₄, existe a floração de algas competindo pelo oxigênio com os peixes e demais organismos aquáticos.

Os resultados referentes ao fósforo total nas águas doces amostradas foram altos, pois variaram de 0,069mg/L PO₄, relativos ao outono, em Cristal, 02 até 0,57 mg/L PO₄ (relativo ao inverno no arroio Duro, ponto 04). A média dos dados do arroio Sapato ficou em 0,19mg/L PO₄; de Cristal, em 0,26mg/L PO₄; de Pacheca, em 0,27mg/L PO₄; e do arroio Duro, em 0,57mg/L PO₄ (Figura 6.42).

A média geral do fósforo total situou-se em 0,32mg/L PO₄. Na campanha da primavera, os teores obtidos foram de 0,09mg/L PO₄, nos pontos 01, 02 e 03. No verão, foi de 0,23mg/L PO₄, no ponto 02, a 0,36mg/L PO₄, no ponto 01. No outono, foi de 0,069mg/L PO₄, no ponto 02, a 0,14mg/L PO₄, no ponto 01. No inverno, foi de 0,16mg/L PO₄, no ponto 01, a 0,57mg/L PO₄, no ponto 04.

Todos os valores ficaram acima de 0,025, classificando-se como águas de Classe 1, da Resolução do CONAMA n° 20/86. No caso da média geral, esta se situou 12,8 vezes maior que o parâmetro, e o valor mais elevado foi para o período de inverno, com 20,8 vezes maior

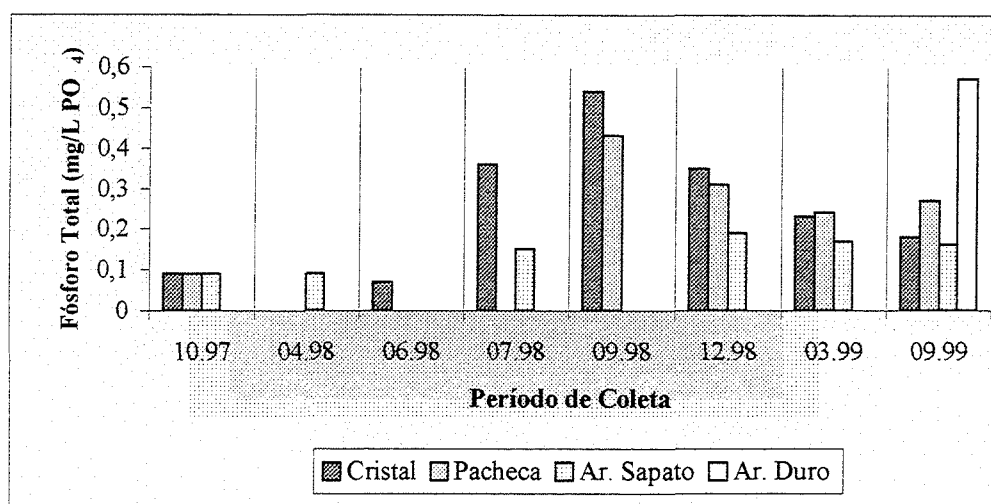


Figura 6.42 - Histograma espaço-temporal a partir dos dados de fósforo total do SsBC

do que o valor proposto pela Resolução do CONAMA n° 20/86, posicionando todas as amostras na classe 4. Isto se deve ao uso excessivo de fertilizantes na agricultura da região.

6.1.3.2.1.2.10 Nitritos, nitratos e nitrogênio total

Os nitritos se formam pela redução dos nitratos em condições anóxicas ou pela oxidação da amônia pelas nitrosomonas em condições aeróbicas. Trata-se de uma forma intermediária do nitrogênio. Raramente os nitritos ultrapassam o valor de 1mg/L NO₂ e são

mais tóxicos que os nitratos. Quando este valor for maior do que a unidade, as águas são consideradas poluídas e impróprias para o consumo.

Os nitritos propiciam as seguintes alterações no corpo humano:

- a dilatação dos vasos sanguíneos, principalmente a microcirculação, induzindo à estase do sangue e ao aumento do consumo de oxigênio do organismo;
- a formação de metahemoglobina, interferindo com a liberação de oxigênio para as células do corpo. Essa inibição da respiração celular produz cianose.

Os limites referentes ao enquadramento, segundo a Resolução do CONAMA n° 20/86, podem ser observados na Tabela 6.29.

Tabela 6.29 - Enquadramento do nitrito nas distintas classes

| ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA | CLASSE I | CLASSE II | CLASSE III | CLASSE IV |
|---------------------------------|----------|-----------|------------|-----------|
| Nitrito (mg/L NO ₂) | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 |

(Fonte: Resolução do CONAMA n° 20/86)

Os resultados referentes ao nitrito das águas doces amostradas foram baixos, pois variaram de 0,15mg/L NO₂, relativos à primavera, em Pacheca, ponto 03 até 0,82 mg/L NO₂ (relativo ao inverno, no arroio do Sapato, ponto 01). A média dos dados do arroio Sapato ficou em 0,53mg/L NO₂; de Cristal, em 0,37mg/L NO₂; de Pacheca, em 0,30mg/L NO₂; e do arroio Duro, em 0,74mg/L NO₂ (Figura 6.43).

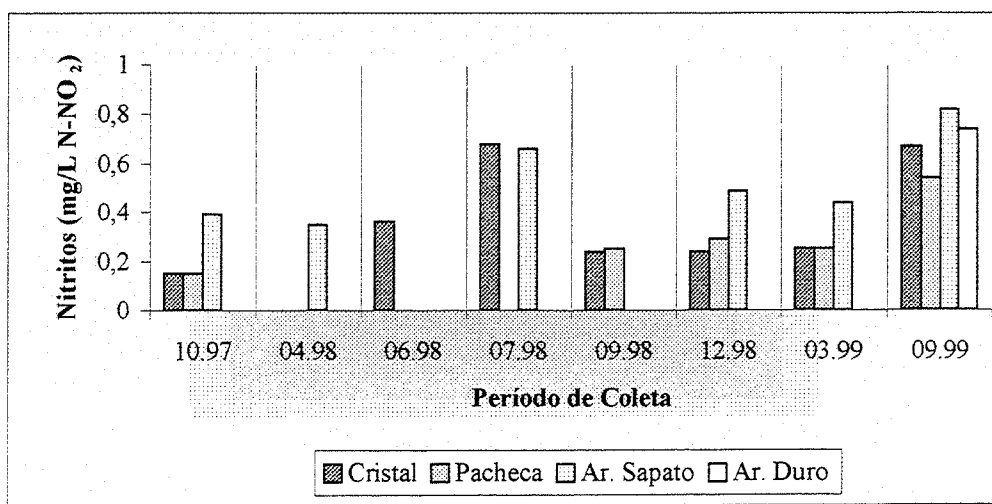


Figura 6.43 - Histograma espaço-temporal a partir dos dados de nitrito do SsBC

A média geral do nitrito situou-se em 0,48mg/L NO₂. Na campanha da primavera, os teores variaram de 0,15mg/L NO₂, nos pontos 02 e 03, a 0,39mg/L NO₂, no ponto 01. No verão, foi de 0,24mg/L NO₂, no ponto 02, a 0,49mg/L NO₂, no ponto 01. No outono, foi de

0,35mg/L NO₂, no ponto 01, a 0,36mg/L NO₂, no ponto 02. No inverno, foi de 0,24mg/L NO₂, no ponto 02, a 1,82mg/L NO₂, no ponto 04.

Em função dos resultados analíticos, segundo a Resolução do CONAMA n° 20/86, os nitritos enquadram-se na classe 1, pois todos os valores são inferiores a 1mg/L NO₂.

Os limites para nitratos, referentes ao enquadramento segundo a Resolução do CONAMA n° 20/86, podem ser observados na Tabela 6.30.

Tabela 6.30 - Enquadramento do nitrato nas distintas classes

| ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA | CLASSE I | CLASSE II | CLASSE III | CLASSE IV |
|---------------------------------|----------|-----------|------------|-----------|
| Nitrato (mg/L NO ₃) | < 10 | < 10 | < 10 | > 10 |

(Fonte: Resolução do CONAMA n° 20/86)

Os resultados referentes ao nitrato das águas doces amostradas foram baixos, pois variaram de 3,11mg/L NO₃, relativos à primavera em Pacheca, ponto 03, até 23,2mg/L NO₃ (relativo ao inverno no arroio do Sapato, ponto 01). A média dos dados do arroio Sapato ficou em 11,87mg/L NO₃; de Cristal, em 11,53mg/L NO₃; de Pacheca, em 12,06mg/L NO₃; e do arroio Duro, em 22,00mg/L NO₃ (Figura 6.44).

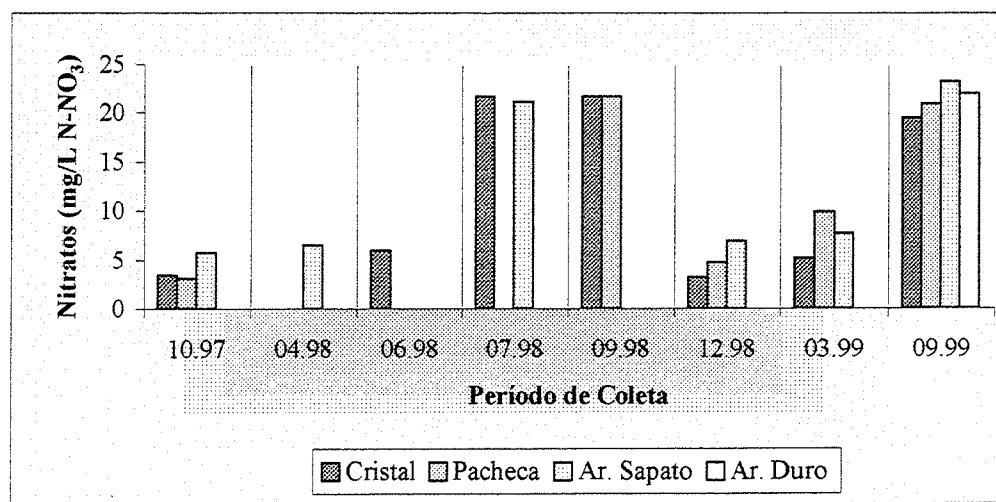


Figura 6.44 - Histograma espaço-temporal a partir dos dados de nitrato do SsBC

A média geral do nitrato se situou em 14,36mg/L NO₃. Na campanha da primavera, os teores variaram de 3,11mg/L NO₃, no ponto 03 a 5,72mg/L NO₃, no ponto 01. No verão, foi de 3,2mg/L NO₃, no ponto 02, a 9,9mg/L NO₃, no ponto 03. No outono, foi de 6,0mg/L NO₃, no ponto 02, a 6,5mg/L NO₃, no ponto 01. No inverno, foi de 19,5mg/L NO₃, no ponto 02, a 23,2mg/L NO₃, no ponto 01.

Em função dos resultados analíticos, segundo a Resolução do CONAMA n° 20/86, os nitratos enquadram-se na classe 4, pois todos os valores da média e período de inverno são superiores a 10mg/L NO₃.

Os resultados referentes ao nitrogênio total das águas doces amostradas foram baixos, pois variaram de 0,1mg/L N, relativo ao verão, em Pacheca, Cristal e arroio do Sapato, ponto 03, 02 e 01 até 1,39mg/L N (relativo à primavera em Pacheca, ponto 03). A média dos dados do arroio Sapato ficou em 0,32mg/L N; de Cristal, em 0,23mg/L N; e de Pacheca, em 0,42mg/L N (Figura 6.45).

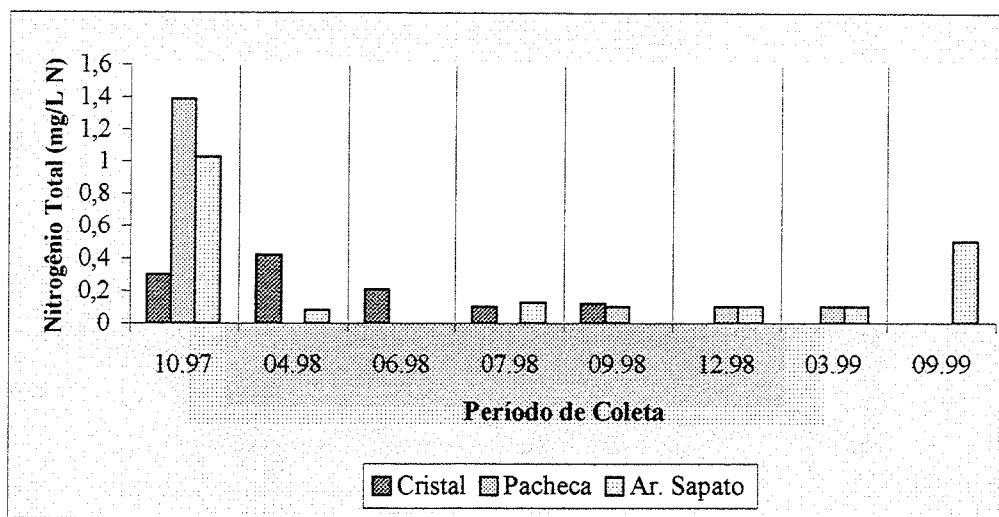


Figura 6.45 - Histograma espaço-temporal a partir dos dados de nitrogênio total do SsBC

A média geral do nitrogênio total se situou em 0,32mg/L N. Na campanha da primavera, os teores variaram de 1,03mg/L N, no ponto 01, a 1,39mg/L N, no ponto 03. No verão, foi de 0,1mg/L N, nos pontos 01, 02 e 03, a 0,12mg/L N, no ponto 02. No outono, foi de 0,1mg/L N, no ponto 01, a 0,3mg/L N, no ponto 02. No inverno, foi de 0,1mg/L N, no ponto 03, a 0,5mg/L N, no ponto 01.

6.1.3.2.1.2.11 Coliformes fecais

Os microorganismos indicadores de contaminação fecal podem ser aeróbicos ou anaeróbicos. São as bactérias do grupo coliforme, com dois grandes gêneros a *Escherichia* e a *Aerobacter*, que fermentam lactose produzindo gás dentro de 24-48 horas, a 35°C. A espécie mais comum é a *Escherichia coli*, representante do gênero *Klebsiella*. São utilizados como medida mais acurada de contaminação fecal da água.

Os limites para nitratos referentes ao enquadramento, segundo a Resolução do CONAMA n° 20/86, podem ser observados na Tabela 6.31.

Tabela 6.31 - Enquadramento dos coliformes fecais nas distintas classes

| ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA | CLASSE I | CLASSE II | CLASSE III | CLASSE IV |
|-------------------------------|----------|-----------|------------|-----------|
| Coliformes fecais (nmp/100mL) | ≤ 200 | ≤ 1.000 | ≤ 4.000 | |

(Fonte: Resolução do CONAMA n° 20/86)

Os resultados referentes aos coliformes fecais das águas doces amostradas foram baixos, pois variaram de 67nmp/100mL, relativos ao inverno no arroio Sapato, ponto 01, até 219nmp/100mL, relativo ao verão na Pacheca, ponto 03. A média dos dados do arroio Sapato ficou em 106nmp/100mL; de Cristal, em 131nmp/100mL; de Pacheca, em 189nmp/100mL; e do arroio Duro, em 150nmp/100mL (Figura 6.46).

A média geral dos coliformes fecais se situou em 144nmp/100mL. Na campanha da primavera, os teores variaram de 108nmp/100mL, no ponto 01, a 206nmp/100mL, no ponto 03. No verão, foi de 128nmp/100mL, no ponto 01, a 219nmp/100mL, no ponto 03. No outono, foi de 112nmp/100mL, no ponto 01, a 140nmp/100mL, no ponto 02. No inverno, foi de 67nmp/100mL, no ponto 01, a 163nmp/100mL, no ponto 03.

Em função dos resultados analíticos, segundo a Resolução do CONAMA n° 20/86, os coliformes fecais enquadram-se na classe 2, pois alguns valores da média são superiores a 200nmp/100mL.

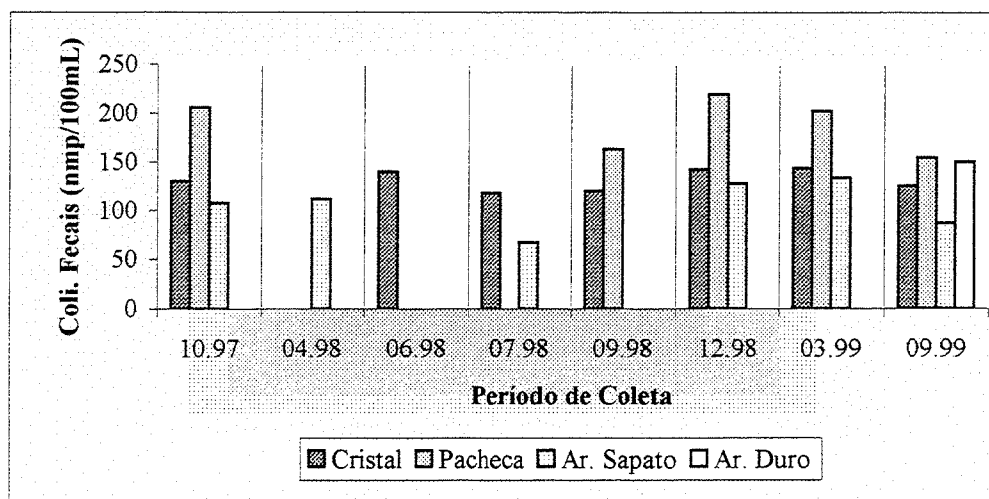


Figura 6.46 - Histograma espaço-temporal a partir dos dados de coliformes fecais do SsBC

As classes de usos preponderantes enquadradas pelos parâmetros relacionados com a Resolução do CONAMA n° 20/86, são apresentadas nas tabelas 6.32 e 6.33.

Tabela 6.32 - Parâmetros e enquadramento de cada local de coleta nas respectivas classes, segundo o valor médio

| Locais | Salin. | Cloreto | pH | Turb. | OD | DBO ₅ | Sól. Dis. | P total | Nitrito | Nitrato | Coli.Fecal | Classe |
|---------------|--------|---------|-----|-------|------|------------------|-----------|---------|---------|---------|------------|--------|
| Ar. Duro | 0,49 | 8,7 | 7,5 | 25,0 | 11,1 | 0,8 | 23,0 | 0,57 | 0,7 | 22 | 150 | 1 |
| Classe | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Ar. do Sapato | 0,43 | 5,2 | 7,1 | 26,2 | 8,1 | 0,5 | 24,8 | 0,19 | 0,5 | 11,9 | 106 | 1 |
| Classe | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Cristal | 0,34 | 2,8 | 7,5 | 27,5 | 9,1 | 1,0 | 35,7 | 0,26 | 0,4 | 11,5 | 131 | 1 |
| Classe | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Pacheca | 0,34 | 3,8 | 7,5 | 27,9 | 8,6 | 0,9 | 35,5 | 0,27 | 0,3 | 12,1 | 189 | 1 |
| Classe | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

(Fonte: segundo a Resolução do CONAMA n° 20/86)

Tabela 6.33 - Enquadramento das classes de usos preponderantes do SsBC, segundo a sazonalidade

| ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA | CLASSE 1 | CLASSE 2 | CLASSE 3 | CLASSE 4 |
|-----------------------------------------|----------|----------|----------|----------|
| Salinidade (‰) | | | | |
| Cloretos (mg/L) | | | | |
| pH | | | | |
| Turbidez (mg/L) | | ■ | | |
| OD (mg/L O ₂) | | | | |
| DBO ₅ (mg/L O ₂) | | | | |
| Sólidos Dissolvidos (mg/L) | | | | |
| Fósforo total (mg/L) | | | | ■ |
| Nitritos (mg/L) | | | | |
| Nitratos (mg/L) | | | | ■ |
| Coliformes Fecais (nmp/100 mL) | | ■ | | |

(Fonte: segundo a Resolução do CONAMA nº 20/86)

Da Tabela 6.32 pode ser destacado que, apesar de alguns parâmetros enquadrarem, na média, todo o rio em classe 1 (salinidade, cloretos, pH, turbidez, OD, DBO₅, sólidos dissolvidos, nitritos e coliformes fecais), as concentrações de fósforo total e nitratos tendem a enquadrar o rio em classe 4. Isto se deve ao fato de que a classificação do rio deverá ser baseada em todos os parâmetros, sempre predominando o maior valor, ou seja, a pior situação (Tabela 6.34).

Tabela 6.34 - Classificação das águas segundo seus usos preponderantes

| ÁGUAS | CLASSE | APTIDÃO |
|-------|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Doces | Classe 1 | <ul style="list-style-type: none"> • ao abastecimento doméstico, após tratamento simplificado; • à proteção das comunidades aquáticas; • à recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho); • à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvem rentes ao solo e que são ingeridas cruas, sem remoção de película; • à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana. |
| | ■ | <ul style="list-style-type: none"> • ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional; • à proteção das comunidades aquáticas; • à recreação de contato primário (esqui aquático, natação e mergulho); • à irrigação de hortaliças e plantas frutíferas; • à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana. |
| | ■ | <ul style="list-style-type: none"> • ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional; • à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; • a dessedentação de animais. |
| | ■ | <ul style="list-style-type: none"> • à navegação; • à harmonia paisagística; • aos usos menos exigentes. |

(Fonte: segundo a Resolução do CONAMA nº 20/86 in Lanna, 2000)

6.1.3.2.1.3 Índice de qualidade da água – IQA

Com o intuito de facilitar a interpretação das informações de qualidade de água, de forma abrangente e útil, a CETESB, a partir de um estudo realizado em 1970, *pela NSF* dos Estados Unidos, adaptou e desenvolveu o Índice de Qualidade das Águas - IQA, que incorpora nove parâmetros considerados relevantes para a avaliação da qualidade das águas, tendo como determinante principal a utilização das mesmas para abastecimento público.

A aplicação desses índices aos dados do SsBC é apresentada nas tabelas 6.35 e 6.36, onde são apresentados os resultados obtidos pela aplicação dos dois índices.

Tabela 6.35 - Dados médios dos parâmetros por local de coleta junto ao SsBC

| Locais | OD | OD** % | Coli.Fecal | pH | DBO ₅ | N _{total} | P _{total} | Sól. Susp. | Turbidez |
|------------|------|-----------|------------|------|------------------|--------------------|--------------------|------------|----------|
| | mg/L | mg/L | NMP/100mL | | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L | UNT |
| Ar. Duro | 11,1 | 121 | 1,50E+02 | 7,5 | 0,8 | 0,3 | 0,57 | 23,0 | 25,0 |
| Ar. Sapato | 8,1 | 88 | 1,06E+02 | 7,1 | 0,5 | 0,3 | 0,19 | 24,8 | 26,3 |
| Cristal | 9,1 | 99 | 1,31E+02 | 7,5 | 1,0 | 0,2 | 0,26 | 35,7 | 27,5 |
| Pacheca | 8,6 | 93 | 1,89E+02 | 7,5 | 0,9 | 0,4 | 0,27 | 35,5 | 27,9 |
| Primavera | 8,0 | 87 | 1,48E+02 | 7,6 | 0,4 | 0,7 | 0,09 | 44,9 | 18,0 |
| Verão | 7,9 | 86 | 1,61E+02 | 7,5 | 1,0 | 0,1 | 0,29 | 15,4 | 14,3 |
| Outono | 9,7 | 105 | 1,26E+02 | 7,5 | 1,0 | 0,2 | 0,10 | 11,7 | 14,0 |
| Inverno | 9,5 | 103 | 1,23E+02 | 7,2 | 0,7 | 0,2 | 0,33 | 43,5 | 43,4 |
| Pesos | | 0,19 | 0,17 | 0,13 | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,09 | 0,09 |

** Índice de saturação de OD é 9,8 mg/L (20°C de temperatura e 100% de saturação)

Tabela 6.36 - Valores dos subíndices de cada parâmetro adotados (obtidos das curvas)

| Seção | OD | Coli. Fecal | pH | DBO ₅ | N _{total} | P _{total} | Sól. Susp. | Turbidez |
|------------|------|-------------|----|------------------|--------------------|--------------------|------------|----------|
| | mg/L | mnp/100mL | | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L | UNT |
| Ar. Duro | 92 | 39 | 92 | 99 | 100 | 68 | 86 | 58 |
| Ar. Sapato | 90 | 43 | 93 | 100 | 100 | 87 | 85 | 58 |
| Cristal | 99 | 41 | 92 | 98 | 100 | 80 | 88 | 55 |
| Pacheca | 94 | 38 | 92 | 99 | 99 | 80 | 87 | 55 |
| Primavera | 93 | 39 | 92 | 100 | 98 | 100 | 89 | 66 |
| Verão | 91 | 38 | 92 | 98 | 100 | 80 | 84 | 71 |
| Outono | 99 | 42 | 92 | 98 | 100 | 100 | 83 | 71 |
| Inverno | 99,5 | 42 | 93 | 99 | 100 | 77 | 88 | 44 |

Na Tabela 6.37, é possível verificar o valor da classificação resultante da aplicação do índice de qualidade das águas segundo a NSF:

Tabela 6.37 - Classificação pelo valor médio para qualidade de água segundo IQA-NSF

| Locais | IQA – NSF | | | |
|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| | Produtório | | Somatório | |
| | Nota | Qualidade | Nota | Qualidade |
| Ar. Duro | 75 | Boa | 78 | Boa |
| Ar. Sapato | 78 | Boa | 81 | Boa |
| Cristal | 77 | Boa | 81 | Boa |
| Pacheca | 76 | Boa | 80 | Boa |
| Primavera | 79 | Boa | 83 | Boa |
| Verão | 77 | Boa | 80 | Boa |
| Outono | 81 | Boa | 85 | Boa |
| Inverno | 76 | Boa | 80 | Boa |

(Fórmulas: 4.7 =produtório; 4.8 = somatório; 4.9)

Considerando o IQA, segundo o produtório (fórmula 4.7), verifica-se que o SsBC, para abastecimento público, possui uma qualidade boa para todos os locais de coleta e que, na estação do outono, a qualidade média foi ótima.

Quando é determinado o IQA, segundo o somatório (fórmula 4.8), tem-se para todos os locais e estações do ano qualidade boa.

A água bruta do SsBC deverá sofrer tratamento adequado, a fim de ser utilizada no abastecimento público.

6.1.3.2.2 Dados sedimentológicos

Neste subsistema, o número de drenagens do rio Camaquã, provenientes de NE, é ligeiramente superior (12) em relação à porção SW (10). Estes dados nos mostram um equilíbrio relativo dos processos erosivos, em função da homogeneidade mineralógica das rochas que compõem a região.

Foram coletadas em dois pontos, amostras de sedimentos numeradas crescentemente de montante SRC-11 (Cristal) para jusante SRC-12 e SRC-13 (Pacheca). Os detalhes da distribuição granulométrica podem ser observados na carta, onde estão presentes os histogramas e a curva de frequência simples de cada uma das amostras que representam uma visão bem ampla da região de estudos (Fotografia 6.57) (Figura 6.47).



Fotografia 6.57 - Vista do local de coleta de sedimentos com draga em Pacheca. Amostra composta.

Local: microbacias das ilhas de Santo Antônio e do Vianez

Os estudos sedimentológicos, referentes ao SsBC, foram subdivididos em análises de sedimentos, coletados na calha do rio e nas bordas, coincidentes com amostragens dos estudos dos peixes, organoclorados e metais pesados efetuados por outros autores modificados de Hansen e Fensterseifer (1996h) e Konrad e Naeher (1996). Estudos de campo e de laboratório, associados aos sedimentos, demonstram que os principais problemas de contaminação estão relacionados com o uso de pesticidas e herbicidas.

Em termos sedimentológicos, o histograma abaixo, relativo à amostra SRC-11, mostra o predomínio da classe granulométrica areia, com o maior percentual das frações situado em areia média (45,01%). De acordo com Folk (1954) e Shepard (1954), trata-se de uma areia; e para Inman (1952) e Folk e Ward (1957), a classificação é de areia fina (Figura 6.48).

Para a amostra SRC-12, o predomínio é da classe granulométrica areia, com o maior percentual das frações situado em areia grossa (39,26%). De acordo com Folk (*op. cit.*), vem a ser uma areia cascalhosa; para Shepard (*op. cit.*), trata-se de uma areia; e, para Inman (*op. cit.*) e Folk e Ward (*op. cit.*), a classificação é de areia muito grossa (Figura 6.48).

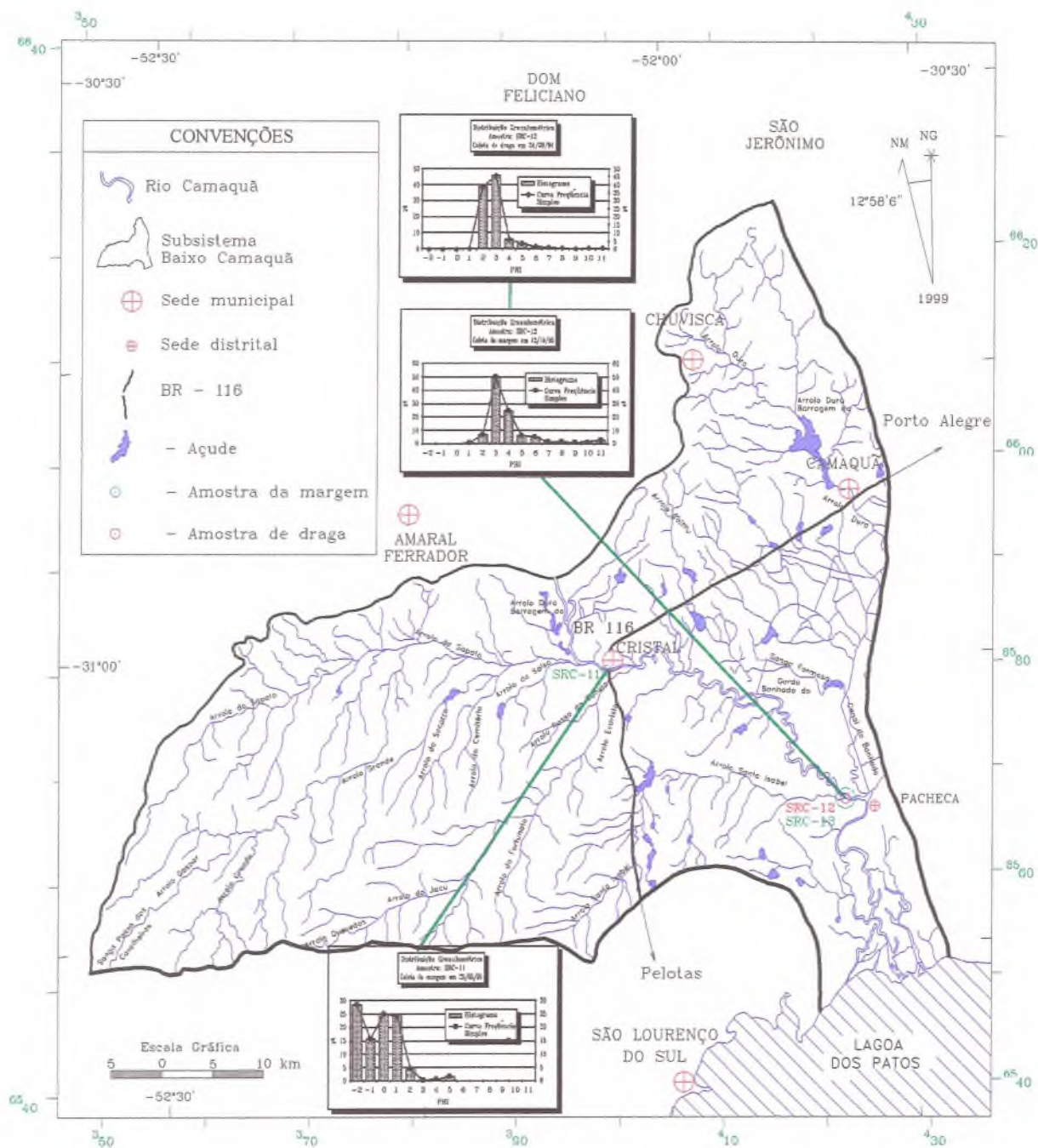


Figura 6.47 - Carta de distribuição granulométrica dos sedimentos no rio Camaquã, SsBC

A amostra SRC-13 mostra o predomínio da classe granulométrica areia, com o maior percentual das frações situado em areia fina (50,25%). De acordo com Folk (*op. cit.*), vem a ser uma areia siltico-argilosa; para Shepard (*op. cit.*), trata-se de uma areia; para Inman (*op. cit.*), areia fina; e, para Folk e Ward (*op. cit.*), a classificação é de areia muito fina (Figura 6.48).

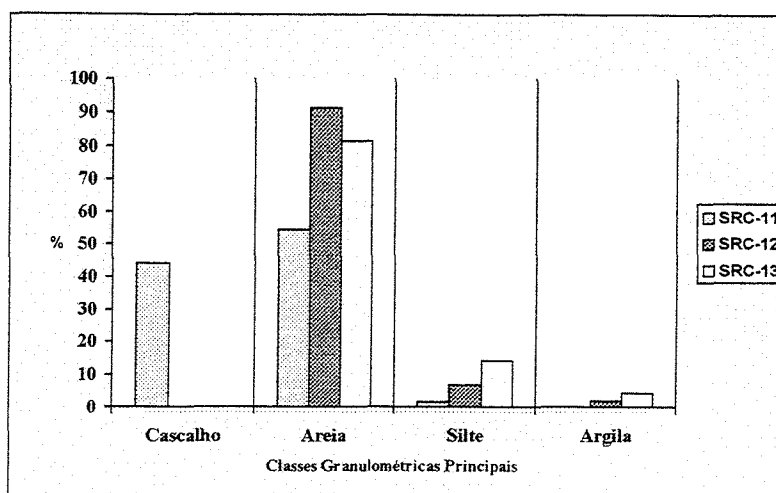


Figura 6.48 - Classes granulométricas dos sedimentos do SsBC, conforme Wentworth (1922)

Nos histogramas compostos de acordo com Wentworth (*op. cit.*), há a maior frequência da fração areia em todos os pontos amostrados em relação às demais classes granulométricas. Maiores detalhes das frações granulométricas podem ser observados no anexo A12.

De acordo com os parâmetros estatísticos dos sedimentos analisados do SsBC, as amostras apresentam as seguintes características apresentadas na Tabela 6.38:

Tabela 6.38 - Parâmetros estatísticos e características das amostras dos sedimentos do SsBC

| Parâmetros Estatísticos | | | |
|------------------------------|---------------------|----------------------|----------------------|
| | SRC - 11 | SRC - 12 | SRC - 13 |
| Mediana | 2,0197 | -0,1034 | 2,8510 |
| Média | 2,1124 | -0,2538 | 3,0787 |
| Desvio Padrão | 0,8420 | 1,0300 | 1,3805 |
| Assimetria | 0,2699 | -0,2450 | 0,4958 |
| Curtose | 1,4192 | 1,1016 | 1,8219 |
| Curtose Normalizada | 0,5866 | 0,5242 | 0,6456 |
| Características das Amostras | | | |
| Grau de Seleção | Moder. Seleccionada | Pobrem. Seleccionada | Pobrem. Seleccionada |
| Grau de Assimetria | Positiva | Negativa | Muito Positiva |
| Curtose | Leptocúrtica | Leptocúrtica | Muito Leptocúrtica |

- A maior ocorrência das amostras são pobremente selecionadas, mostrando mesclas de distintas populações texturais;
- O grau de assimetria predominante para o SsBC é variável de negativa, positiva a muito positiva, esta última com excesso de populações de finos;
- A curtose dos sedimentos estudados é a leptocúrtica sobre a muito leptocúrtica.

Visando à obtenção de elementos distintivos para os diferentes locais dos sedimentos amostrados, correlacionaram-se os seguintes parâmetros estatísticos: Assimetria x Curtose Normalizada, Desvio Padrão x Média Aritmética, Assimetria x Média Aritmética, Assimetria x Desvio Padrão, Desvio Padrão x Curtose Normalizada, e Curtose Normalizada x Média Aritmética.

A distribuição dos pontos relativos às amostras estudadas, referentes à assimetria (SkI) *versus* curtose normalizada KG' , são apresentadas na Figura 6.49.

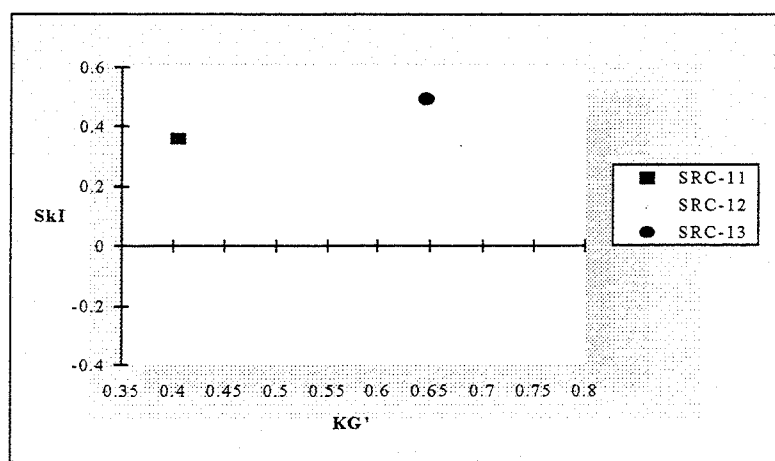


Figura 6.49 - Diagrama disperso de momentos estatísticos diagnósticos da distribuição da assimetria *versus* curtose normalizada

A única amostra que apresentou maior dispersão da assimetria pela curtose normalizada está relacionada com a SRC-11, e as demais possuem uma correlação negativa.

As amostras SRC-12 e SRC-13, abaixo plotadas, mostram uma correlação positiva, pois correspondem ao mesmo ponto de amostragem, com coleta da margem e através de dragagem na porção central do rio. (Figura 6.50).

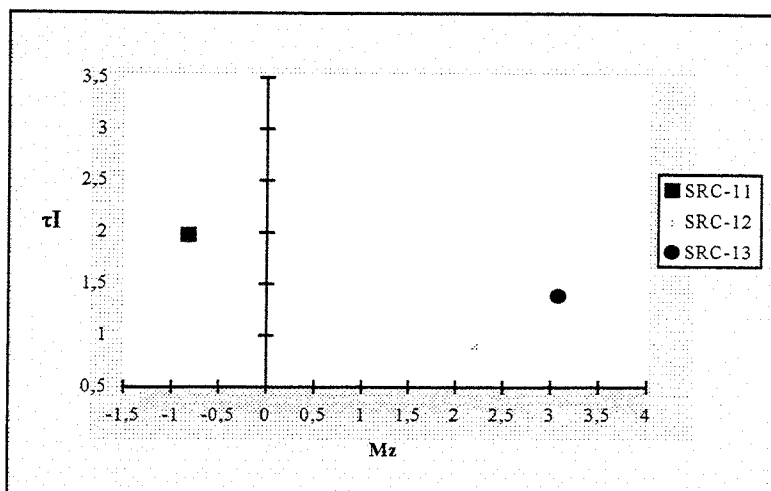


Figura 6.50 - Diagrama disperso de momentos estatísticos diagnósticos da distribuição do desvio padrão *versus* média aritmética

O gráfico da assimetria *versus* média aritmética mostra que as amostras SRC-12 e SRC-13 têm uma correlação positiva, exceto a SRC-11 (Figura 6.51).

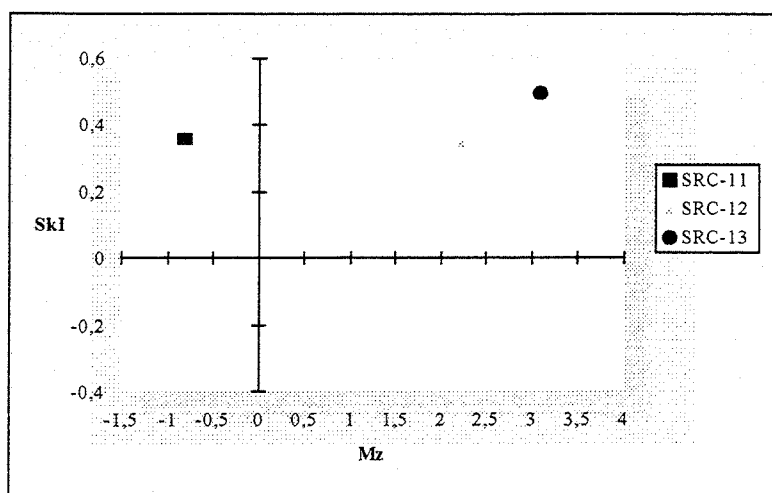


Figura 6.51 - Diagrama disperso de momentos estatísticos diagnósticos da distribuição da assimetria *versus* média aritmética

O gráfico da assimetria *versus* desvio padrão apresenta, para a maioria das amostras, uma correlação positiva (Figura 6.52).

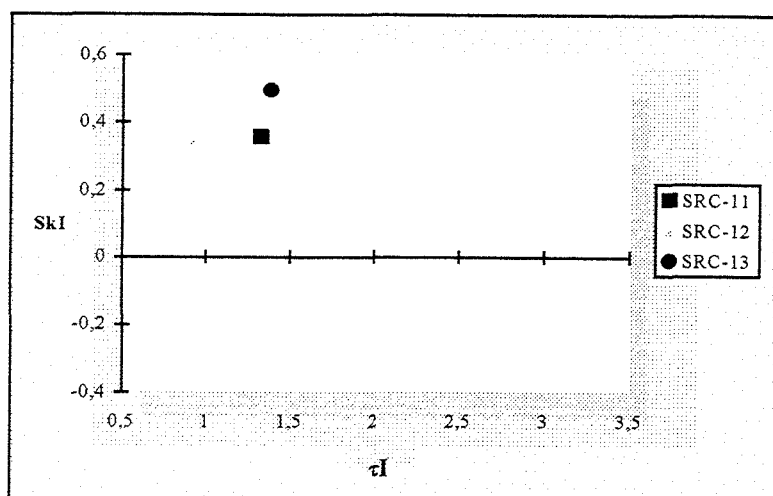


Figura 6.52 - Diagrama disperso de momentos estatísticos diagnósticos da distribuição da assimetria *versus* desvio padrão

O gráfico do desvio padrão *versus* curtose normalizada mostra que, nas amostras do passo da Pacheca, existe uma correlação negativa (Figura 6.53).

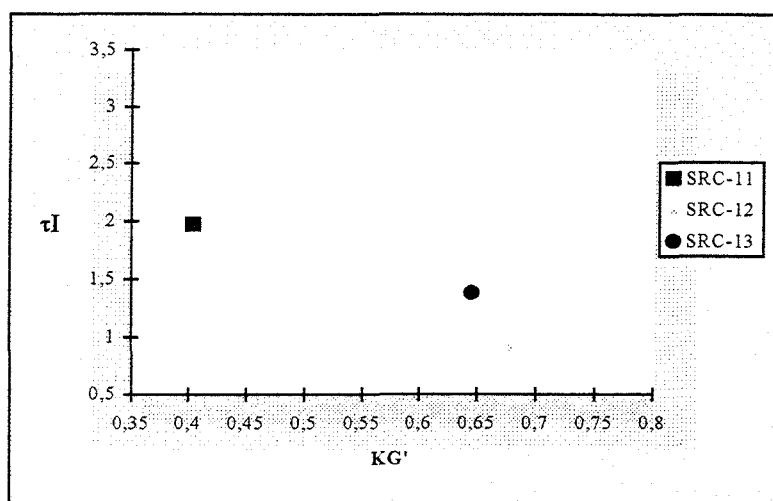


Figura 6.53 - Diagrama disperso de momentos estatísticos diagnósticos da distribuição do desvio padrão *versus* curtose normalizada

As populações dos pontos estudados apresentam a maior concentração do desvio padrão entre 0,75 e 0,2 (muito positiva) e, para curtose normalizada, está entre 0,4 e 0,68 (muito platicúrtica).

No gráfico a seguir, pode ser verificada que a média aritmética apresenta uma ampla dispersão, e a curtose normalizada possui os pontos amostrados plotados em uma única classe, caracterizada por ser muito platicúrtica (Figura 6.54).

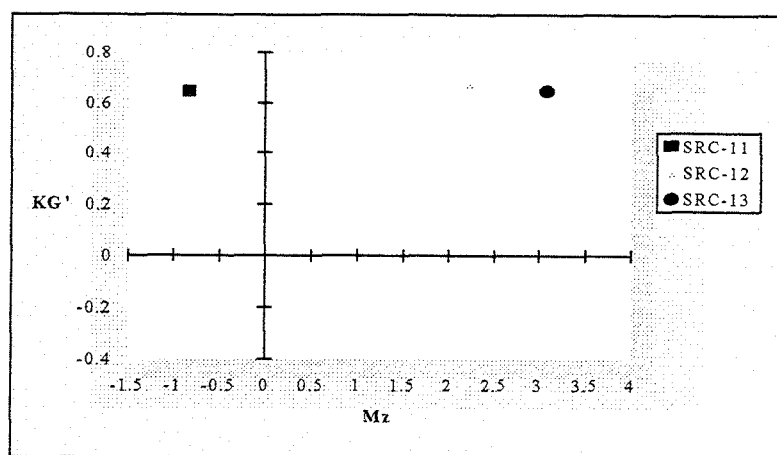


Figura 6.54 - Diagrama disperso de momentos estatísticos diagnósticos da distribuição da curtose normalizada versus média aritmética

A plotagem das amostras apresenta um valor constante, em torno de 0,6 para curtose normalizada e, quanto à média aritmética, esta varia de -1 a 3,2.

Segundo Konrad e Naeher (1996), os principais praguicidas utilizados são inseticidas analisados junto aos sedimentos do ponto SRC-13. Estes são do grupo dos piretróides e organofosforados. Esses organoclorados apresentaram uma concentração de 0,14ng/g, produto da soma dos DDTs, e de 0,02ng/g para os HCHs. Os valores mostram concentrações médias inferiores aos dados encontrados em outras partes do mundo, porém deve ser considerado que a amostra analisada para o ponto da Pacheca contém pouco material da fração menor do que 0,062mm (siltes e argilas), representando 18,56%, sendo que destes somente 4,36% são de argilas, pois são nestas que se adsorvem os inseticidas.

Os dados referentes aos metais pesados apresentam uma pequena diferença entre os pontos SRC-11 (Cristal) e SRC-13 (Pacheca). Portanto, foi elaborado um gráfico com o valor médio entre os pontos, que pode ser observado na Figura 6.55:

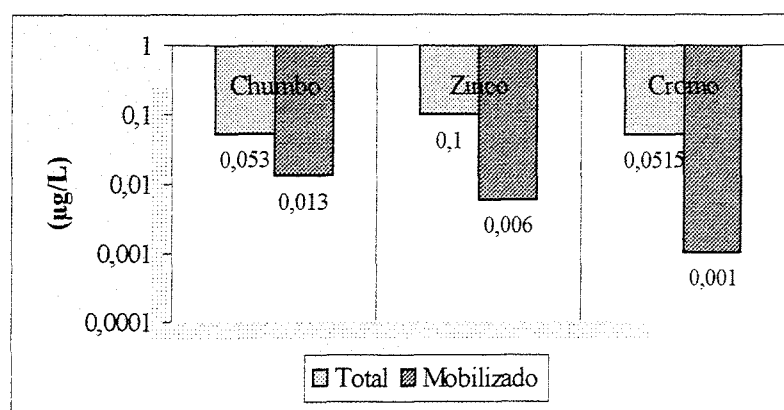


Figura 6.55 - Histograma como os teores de metais pesados. Valor médio para os pontos SRC-11 e SRC-13. (Fonte: modificado de Konrad e Naeher, *op. cit.*)

Existem vários trabalhos referentes a metais pesados, que corroboram esses dados, a montante do SsBC, junto às minas de ouro de Lavras do Sul (Pestana, Formoso e Teixeira, 1995) e no entorno das Minas do Camaquã (Laybauer, 1995; Laybauer e Bidone, 1996; Laybauer, Bidone e Nardi (1996); Laybauer, Nardi e Bidone (1996) e Baisch (1996).

Todos os valores encontrados para o SsBC, relativos aos organoclorados e metais pesados em sedimentos, estão dentro dos parâmetros de normalidade, segundo comparações com dados do Japão, Estados Unidos, Índia, China e Resolução do CONAMA n° 20/86.

6.1.3.3 - Hidrogeologia

O SsBC apresenta uma densidade do sistema de fraturas média em relação às demais sub-bacias da BHRC (Figura 6.56).

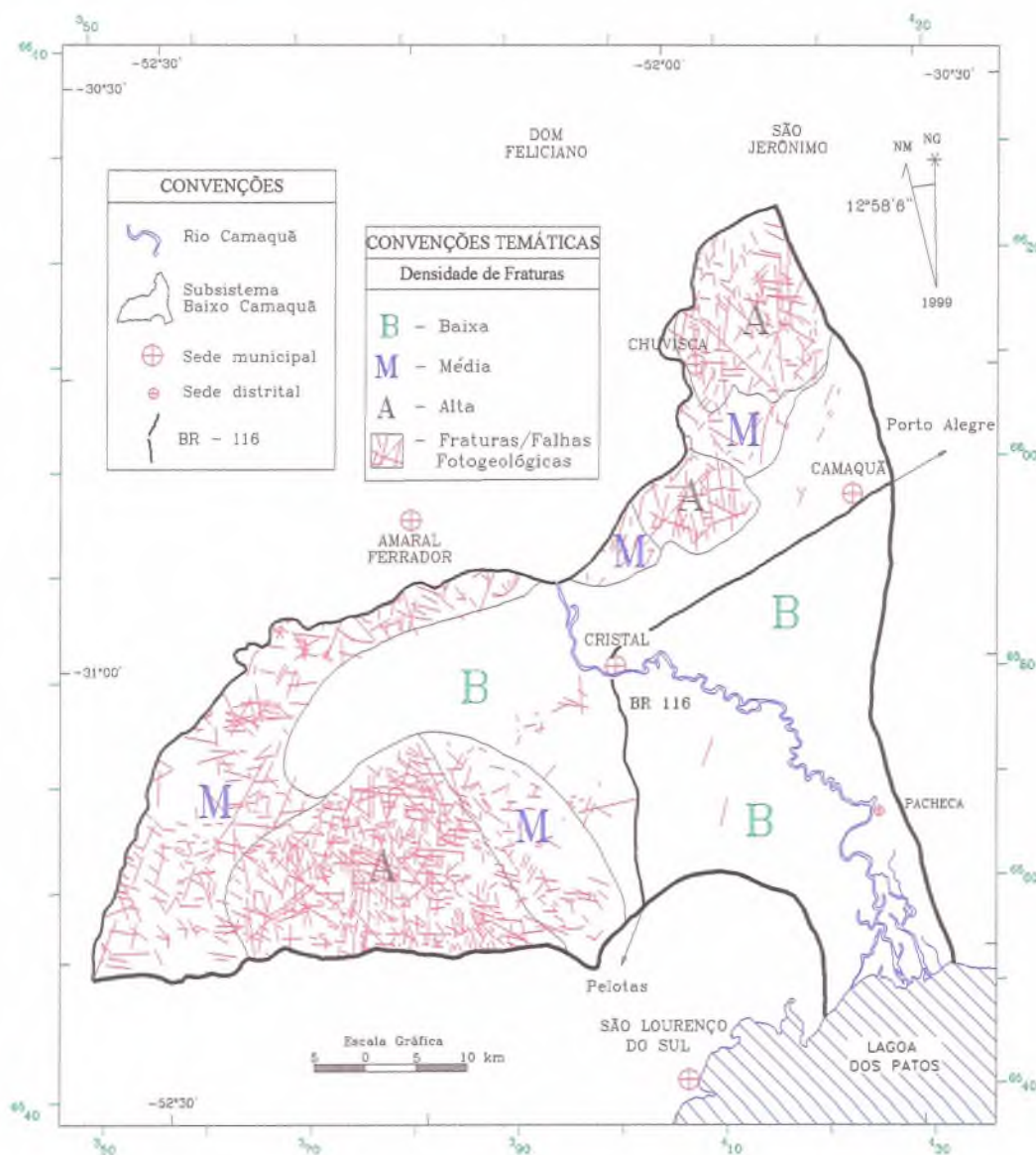


Figura 6.56 - Carta de densidade dos sistemas de fraturas do SsBC. (Fonte: modificado de Fensterseifer e Hansen, 1996b)

As porções do SsBC, que estão encobertas por espessos depósitos de sedimentos, solos e vegetação, foram consideradas de densidade baixa, pois estão mascarando as informações subsuperficiais relacionadas aos eventos tectônicos-magmáticos mais antigos, que constituem o embasamento cristalino (modificado de Fensterseifer e Hansen, 1996b).

Verifica-se, na figura acima, que existem aquíferos potenciais nos cruzamentos das zonas de fraturas e falhas.

Com os oito poços tubulares disponíveis e dados de vazão, foi possível verificar uma retirada potencial total de $109\text{m}^3/\text{h}$, correspondendo a $2.616\text{m}^3/\text{dia}$ ou $941.760\text{m}^3/\text{ano}$. A média de vazão dos oito poços com dados é baixa, com o valor de $13,3\text{m}^3/\text{h}$ (Tabela 6.39).

Tabela 6.39 - Dados gerais e técnicos pertinentes aos poços tubulares executados no SsBC

| Poço | Localidade | Ano | Prof. (m) | Vazão (m^3/h) | NE (m) | ND (m) | Executor | Uso | Situação |
|------|--------------------|------|--------------|------------------------------------|-----------|-----------|------------|---------------|----------|
| 1 | Banhado do Colégio | 1984 | 30 | 26 | 5 | 11 | CORSAN | Abast. Urbano | Bom |
| 2 | Canguçu | 1982 | 95 | 2 | 6 | 45 | FIORENZANA | Empresa | Bom |
| 3 | Passo do Sapato | 1980 | 33 | 2 | 2 | 25 | FIORENZANA | Empresa | Bom |
| 4 | Dom Feliciano | 1974 | 88 | - | - | - | CORSAN | Abast. Urbano | Precário |
| 5 | Dom Feliciano | 1974 | 93 | - | 2 | 87 | CORSAN | Abast. Urbano | Bom |
| 6 | Cristal | 1973 | 20 | 34 | 3 | 12 | CORSAN | Abast. Urbano | Bom |
| 7 | Cristal | 1986 | 21 | 41 | 4 | 11 | CORSAN | Abast. Urbano | Bom |
| 8 | Urca | 2000 | 100 | - | - | - | EMPRESA | Particular | Em teste |
| 9 | Fazenda Coxilha | 1989 | 54 | 1,8 | 9 | 48 | HIDROGEO | Agropecuária | Bom |
| 10 | Fazenda Querência | 1999 | 105 | 2,2 | 11 | 70 | HIDROGEO | Agropecuária | Bom |

Prof. = Profundidade; NE = Nível Estático; ND = Nível Dinâmico; Abast. Abastecimento

A tabela acima sintetiza as informações relacionadas com a hidrogeologia, mostrando que os recursos hídricos subsuperficiais não são expressivos na região de estudo.

6.1.3.4 Caracterização geral da fauna e flora

Quanto à ictiofauna, o SsBC possui uma grande diversidade, com 64 espécies de peixes. As principais ordens encontradas ao longo do rio e afluentes do SsBC são apresentadas na Tabela 6.40. Em algumas situações de intensa proliferação de algas, ocasionada pelo excesso de fosfato oriundo das lavoura e, talvez, pesticidas, há uma

competição pelo oxigênio, fazendo com que ocorra a mortandade da ictiofauna, inclusive como mostra nas bordas da lagoa dos Patos, nas proximidades do delta do rio Camaquã (Fotografia 6.58).



Fotografia 6.58 - Condição de "maré vermelha" com a mortandade de peixes.

Local: lagoa dos Patos, nas proximidades da microbacia da ilha de Santo Antônio

Tabela 6.40 - Principais ordens dos peixes encontrados no rio Camaquã e afluentes do SsBC

| Ordem | Rio Camaquã | Afluentes |
|--------------------|-------------|-----------|
| Clupeiformes | | |
| Cypriniformes | | |
| Characiformes | | |
| Siluriformes | | |
| Cyprinodontiformes | | |
| Atheriniformes | | |
| Perciformes | | |
| Synbranchiformes | | |

(Fonte: modificado de Konrad e Naehrer, 1996)

Dentre as ordens apresentadas, foram encontradas: espécie exótica na **Cypriniforme**, família Cyprinidae; espécie *Cyprinus carpio* (carpa); espécie não abundante da ordem **Atheriniformes**, família Atherinidae; espécie *Odonthestes sp.* (peixe rei); espécie rara da ordem **Characiforme**, família Characidae; espécie *Salminus orbignyanus* (dourado); e espécie rara para o ambiente do SsBC, ordem **Perciforme**, família Cichlidae; espécie *Crenicichla punctata* (joaninha).

As espécies comercializadas pelos pescadores do SsBC estão na Tabela 6.41:

Tabela 6.41 - Espécies de peixes comerciais relativas ao SsBC

| Espécie | Nome Comum |
|--------------------------------|-------------------|
| <i>Salminus orbignyanus</i> | Dourado |
| <i>Hoplias malabaricus</i> | Traíra |
| <i>Rhamdia sp.</i> | Jundiá |
| <i>Leporinus sp.</i> | Piava |
| <i>Prochilodus sp.</i> | Grumatã |
| <i>Pimelodus maculatus</i> | Pintado |
| <i>Loricarichthys annus</i> | Viola |
| <i>Hipostomus commersonii</i> | Cascudo |
| <i>Hipostomus aspilogaster</i> | Cascudo |
| <i>Oligossarcus</i> | Branca |
| <i>Chiphocarax voga</i> | Voga |

(Fonte: modificado de Konrad e Naeher, 1996)

Os moluscos encontrados foram de 23 espécies das classes **Gastropoda** (oito) e **Bivalvia** (15), segundo Konrad e Naeher (*op. cit.*).

A fauna de mamíferos está representada por 19 espécies, com as seguintes ordens: **Marsupialia**, **Edentata**, **Chiroptera**, **Primata**, **Carnivora**, **Rodentia** e **Lagomorpha**. Destes dois são raros e um está em extinção (Tabela 6.42).

Tabela 6.42 - Espécies de mamíferos raros e em extinção do SsBC

| Nome Comum | Nome Científico | Status |
|-------------------|---------------------------|---------------|
| Morcego-pescador | <i>Noctilio leporinus</i> | R |
| Bugio | <i>Alouatta fusca</i> | E |
| Gato-do-mato | <i>Felis sp.</i> | R |

R: raro; E: extinção

As aves são das ordens **Rheiformes**, **Tinamiformes**, **Pelecaniformes**, **Ciconiformes**, **Falconiformes**, **Galliformes**, **Gruiformes**, **Charadriiformes**, **Columbiformes**, **Psittaciformes**, **Cuculiformes**, **Caprimulgiformes**, **Caraciiformes**, **Piciformes** e **Passeriformes**.

As espécies observadas no museu de animais empalhados de Moacir Beltrame, fundado em 16 de setembro de 1969, junto ao Parque Bento Gonçalves, situado em Cristal, e obtidas em campo, estão no Anexo A13 (Fotografia 6.59).

Cabe destacar que, desta lista, existem duas espécies vulneráveis, cinco raras e duas em extinção (Tabela 6.43).

Tabela 6.43 - Espécies de aves vulneráveis, raras e em extinção do SsBC

| Nome Comum | Nome Científico | Status |
|---------------------|-------------------------------|--------|
| Bem-te-vizinho | <i>Myiozetetes similis</i> | R |
| Curió | <i>Oryzoborus angolensis</i> | E |
| Gavião preto | <i>Buteogallus urubitinga</i> | R |
| Maçarico real | <i>Harpiprion caeruleus</i> | R |
| Noivinha | <i>Xolmis irupero</i> | R |
| Pato selvagem | <i>Cairina moschata</i> | V |
| Saira-de-sete-cores | <i>Tangara seledon</i> | R |
| Seriema | <i>Cariama cristata</i> | V |
| Socó-boi-baio | <i>Botaurus pinnatus</i> | E |

R: raro; V: vulnerável; e E: extinção



Fotografia 6.59 - Vista, em primeiro plano, da avifauna sobre campo limpo e, ao fundo, capão de eucalipto.

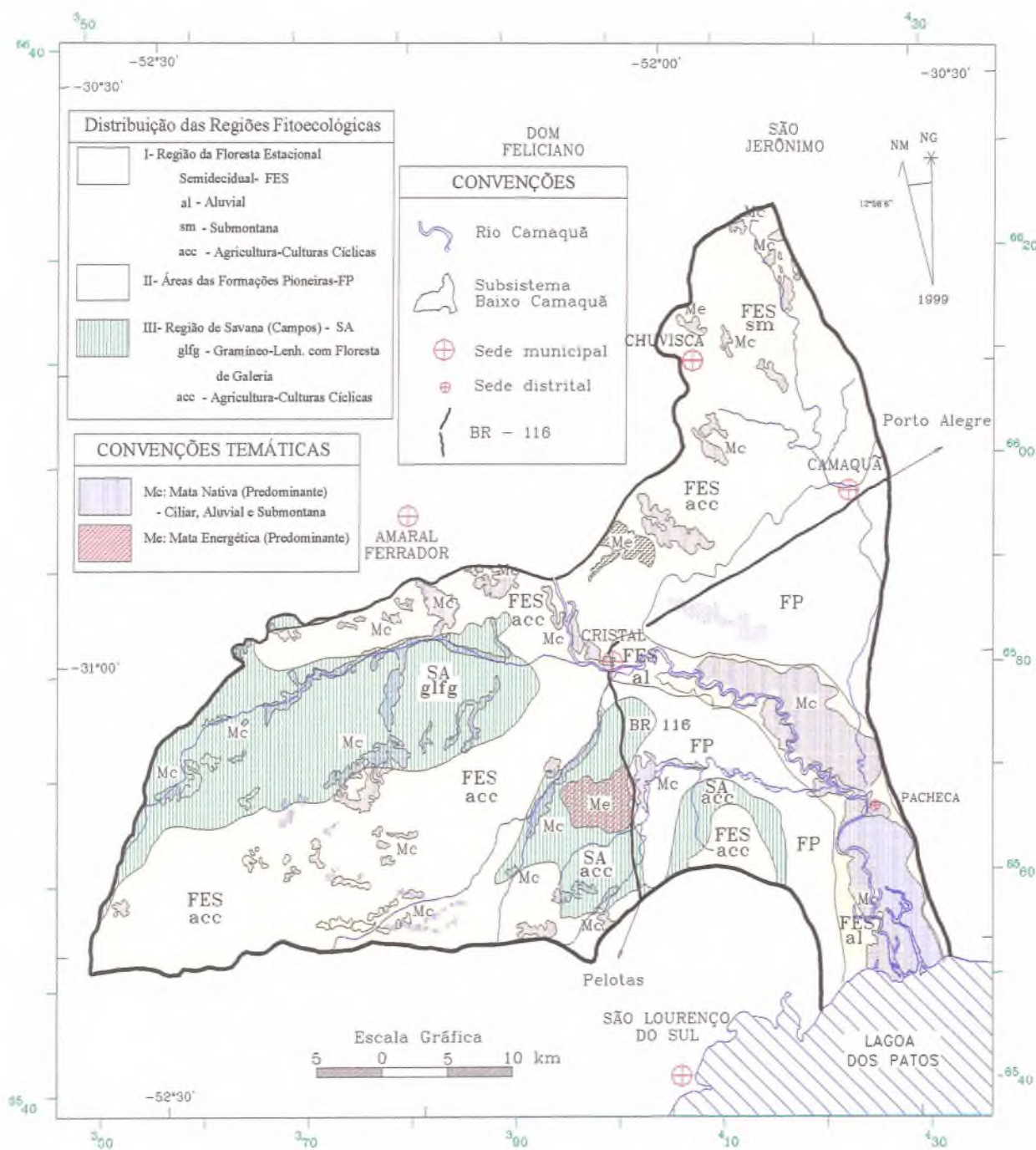
Local: microbacia da ilha de Santo Antônio

Quanto à flora, a cobertura vegetal do SsBC está composta por um amplo predomínio de culturas temporárias e permanentes. Estas são constituídas por campos com pastagens, campos limpos, matas nativas, ciliares e aluviais ao longo do curso do rio Camaquã e nas drenagens, com algumas porções de matas energéticas representadas por plantações de eucalipto, acácias e pinus. As regiões fitoecológicas se distribuem em áreas de florestas estacionais semidecíduas aluviais e de agriculturas-culturas cíclicas; áreas de formações pioneiras; região de campos com gramíneas lenhosas associadas a matas ciliares e culturas cíclicas modificado de Oliveira, Goulart e Fensterseifer (1996) (Figura 6.57).

As áreas de encostas, desprovidas de vegetação, devido às derrubadas e queimadas,

auxiliadas pelo pisoteio dos rebanhos de bovinos, ovinos e eqüinos, tendem a ocasionar sulcos, ravinas, que, com o tempo, poderão evoluir para voçorocas. Merecem especial atenção de manutenção, para que tal processo não evolua e aconteça.

O predomínio no SsBC são as vegetações arbustivas, formando capoeiras e campos limpos (Fotografia 6.60). Além destas, a região apresenta matas nativas ciliares e aluviais sob as margens dos cursos d'água e drenagens, enquanto que as submontanas estão nas porções de maior energia de relevo (Fotografias 6.61; 6.62). As matas energéticas representam a menor distribuição em área e ocorrem de forma isolada (Fotografia 6.63).



O acompanhamento da dinâmica da paisagem, ao longo do tempo, propicia a obtenção de dados sobre a diminuição das áreas dos biótopos, relativos às atividades antrópicas crescentes.



**Fotografia 6.60 - Vista, a direita, de campo com capoeira e, à esquerda, gramíneas representando campos limpos de savanas.
Local: sub-bacias do arroio do Sapato**



**Fotografia 6.61 - Mata ciliar e aluvial junto ao rio Camaquã.
Local: microbacias das ilhas de Santo Antônio e do Vianez**



**Fotografia 6.62 - Ao fundo, mata submontana e, em primeiro plano, início de processo erosivo pela retirada da vegetação rasteira, processo de arenização.
Local: microbacia da granja São Geraldo**



**Fotografia 6.63 - Corte de mata de eucalipto para fins energéticos.
Local: sub-bacia do arroio do Sapato**

A carta abaixo sintetiza a distribuição da vegetação do SsBC e qual é a área correspondente da associação vegetal presente (Figura 6.58).

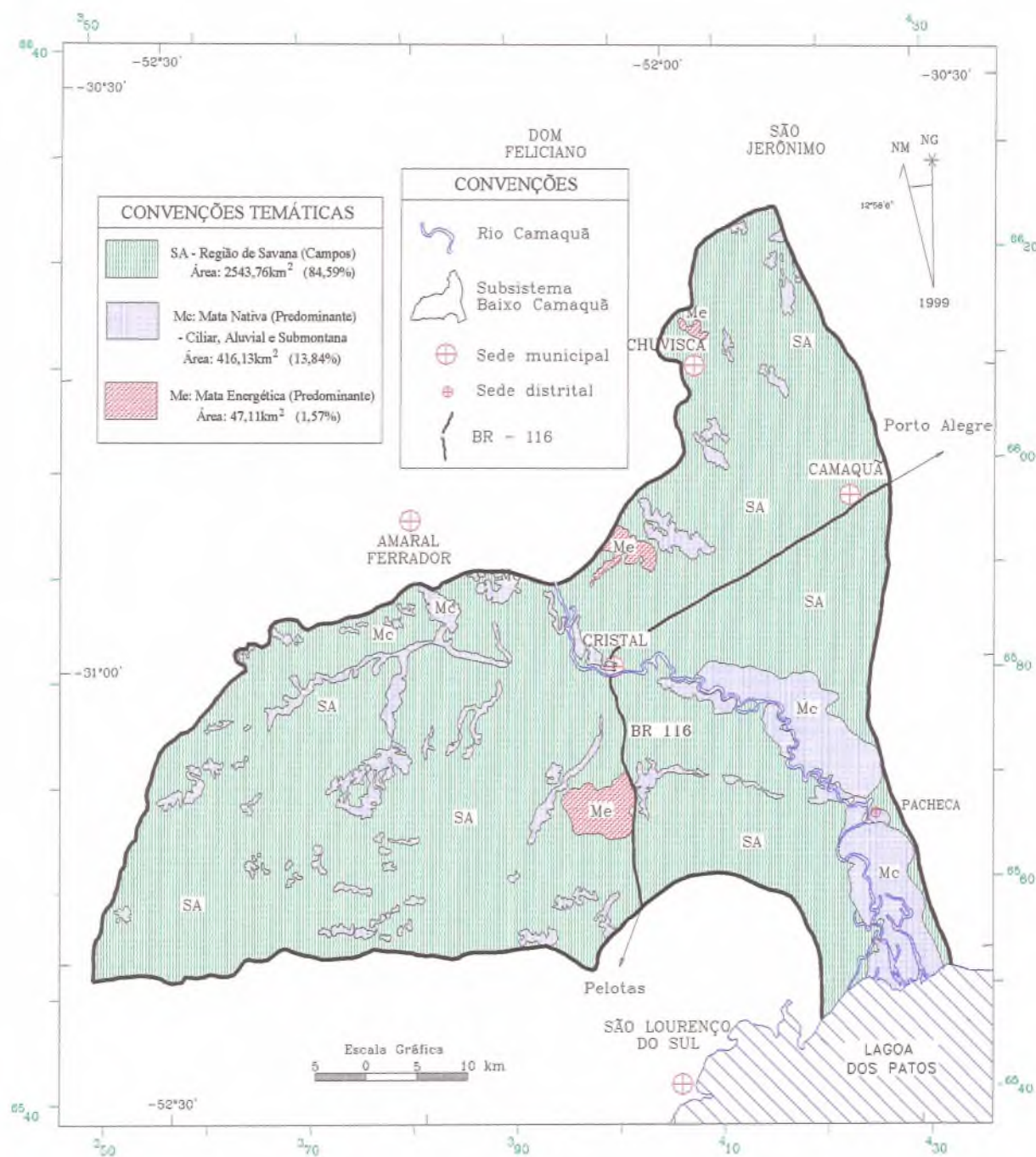


Figura 6.58 - Carta simplificada da cobertura vegetal do SsBC, com a respectivas áreas

As cactáceas também estão presentes representadas pela espécie arbórea *Cereus peruvianus* e *Opuntia dillenii*, de tamanho bem inferior. Ambas adaptaram-se bem ao este tipo de solo e retratam de condições paleoclimáticas consideradas exóticas (Fotografias 6.64; 6.65).



Fotografia 6.64 - Cactus da espécie *Cereus peruvianus*.
Local: microbacia do arroio Palanque



Fotografia 6.65 - Cactus da espécie *Opuntia dillenii*.
Local: microbacia Ruínas

Outros aspectos relacionado com a botânica são as frondosas figueiras centenárias e a presença de orquídeas e bromélias na região (Fotografia 6.66; 6.67).



**Fotografia 6.66 - Figueiras associadas às margens do rio e da lagoa dos Patos.
Local: microbacia da ilha de Santo Antônio**



**Fotografia 6.67 - Epífitas das famílias Orchidaceae e Bromeliaceae.
Local: microbacia da ilha do Vianez**

6.2 Indicadores de qualidade ambiental

Neste subcapítulo será apresentado o questionário desenvolvido junto ao banco de dados da *MSAccess*, através de indicadores de desenvolvimento sustentável que possibilitam a obtenção de índices de sustentabilidade. O segundo tópico se refere às considerações sobre o desenvolvimento sustentável e a aplicação ao SsBC após o processo de validação e ajuste do questionário desenvolvido.

6.2.1 Indicadores de desenvolvimento sustentável de bacia hidrográfica

Cada questão desenvolvida, para o banco de dados é analisada, conjuntamente, sob o ponto de vista ambiental, social e econômico (ASE) e apresenta qual é o indicador e justificativa para o estudo de caso, o SsBC.

Todas as questões se aplicam a qualquer bacia, subsistema, sub-bacia ou microbacia hidrográfica. Somente devem ser respondidas, aquelas que apresentam respostas referentes aos locais de estudo, a fim de permitir tecer comparações e avaliações referente ao estado atual do setor em análise.

Os valores à direita das respostas correspondem, nas colunas, aos aspectos Ambientais (A), Sociais (S) e Econômicos (E), respectivamente, e envolveram as seguintes áreas de conhecimentos: ação institucional, áreas protegidas e de turismo, aspectos bióticos, demografia e educação, economia e infra-estrutura, indústria e energia, influências climáticas, recursos da terra, recursos hídricos, saúde e saneamento. Os valores atribuídos a cada questão variam de 0 até 2, onde zero é ruim, um é regular e dois é bom. Estes valores podem ser atribuídos pelo usuário do banco de dados, pois trata-se de um *software* aberto.

1. Qual é a característica das águas, na área de estudos, quanto ao teor de sólidos totais dissolvidos (STD)?

| | ASE |
|-------------------------------------|-------|
| > 10.000 mg/L ou > 30.000 ppm | 1 1 1 |
| 1.000-10.000 ou de > 500-30.000 ppm | 1 1 1 |
| < 1.000 mg/L ou ≤ 500 ppm | 2 2 2 |

Indicador das características naturais das águas que podem ser: salina, salobra e doce, segundo a classificação mundial das águas pelo sistema internacional de unidades e

Resolução do CONAMA nº 20/86 (Conselho Nacional do Meio Ambiente) que classifica segundo a salinidade. Fonte: Rebouças (1999).

Justificativa: Quanto ao aspecto ambiental, o SsBC, por meio do delta do rio Camaquã nos regimes de menor pluviosidade associado à maré alta, recebe águas salinizadas da Lagoa dos Patos, ocasionando a salinização até a região de Pacheca, comprovada por espécies de peixes de água salgada que são capturados por pescadores da região. Em relação à sociedade, esta fica prejudicada no processo de irrigação que ocasiona perda econômica, principalmente junto à orizicultura.

2. Qual é a relação do consumo de água diário pela demanda humana na área de estudos?

| | ASE |
|------|-------|
| < 80 | 0 0 0 |
| = 80 | 1 1 1 |
| > 80 | 2 2 2 |

Indicador aproximado que mede a quantidade dos recursos hídricos a fim de suprir as necessidades das populações e a qualidade de vida. Avalia a quantidade relativa de água por habitante, por ano. O uso da água para uma qualidade de vida razoável é de 80L/hab./dia, equivalendo a 28.800L/hab./ano. Fonte: Myers (1987).

Justificativa: Analisa as condições e avalia a disponibilidade hídrica para a região em estudo. Em termos ambientais, sociais e econômicos, a região do SsBC, com suas subunidades, apresenta quantidade de água suficiente para contemplar a demanda humana. Em função da população estimada, de 73.793 hab., para o SsBC, o consumo diário calculado de água é de, aproximadamente, 5.903,440L (Tabela 4.3).

3. Qual é o consumo de água pela demanda diária dos animais da área de estudos (L/dia)?

| | ASE |
|---------------------------|-------|
| > 2.000.000 | 0 0 0 |
| entre 500.000 e 2.000.000 | 1 1 1 |
| < 500.000 | 2 2 2 |

Indicador aproximado que mede a quantidade dos recursos hídricos a fim de suprir as necessidades dos animais da região. Avalia a quantidade relativa de água por animal por dia. O uso da água para uma qualidade razoável, em média, é de 50L/dia, porém depende dos animais. Bovinos, bubalinos, eqüinos, asininos e muares demandam 50L/dia; para suínos, o valor diminui para 12,5L/dia; e, para ovinos e caprinos, é de 10,0L/dia. Fonte: IBGE (1995), *in* Telles (1999). A carga de L/dia acima estipulada, o valor máximo equívale a um rebanho de 40 mil cabeças de gado e o valor mínimo, a 10 mil cabeças.

Justificativa: Analisa as condições de saneamento básico necessário à obtenção de um estilo de vida razoável. O SsBC apresenta um consumo diário de água para o efetivo de bovinos na ordem de 19.728.950L.

4. Qual é o valor da densidade de drenagens na área de estudos?

| | ASE |
|--------------------------|------------|
| > 0,36km/km ² | 1 0 1 |
| = 0,36km/km ² | 1 1 1 |
| < 0,36km/km ² | 1 2 1 |

Indicador relativo da quantidade de drenagens por área significa a disponibilidade quantitativa de recursos hídricos para irrigação ou outros fins como regulador dos conflitos ambientais. A densidade de drenagens (km/km²) é com base em Horton (1945).

Justificativa: O índice médio de referência de toda BHRC tem um valor de 0,36km/km², segundo Hansen e Fensterseifer (1996), onde está inserido o SsBC; portanto, foi adotado como valor ponderador, onde se tem um equilíbrio nos processos modeladores do relevo da bacia, sob o ponto de vista ambiental. Para a sociedade é importante, pois existe uma maior distribuição de locais para captação de água. Do ponto de vista econômico, vem a questão da disponibilidade hídrica, mas deve ser considerada a capacidade de investimento para viabilizar projetos de irrigação, piscicultura, além de outros (Tabela 6.8).

5. Qual é a hierarquia de canais da área de estudos?

| | ASE |
|-------------------------------------------|------------|
| > quinta ordem de grandeza | 1 0 1 |
| entre terceira e quinta ordem de grandeza | 1 1 1 |
| < terceira ordem de grandeza | 1 2 1 |

Indicador relativo das áreas propícias às inundações expressa a quantidade de duas drenagens de ordem inferior que deságuam para formar uma de ordem superior, segundo a classificação de Strahler (1952); portanto, são áreas mais susceptíveis a enchentes.

Justificativa: O SsBC apresenta sexta ordem de grandeza do sistema de drenagens. Portanto, em nível ambiental, pode ocasionar inundações, que são verificáveis junto aos registros históricos associados aos regimes de maior intensidade, duração e frequência pluvial. Para os aspectos sociais, não são considerados bons, pois isto levam à perda de bens materiais e colocam em risco as populações ribeirinhas. Em termos econômicos, existe a quantidade de água necessária para projetos de irrigação. Conseqüentemente, ampliam-se as perspectivas econômicas junto à agricultura, pois existe na região a Associação dos Usuários do Perímetro do Arroio Duro, AUD, demonstrando ações desta natureza junto à área (Tabela 6.8).

6. Qual é o índice de circularidade da área de estudo?

| | ASE |
|-------------------|------------|
| > 0,66 | 0 0 0 |
| entre 0,33 a 0,66 | 1 1 1 |
| < 0,33 | 2 2 2 |

Indicador indireto do uso e ocupação indevida do solo, do aumento do grau de assoreamento e riscos de inundações. O índice de circularidade é um valor adimensional, baseado na fórmula de Miller (1953) $I_c = A(\text{ha})/A_c(\text{hm}^2)$, onde: I_c = Índice de circularidade, adimensional; A = Área da sub-bacia; ha = hectares; A_c = Área do círculo de perímetro igual ao da sub-bacia; hm^2 = hectômetro. Quanto maior o valor, ou seja, mais próximo à unidade, mais inundações ocorrem na região, que também dependem do tipo de solo, em termos de permeabilidade e a declividade associada.

Justificativa: O índice de circularidade médio de referência de toda BHRC, segundo Hansen e Fensterseifer (1996), tem o valor médio de 0,53, onde está inserido o SsBC. Este apresenta um índice médio de 0,39. Sob o ponto de vista ambiental, social e econômico, as inundações afetam diretamente a população local. As inundações, em termos de dispersão de poluentes, são benéficas para o ecossistema fluvial, porém prejudicam o ambiente lagunar e o marinho, além de destruírem as populações ribeirinhas (Tabela 6.8).

7. Se existirem inundações, qual é a região de abrangência destas em relação às áreas urbanizadas?

| | ASE |
|---------|------------|
| grande | 0 0 0 |
| pequena | 1 1 1 |
| nula | 2 2 2 |

Indicador da abrangência espacial do fenômeno, que deve ser analisado sob o aspecto de ocupação humana.

Justificativa: No SsBC, existem registros históricos, porém medidas de ordem estrutural foram tomadas com a implantação de barragens, canalizações, etc., minimizando, parcialmente, os principais focos (Figura 6.14).

8. Qual é a freqüência com que ocorrem as inundações na área de estudos?

| | ASE |
|---------------|------------|
| elevada | 0 0 0 |
| média | 1 1 1 |
| baixa ou nula | 2 2 2 |

Indicador da quantidade de chuva ao longo do tempo e a possibilidade de recorrência de eventos catastróficos.

Justificativa: No SsBC, devido às medidas de ordem estrutural, houve uma diminuição dos principais problemas.

9. Qual é a evolução dos sistemas fluviais na área de estudos?

| | ASE |
|------------|------------|
| senilidade | 0 2 2 |
| maturidade | 1 1 1 |
| juventude | 2 0 0 |

Indicador da posição relativa ao longo do sistema fluvial, aliado ao fator erosão, pelos processos transgressivos e regressivos marinhos, ocasionados por diversos fatores ao longo do tempo. Na senilidade, predominam planícies costeiras e redes de distributários; na maturidade, amplas planícies de inundações e depósitos de acreção lateral; na juventude, a erosão vertical em montanhas Christofolletti (1980).

Justificativa: O SsBC encontra-se na fase de senilidade, com predomínio de planícies costeiras e redes de distributários, como pode ser observado no mapa de perspectiva ortométrica do relevo. Predominam fases de assoreamento com acumulação de material sedimentar, que, por ingressões marinhas nas proximidades da foz do delta do rio Camaquã, ocasionam barreiras areno-siltosas, diminuindo sazonalmente o poder de vazão do rio e, conseqüentemente, inundam determinadas áreas. Sob o aspecto ambiental, o sistema fluvial senil é ruim, pois apresenta o somatório dos problemas provenientes de montante e, sob o aspecto social e econômico, é bom, pois nestes locais estão os amplos vales e planícies, com concentração de nutrientes de montantes que são importantes para o desenvolvimento urbano e econômico.

10. Quais são os tipos de canais fluviais que predominam na área de estudos?

| | ASE |
|----------------|------------|
| anastomosados | 0 0 0 |
| meandriiformes | 1 1 1 |
| retilíneos | 2 2 2 |

Indicador da relação declividade com a descarga, importante no processo de diluição e assimilação de poluentes, em certos trechos do rio, obtido pela fórmula $S=0,06 \times Q^{-44}$, onde S=declividade e Q=descarga. Canais anastomosados $S>2.30$ possuem alta vazão, declive, maior velocidade, maior capacidade no transporte de carga; os meandrantos $S \geq 1,5 < 2,3$ têm menor declive e descarga que o anterior; nos retilíneos $S<1,5$ o declive é diretamente

proporcional à vazão. O índice de sinuosidade representa a relação entre o comprimento do canal e o comprimento do eixo na porção central.

Justificativa: Trata-se de processo oriundo de ações endógenas e exógenas do planeta, onde as drenagens podem estar sobrepostas ou encaixadas em sistemas de fraturas e falhas geológicas, que, ao longo do tempo, aliado à hidrodinâmica e à divagação lateral dos cursos d'água, atribuem morfologias distintas ao longo de um mesmo rio ou curso d'água.

11. Qual é posição relativa dentro da bacia hidrográfica ou unidade maior de estudo?

| | ASE |
|----------------------|-------|
| zona de foz | 0 2 2 |
| zona do vale fluvial | 1 1 1 |
| zona de cabeceiras | 2 1 1 |

Indicador relativo do potencial de poluição por zona dentro da bacia hidrográfica. Quanto mais para a foz de um rio, maior é o potencial de poluição, inversamente proporcional às nascentes do mesmo. A zona de foz com presença de delta e seus distributários ou com estuário; a zona de vale fluvial com predomínio do canal principal; e a zona de cabeceiras com tributários na forma de leque. Devem ser analisadas as questões de urbanização, indústrias, mineração e formas de utilização da terra a montante.

Justificativa: O SsBC se situa na zona de foz, onde ocorre o somatório dos problemas de montante com áreas de mineração de ouro e outras, inclusive cobre, chumbo e zinco, desativada. Sob o aspecto ambiental, a zona de foz é ruim; sob o aspecto social e econômico, é bom, pois nestes locais estão os amplos vales e planícies com a concentração de nutrientes de montantes que são importantes para o desenvolvimento econômico e, conseqüentemente, urbano.

12. Qual é a relação referente à qualidade da água em termos de concentração de nitritos e nitratos (mg/L NO₂ e mg/L NO₃) na área de estudos?

| | ASE |
|------|-------|
| > 11 | 0 0 0 |
| = 11 | 1 1 1 |
| < 11 | 2 2 2 |

Indicador da medida de eutrofização. Ocasiona uma série de doenças.

Justificativa: Segundo a Resolução do CONAMA n° 20/86, os nitritos não devem passar de 1 mg/L NO₂, e os nitratos, de 10 mg/L NO₃. Os nitritos são mais tóxicos do que os nitratos, trazendo uma série de problemas aos organismos (Tabela 6.30; 6.31) (Figuras 6.43; 6.44).

13. Qual é a relação referente à qualidade da água em termos de concentração de oxigênio dissolvido (OD), em (mg/L O₂), na área de estudos?

| | ASE |
|-------------|------------|
| < 4 | 0 0 0 |
| entre 4 e 6 | 1 1 1 |
| > 6 | 2 2 2 |

Indicador da medida de eutrofização. Quantifica o grau de poluição por matéria orgânica e informa sobre o risco de extinção da fauna aquática. Mostra qual é a quantidade de oxigênio necessário para oxidar a matéria orgânica biodegradável.

Justificativa: Influencia diretamente na atividade fotossintética da flora. Segundo a Resolução do CONAMA n° 20/86, o seu valor deve ser superior a 6 mg/L O₂ (Tabela 6.25) (Figura 6.38).

14. Qual é a relação referente à qualidade da água em termos de concentração de demanda bioquímica de oxigênio (DBO) em (mg/L O₂) na área de estudos?

| | ASE |
|--------------|------------|
| > 10 | 0 0 0 |
| entre 3 e 10 | 1 1 1 |
| < 3 | 2 2 2 |

Indicador da medida de eutrofização. Quantifica o grau de poluição por matéria orgânica e informa sobre o risco de extinção da fauna aquática. Mostra qual é a quantidade de oxigênio necessário para oxidar a matéria orgânica biodegradável por ação bioquímica aeróbica.

Justificativa: Retrata as condições de diminuição do oxigênio dissolvido. Segundo a Resolução do CONAMA n° 20/86, o seu valor deve ser superior a 6 mg/L O₂ (Tabela 6.26) (Figura 6.39).

15. Qual é a relação referente à qualidade da água em termos de concentração de fósforo total (mg/L PO₄) na área de estudos?

| | ASE |
|---------|------------|
| > 0,025 | 0 0 0 |
| = 0,025 | 1 1 1 |
| < 0,025 | 2 2 2 |

Indicador da medida de eutrofização em meio hídrico.

Justificativa: São bioacumuladores e podem ter origem orgânica e inorgânica. Segundo a Resolução do CONAMA n° 20/86, os valores superiores a 0,025 mg/L PO₄ são prejudiciais ao meio hídrico (Tabela 6.29) (Figura 6.42).

16. Como é a qualidade da água em termos de concentração de sólidos suspensos em (mg/L) na área de estudos?

| | ASE |
|----------------|------------|
| > 400 | 0 0 0 |
| entre 25 e 400 | 1 1 1 |
| < 25 | 2 2 2 |

Indicador da medida de qualidade da água com relação à turbidez do meio.

Justificativa: a concentração dos sólidos suspensos induz o aquecimento da água e diminui a entrada da luz, responsável pelo processo da fotossíntese (Tabela 6.27) (Figura 6.40).

17. Como é a qualidade da água em termos de coliformes fecais em nmp/100mL na área de estudos?

| | ASE |
|-------------------|------------|
| > 4.000 | 0 0 0 |
| entre 200 e 4.000 | 1 1 1 |
| < 200 | 2 2 2 |

Indicador da medida de qualidade da água. Quantifica o grau de poluição por matéria orgânica e informa sobre o risco de extinção da fauna aquática.

Justificativa: Segundo a Resolução do CONAMA n° 20/86, a situação ideal é de que não ultrapasse a 200 nmp/100mL de coliformes fecais (Tabela 6.32) (Figura 6.46).

18. Existem quedas de água ao longo das drenagens e rios ou regime torrencial na área de estudos?

| | ASE |
|---------|------------|
| nenhuma | 0 0 0 |
| poucas | 1 1 1 |
| muitas | 2 2 2 |

Indicador da capacidade de oxigenação combatendo e diluindo o excesso de matéria orgânica no meio hídrico, fonte de turismo, lazer e crescimento econômico local.

Justificativa: O SsBC apresenta poucas quedas d'água e corredeiras junto ao seu curso. Em nível ambiental, social e econômico é médio, pois ocasiona pouca oxigenação das suas águas, com poucos locais de turismo e lazer e, conseqüentemente, pouca fonte de renda.

19. Existem organismos bioindicadores de águas limpas na área de estudos?

| | ASE |
|--------|------------|
| não | 0 1 0 |
| poucos | 1 1 1 |
| muitos | 2 0 2 |

Indicador de águas bem oxigenadas e limpas, por meio da presença de borrachudos, pitus, plantas aquáticas, etc. Deve ser considerado que borrachudo em excesso é um problema social.

Justificativa: Nas nascentes do SsBC, existem águas limpas com concentração de larvas de borrachudo, constituindo-se em um problema para o pessoal que vive na região.

20. Qual é a utilização de fertilizantes aplicados na produção agrícola?

| | ASE |
|--------|------------|
| muito | 0 1 2 |
| pouco | 1 1 1 |
| nenhum | 1 0 0 |

Indicadores do excesso de elementos químicos contaminadores, carregados dos solos para os meios hídricos superficiais e subterrâneos. Informa que o uso excessivo de fertilizantes empregados na agricultura tem um impacto negativo no solo e água, alterando, quimicamente, os níveis de nutrientes, ocasionando eutrofização. O valor médio para o Brasil é de 898 gr.

Justificativa: Para o ano de 2000, em função da baixa fertilidade do solo de 3ppm de P e 30 de K, a adubação em utilizou 350kg/ha. Equivalendo para uma área de 15.000ha, o total de fertilizante empregado foi de 5.250ton. Fonte: EMATER. No caso do SsBC, verificou-se, através das análises químicas da água, uma concentração em excesso de fósforo total, demonstrando um uso excessivo de adubo.

21. Qual é o volume de agrotóxicos aplicados na agricultura?

| | ASE |
|--------|------------|
| muito | 0 0 2 |
| pouco | 1 1 1 |
| nenhum | 2 1 0 |

Indicador do potencial de contaminação do meio natural, com herbicidas, pesticidas, praguicidas ou assemelhados e conseqüente destruição da flora e fauna terrestre e aquática. Informa que as espécies plantadas não estão devidamente adaptadas às condições locais químicas e físicas de capacidade de uso da terra. Interfere e reduz a biodiversidade.

Justificativa: Pesquisas norte-americanas demonstram que o DDT começou a produzir linhagem de insetos cada vez mais resistentes, além de permanecer inalterado por mais tempo no meio abiótico e causar acumulação progressiva nos meios abióticos, denominado potenciação (Myers, 1987). Causa nos organismos em geral, ao longo do tempo, uma tendência à esterilidade, pelo aumento do estrogênio dos indivíduos masculinos. O brometo de metila utilizado na fumicultura ocasiona a destruição da camada de ozônio. No SsBC, esses organoclorados apresentaram uma concentração de 0,14ng/g, produto da soma dos

DDTs e de 0,02ng/g para os HCHs, que estão abaixo da concentração média de vários outros países (modificado de Konrad e Naehrer, 1996).

22. Existem poluentes orgânicos industriais na área de estudo?

| | ASE |
|--------|------------|
| muitos | 0 1 2 |
| poucos | 1 1 1 |
| nenhum | 2 1 0 |

Indicador da degradação da qualidade da água. A média do Brasil: 0,1 kg/dia/km², em 1996.

Justificativa: Na região existem poucas indústrias; a maior concentração está na cidade de Camaquã.

23. Existem, na área de estudos, vertentes de água livre, com mata ciliar renovadora e reguladora dos recursos hídricos?

| | ASE |
|---------|------------|
| nenhuma | 0 1 1 |
| poucas | 1 1 1 |
| muitas | 2 2 2 |

Indicador de uso sustentável da água com processo de renovação dos recursos hídricos e mantenedor da fauna.

Justificativa: A figura 6.57 apresenta aspectos relativos à distribuição da vegetação do SsBC.

24. Qual é o percentual estimado de mata nativa devastada nos últimos 30 anos na área de estudos?

| | ASE |
|------------|------------|
| > 30 | 0 0 1 |
| 30 - 1 | 1 1 1 |
| inalterado | 2 2 1 |

Indicador que retrata as condições da ocupação antrópica, com a degradação ambiental visando lucros econômicos imediatos ou avanço das glebas agrícolas em direção aos recursos hídricos.

Justificativa: Numa análise comparativa dos fotogramas aéreos de 1964/65 com as de 1996 e imagens de satélite mais recentes, foi possível ter-se uma visão do processo de devastação das matas nativas do SsBC. No geral não foi superior a 30%.

25. Qual é a densidade do sistema de fraturas, falhas e confinamento em meio poroso dos recursos hídricos dos aquíferos subterrâneos?

| | ASE |
|-------|------------|
| baixa | 2 2 2 |

| | |
|-------|-------|
| média | 2 1 1 |
| alta | 1 1 1 |

Indicador da possibilidade de obtenção de água subterrânea, para suprir as necessidades básicas de abastecimento dos núcleos populacionais e dessedentação de animais.

Justificativa: O SsBC apresenta um predomínio da baixa densidade de fraturas e falhas, devido à grande cobertura sedimentar que mascara e propicia o confinamento em aquíferos de meios porosos. Quanto aos aspectos ambientais, os meios porosos estão sujeitos a um impacto menor em relação ao meio fraturado. Isto se deve à cobertura sedimentar sobre o embasamento, propiciando dois tipos de recarga sedimentar e fraturada, dependendo da profundidade do poço tubular, ao mesmo tempo que apresenta uma maior capacidade de solubilização do flúor, que, segundo a atual legislação (portaria do MME), não pode ultrapassar 2ppm/L. Em termos sociais e econômicos tem-se uma possibilidade de maior vazão. Nos corpos litológicos fraturados do embasamento cristalino, o problema de contaminação se agrava, pois na região existem muitas áreas com cultivos de fumo e arroz, o que pode gerar contaminações nesses aquíferos confinados e de padrão fraturado que apresentam comunicações entre si. Cabe salientar que existe a possibilidade de ocorrência de águas de *uso nobre* para envase e comercialização, mas são extremamente suscetíveis à contaminação.

26. Qual é a quantidade de água subterrânea retirada da recarga anual?

| | |
|---------|------------|
| | ASE |
| elevada | 0 0 0 |
| média | 1 1 1 |
| baixa | 2 2 2 |

Indicador do rumo ao insustentável pela falta de água.

Justificativa: O SsBC apresenta retirada de água subterrânea baixa na região, porém deve ser analisada a qualidade desta água em função dos aspectos de poluição pela utilização de defensivos agrícolas e fertilizantes em excesso. Em termos ambientais, sociais e econômicos, a atual retirada é baixa, devido ao pequeno número de poços tubulares destinados à captação de água subterrânea existente na região.

27. Que contingente da população urbana tem acesso a água tratada na área de estudos (%)?

| | |
|------|------------|
| | ASE |
| < 80 | 0 0 0 |
| = 80 | 1 1 1 |
| > 80 | 2 2 2 |

Indicador relativo da capacidade econômica para proporcionar saúde ambiental, reduzindo os riscos com as doenças associadas a água, exposição de poluentes e falta de tratamento adequado. A média do Brasil é de 80%, de 1990-96.

Justificativa: O SsBC apresenta, para as sub-bacias do arroio Duro/Sanga Formosa, onde se situa a cidade de Camaquã, e a do arroio Palanque, onde está a cidade de Cristal, um valor acima de 80% da população urbana com acesso a água tratada, pois nesses locais se concentra a maior parte da população da região. Porém, para as demais sub-bacias e microbacias hidrográficas, é inferior (Tabela 4.3).

28. Que contingente da população rural tem acesso a água tratada na área de estudo (%)?

| | ASE |
|-------|------------|
| < 28% | 0 0 0 |
| = 28% | 1 1 1 |
| > 28% | 2 2 2 |

Indicador relativo a capacidade econômica para proporcionar saúde ambiental, reduzindo os riscos associados às doenças relacionadas com a água e a exposição de poluentes. A média do Brasil é de 28%, de 1990-96.

Justificativa: O SsBC apresenta valor inferior à média brasileira (Tabela 4.3).

29. Qual é o número de estações de monitoramento de qualidade da água a cada 2000km², na área de estudos?

| | ASE |
|---------|------------|
| nenhuma | 0 0 0 |
| 1 | 1 1 1 |
| > 1 | 2 2 2 |

Indicador relativo que busca os parâmetros ambientais ideais da qualidade da água para saúde humana. É importante o esforço para o monitoramento dos poluentes, demonstrando como uma economia progride com a salvaguarda da saúde e do ambiente.

Justificativa: O SsBC não apresenta estação de monitoramento da qualidade da água a não ser alguns trabalhos defasados no tempo como o de Konrad e Naeher (1996), para o período de 1994 a 1996, ECOPLAN (1998), para o período de 1997 e este trabalho de 1997 até 1999.

30. Existe déficit de água para irrigação, em determinados anos?

| | ASE |
|--------|------------|
| muito | 0 1 2 |
| pouco | 1 1 2 |
| nenhum | 1 1 1 |

Indicador da disponibilidade de água retirada dos mananciais superficiais e subterrâneos, importante para prever o balanço hídrico da região.

Justificativa: Acima de Cristal, onde se situa o posto do Passo do Mendonça, existe um déficit em determinados anos, podendo refletir-se em futura escassez, pois a retirada é da ordem de $19\text{m}^3/\text{s}$, e as vazões históricas mínimas variam de $10\text{m}^3/\text{s}$ a $30\text{m}^3/\text{s}$ (Anexo A10).

31. Qual é a precipitação média anual da área de estudo (mm)?

| | ASE |
|-----------------|------------|
| < 250 | 0 0 0 |
| entre 250 e 900 | 1 1 1 |
| > 900 | 2 2 2 |

Indicador da disponibilidade hídrica, em termos de recarga dos aquíferos e mananciais superficiais, além de suprir as plantas com umidade suficiente. As precipitações menores do que 250mm podem caracterizar os biomas: deserto, campo-tundra ártica e alpina; entre 250mm e 900mm, os biomas: campo, floresta de conífera e tundra ártica e alpina; e maior do que 900mm, os biomas: tundra ártica, floresta de coníferas, floresta decídua e floresta tropical, dependentes da temperatura associadas.

Justificativa: O SsBC apresenta uma precipitação média anual de 1.200mm, segundo os dados consistidos do INMET de 1931 a 1990, *apud* Atlas Sócio Econômico do Rio Grande do Sul (1998). Em termos ambientais, sociais e econômicos, é muito bom, pois disponibiliza a recarga dos aquíferos; disponibiliza água para dessedentação humana e animal e propicia a irrigação.

32. Quanto de metal pesado Pb tem nos solos e/ou sedimentos e/ou na água, na área de estudos (mg/L Pb)?

| | ASE |
|--------|------------|
| > 0,03 | 0 0 0 |
| = 0,03 | 1 1 1 |
| < 0,03 | 2 2 2 |

Indicador de que o Pb propicia a anemia, insuficiência renal, problemas com o sistema nervoso, convulsões e cólicas.

Justificativa: O Chumbo é um metal tóxico, que tende a se acumular nos tecidos do homem e de outros animais. A Resolução do CONAMA nº 20/86 estipula um limite máximo de 0,03 mg/L Pb nas águas da Classe 1 e 2. O valor do Cu total é 4,1 vezes maior do que o Cu mobilizado, e superior ao valor estipulado pelo CONAMA; porém o mobilizado fica abaixo (Figura 6.55).

33. Quanto de metal pesado Hg tem nos solos e/ou sedimentos e/ou na água, na área de estudo ($\mu\text{L Hg}$)?

| | ASE |
|-----------------|------------|
| > 2,0 | 0 0 0 |
| entre 2,0 e 0,2 | 1 1 1 |
| < 0,2 | 2 2 2 |

Indicador de que o Hg ataca o cérebro com epilepsia e encefalite e, quando queimado, provoca debilidade mental, tonturas, amolecimento dos dentes e enfraquecimento das pernas. O mercúrio é gerado, em grande parte, pelos garimpos e indústrias.

Justificativa: A Resolução CONAMA nº 20/96 determina para as águas a concentração de mercúrio, da Classe 1 e 2, teores máximos de 0,0002 mg/L (= 0,2 $\mu\text{g/L}$) e, para a classe 3, um limite de 2,0 $\mu\text{g/L}$. Segundo a ECOPLAN (1998), o padrão de mercúrio foi extrapolado, enquadrando as águas do rio Camaquã na Classe 2. Concentrações de 0,015ppm a 3,0ppm tem sido indicadas como tóxicas, em águas doces, para muitas espécies de peixes, crustáceos, moluscos e plâncton em geral.

34. Quanto de metal pesado Ni tem nos solos e/ou sedimentos e/ou água da área de estudos (mg/L Ni)?

| | ASE |
|---------|------------|
| > 0,025 | 0 0 0 |
| = 0,025 | 1 1 1 |
| < 0,025 | 2 2 2 |

Indicador de que o Ni, Cu e As promovem o câncer pulmonar quando inspirados.

Justificativa: A Resolução CONAMA nº 20/86 estabelece a concentração máxima de 0,025 mg/L Ni para águas das classes 1, 2 e 3. O níquel, para as águas do rio Camaquã, segundo dados da ECOPLAN (1998), ficou dentro dos padrões de qualidade da Classe 1.

35. Quanto de metal pesado Cu tem nos solos e/ou sedimentos e/ou na água, na área de estudos (mg/L Cu)?

| | ASE |
|------------------|------------|
| > 0,5 | 0 0 0 |
| entre 0,02 e 0,5 | 1 1 1 |
| < 0,02 | 2 2 2 |

Indicador Cu e Zn ocasionam morte e intoxicação; e o Ni, Cu e As promovem o câncer pulmonar quando inspirados. O cobre é também originário das lavouras, como combate aos fungos.

Justificativa: A Resolução CONAMA nº 20/86 especifica que o limite máximo de 0,02 mg/L Cu pode estar presente nas águas das classes 1 e 2 e 0,5 mg/L Cu nas da classe 3.

36. Quanto de metal pesado Zn tem nos solos e/ou sedimentos e/ou na água, da área de estudos (mg/L)?

| | ASE |
|------------------|------------|
| > 5,0 | 0 0 0 |
| entre 0,18 a 5,0 | 1 1 1 |
| < 0,18 | 2 2 2 |

Indicador da medida de qualidade da água. O Cu e Zn ocasionam morte e intoxicação; e o Ni, Cu e As promovem o câncer pulmonar quando inspirados. Ocasionalmente a morte dos organismos aquáticos.

Justificativa: A Resolução CONAMA nº 20/86 estabelece, para águas doces das classes 1 e 2, o limite máximo de 0,18 mg/L Zn e, para a classe 3, o máximo de 5,0 mg/L Zn. Os valores médios para o Passo do Mendonça ficaram abaixo, situando-se na Classe 1.

37. Existem locais para tratamento de poluentes orgânicos domésticos na área de estudos?

| | ASE |
|--------|------------|
| nenhum | 0 0 0 |
| poucos | 1 1 1 |
| muitos | 2 2 2 |

Indicador da degradação da qualidade da água, pois o esgoto doméstico é rico em matéria orgânica, ocasionando a morte dos peixes e outros organismos pela asfixia (anoxia ambiental). Os microorganismos que proliferam-se necessitam baixas concentrações de oxigênio, em torno de 1,0mg/L O₂, enquanto que os peixes precisam de 3mg/L O₂ a 4mg/L O₂.

Justificativa: As observações de campo possibilitaram observar que, na periferia das cidades, não existem condições de esgoto e, na região rural, a situação é pior ainda dentro do SsBC.

38. Qual é o número de cemitérios e túmulos existentes na área de estudos?

| | ASE |
|-----------|------------|
| >6 | 0 0 0 |
| entre 1-6 | 0 1 0 |
| nenhum | 2 1 1 |

Indicador da qualidade dos recursos hídricos subterrâneos. Quanto maior o número de cemitérios, maior será o problema de contaminação dos aquíferos com chorume, líquido proveniente da degradação da matéria orgânica, altamente poluidor.

Justificativa: Para os recursos hídricos, crematórios são uma das saídas para este problema que se alastra em função do crescimento demográfico e, conseqüentemente, do maior número de óbitos. Os cemitérios e túmulos do SsBC totalizam 62 locais, sendo 51 cemitérios e onze túmulos (Quadro 6.1). O valor médio ficou em torno de seis cemitérios. Isto equivale, no SsBC, a uma área com valor médio de 58,9km² para cada cemitério.

Quadro 6.1 -Número de cemitérios e túmulos presentes por sub-bacia e microbacias do SsBC

| <i>Sub-bacias/Microbacias</i> | Cemitérios | Túmulos |
|----------------------------------|-------------------|----------------|
| <i>Arroio Santa Isabel</i> | 2 | |
| <i>Arroio Evaristo</i> | 10 | |
| <i>Arroio do Sapato</i> | 15 | 6 |
| <i>Arroio Duro/Sanga Formosa</i> | 12 | 2 |
| <i>Ilha do Vianez</i> | 1 | |
| <i>Ruínas</i> | 1 | |
| <i>Granja São Geraldo</i> | 1 | |
| <i>Arroio do Palanque</i> | 2 | 2 |
| <i>Ilha de Santo Antônio</i> | 2 | 1 |
| <i>Total</i> | 51 | 11 |

(Fonte: Observações em campo e cartas do SGE)

39. Qual é a concentração de NO anual na área de estudo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)?

ASE

alta 0 0 0

média 1 1 1

baixa 2 2 2

Indicador que mede a qualidade do ar urbano, pois emissões em excesso contribuem para a má qualidade do ar.

Justificativa: Este indicador não tem monitoramento na área de estudo.

40. Qual é a concentração de SO₂ anual, na área de estudo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)?

ASE

> 37,89 0 0 0

= 37,89 1 1 1

< 37,89 2 2 2

Indicador que mede a qualidade do ar, pois emissões em excesso contribuem para a má qualidade do ar. A média do Brasil de SO₂ urbano anual é de 37,89 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (dados de 1990-95).

Justificativa: Este indicador não tem monitoramento na área de estudo.

41. Existem líquens e musgos na área de estudos?

| | ASE |
|-------------------|------------|
| nenhum a 12,5% | 0 0 1 |
| entre 12,5% a 50% | 1 1 1 |
| > 50% | 2 2 1 |

Indicador de poluição atmosférica por dióxido de enxofre, óxido de enxofre e fluoretos que acidificam e destroem a clorofila. É necessário um conhecimento sobre a ecologia de líquens para conclusões mais apropriadas. O grau de percentual de cobertura indica o quanto a área do tronco das árvores está recoberto por líquens. A falta de líquens indica poluição atmosférica.

Justificativa: Este indicador não foi avaliado para a área de estudo.

42. Qual é a concentração dos particulados anuais na área de estudo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)?

| | ASE |
|---------|------------|
| > 53,10 | 0 0 1 |
| = 53,10 | 0 1 1 |
| < 53,10 | 2 2 1 |

Indicador que mede a qualidade do ar. A média do ar urbano no Brasil é de 53,10 (dados de 1990-95).

Justificativa: Este indicador não foi avaliado para a área de estudo.

43. Qual é a emissão de compostos orgânicos voláteis em ton. métricas/ km^2 na área de estudos?

| | ASE |
|---------|------------|
| elevada | 0 0 2 |
| média | 1 1 1 |
| baixa | 2 2 0 |

Indicador de que as emissões contribuem para a má qualidade do ar.

Justificativa: Este indicador não foi avaliado para a área de estudo.

44. Existe muito tráfego aéreo e terrestre sobre a área de estudos?

| | ASE |
|-------|------------|
| muito | 0 2 2 |
| pouco | 2 1 1 |
| raro | 2 1 1 |

Indicador da contaminação do ar pela queima de combustíveis fósseis, prejudicando as camadas da atmosfera e auxiliando no efeito estufa, ação que age sobre todo o globo terrestre e influencia no clima.

Justificativa: O SsBC não apresenta rota de aviões comerciais, e o fluxo de automóveis e caminhões é baixo pelo pequeno número de vias de acesso e destino asfaltados.

45. Qual é a direção dos ventos em relação aos tipos de indústrias e locais urbanizados?

| | ASE |
|------------------------------------------------|------------|
| em direção aos locais urbanizados | 0 0 2 |
| parcialmente em direção aos locais urbanizados | 1 1 2 |
| em direção oposta aos locais urbanizados | 2 2 2 |

Indicador de áreas que são afetadas por poluição aérea, em função da direção e do sentido dos ventos predominantes, dependentes da posição das áreas urbanas em relação ao parque industrial. Em outras situações, dispersam os poluentes atmosféricos e, quando ausentes, podem concentrar-se em situação de inversão térmica.

Justificativa: Esta questão não foi analisada para a área de estudo.

46. Qual é o número de indústrias com potencial poluidor na área de estudos?

| | ASE |
|------------|------------|
| > 20 | 0 1 2 |
| entre 1-20 | 0 1 1 |
| nenhuma | 2 1 0 |

Indicador da geração de poluição. Essas indústrias devem ser enquadradas em termos ambientais, para tomarem providências a fim de melhorar a qualidade do ar e da água. Informa também da geração de mão-de-obra.

Justificativa: Os locais do SsBC, com indústrias potencialmente poluidoras, são Camaquã e Cristal.

47. Quais são as condições do relevo com ação antrópica indutora de degradação dos solos?

| | ASE |
|---------|------------|
| elevada | 0 0 0 |
| média | 1 1 1 |
| baixa | 2 2 2 |

Indicador do mau uso da terra. Representam a destruição das matas ciliares, ocupação de encostas com elevada declividade, desmatamento e queimadas. Informa sobre a expansão dos processos de degradação dos solos em relação à nação. No Brasil, é de 1,62%, para 1990.

Justificativa: Nas áreas de montantes do SsBC e nas matas ciliares, ocorre a maioria dos processos de degradação ambiental (Figura 6.10).

48. Existe atividade vulcânica explosiva ou há áreas com solos de origem vulcânica na área de estudos?

| | ASE |
|---------|-------|
| muita | 2 2 2 |
| pouca | 1 1 1 |
| nenhuma | 0 1 1 |

Indicador da ocorrência de fenômenos naturais que dependem de forças endógenas do planeta Terra ou da presença de paleovulcanismo, que, pelo intemperismo físico e químico, adicionam minerais, nutritivos às plantas, nos solos de uma determinada região, porém deve haver ressalvas para os casos da existência de núcleos urbanizados nas proximidades de áreas com vulcanismo ativo.

Justificativa: Contempla bacias hidrográficas situadas nas proximidades de regiões vulcânicas. Os elementos químicos resultantes das explosões vulcânicas podem ser agregados aos solos e virem a contribuir com nutrientes dos solos. Exemplo desta natureza ocorreu, em abril de 1993, quando as cinzas do vulcão Lascar, no Chile chegaram até o Rio Grande do Sul, contribuindo para a incorporação de materiais e nutrientes primários. Porém, esse caso, é situação rara que depende de uma grande explosividade vulcânica e da direção, assim como, a intensidade dos ventos das camadas superiores da atmosfera.

49. Qual é a declividade na área de estudos?

| | ASE |
|---------------------------------|-------|
| muito forte (> 20%) | 0 0 0 |
| forte a média (entre 20% e 10%) | 1 1 1 |
| fraca a muito fraca (< 10%) | 2 2 2 |

Indicador das condições do relevo, mostrando maior ou menor susceptibilidade a pluvioerosão. Um terreno com declividade de 4,5% leva, em média, 31.944 anos para perder 1cm de solo, em áreas cobertas por florestas; em áreas com gramíneas, 4.564 anos; em áreas com pomar, 6,1 anos; em áreas com cultura de algodão, 2,6 anos; em áreas com solo nu, 1 ano, de acordo com Silva (1997).

Justificativa: O SsBC apresenta um predomínio da declividade clinográfica fraca, ou seja, menor do que 10%. Em nível ambiental, social e econômico, é muito bom, pois favorece uma utilização mais racional da terra, devendo ser protegidas as áreas relacionadas com alta declividade, a fim de evitar o processo de erosão acelerada e a perda dos nutrientes dos solos (Tabela 6.13) (Figura 6.60).

50. Existem locais com processos de *arenização* e erosão acelerada dos solos?

| | ASE |
|-----------------------|-------|
| muitos locais | 0 0 0 |
| poucos locais | 1 1 1 |
| raros ou nenhum local | 2 2 2 |

Indicador das condições de mau uso da terra. Presença de tufo de gramíneas em montes de pedras denotam erosão. Presença de sulcos, ravinas e, em estágios mais avançados, de voçorocas, quando atingem o lençol freático.

Justificativa: O SsBC, de uma maneira geral, apresenta poucos locais com áreas de declive superior a 15%. Essas áreas devem ser protegidas, e deve-se incentivar, naqueles locais depredados, o plantio de árvores nativas, a fim de evitar problemas de movimentos de massa ou erosão acelerada. Em termos ambientais, sociais e econômicos, a região apresenta pequenas áreas que denotam pequenos problemas sociais e econômicos (Figura 6.3).

51. Existem acúmulos de barras e ilhas arenosas na área de estudos?

| | ASE |
|---------|-------|
| muitas | 0 1 0 |
| poucas | 1 1 1 |
| nenhuma | 2 1 1 |

Indicador das condições de assoreamento do leito em função do mau uso da terra, desmatamento das matas ciliares e outros fatores de degradação.

Justificativa: O SsBC apresenta várias barras arenosas e ilhas de barreira denotando grande problema de assoreamento, propiciado pelo avanço na ocupação e uso da terra até as margens do rio, não se respeitando a mata ciliar, protetora. Em conversa com antigos moradores da região, estes reportam que a profundidade do rio Camaquã, em vários trechos, era bem maior do que a atual, permitindo a navegação de embarcações com calado maior. Hoje em dia, é possível em condições de vazão normal, atravessar o rio caminhando, com água pelo peito, com 1,2 m, em vários trechos.

52. Qual é a suscetibilidade à erosão dos solos na área de estudos?

| | ASE |
|----------|-------|
| forte | 0 1 0 |
| moderada | 1 1 1 |
| fraca | 2 2 2 |

Indicador do tipo de solo associado à sua declividade. Demonstra os locais mais propícios a serem utilizados.

Justificativa: No SsBC, ocorre um predomínio da susceptibilidade alta da erosão associada aos NEOSSOLOS LITÓLICOS, associação desses com os Afloramentos de Rocha, e NEOSSOLOS LITÓLICOS + ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS e ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS, com declividade superior a 8,2% (Figuras 6.8; 6.10).

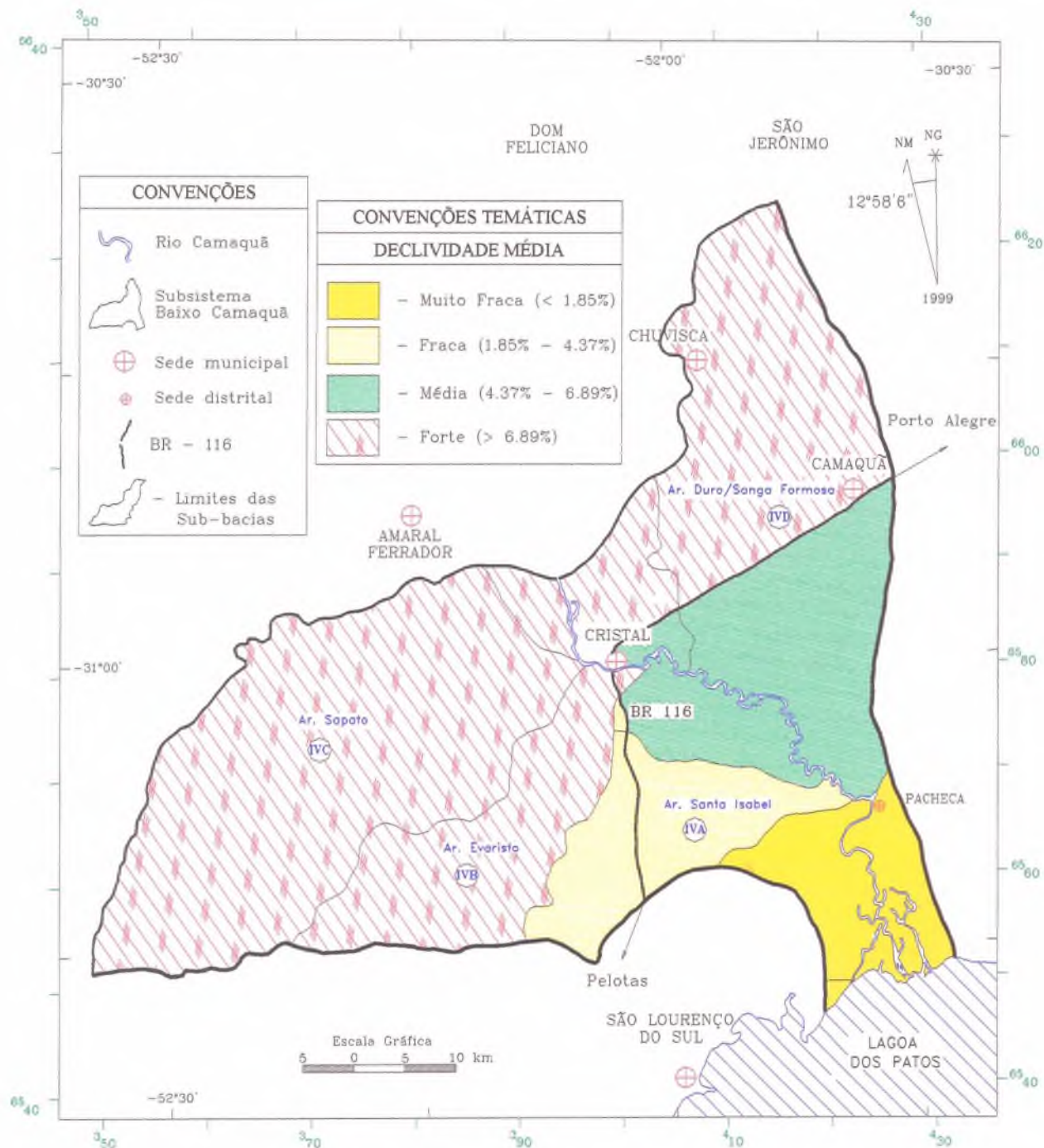


Figura 6.59 - Carta de declividade média do SsBC

53. São efetuados periodicamente ensaios químicos com os solos da área de estudos?

ASE

nunca

0 1 0

| | |
|----------|-------|
| às vezes | 1 1 1 |
| sempre | 2 1 2 |

Indicador do melhor aproveitamento da terra, proporcionando a maneira de estruturar a sua devida correção em termos de macro e micronutrientes dos solos. Importante a confecção de um banco de dados municipal, com disposição espacial dos macros e micronutrientes. Porém, se a adubação, ou seja, a utilização de fertilizantes for em excesso, pode ocasionar problemas de eutrofização dos meios hídricos.

Justificativa: Existem locais do SsBC em que são realizadas aplicações constantes de adubos, porém sem um devido acompanhamento das análises químicas com estruturação de um banco de dados para tal finalidade. A aplicação de fertilizantes deve ser feita somente nos locais que realmente necessitam.

54. Qual é o pH dos solos na área de estudos?

| | ASE |
|--------------|------------|
| ácida < 5 | 0 1 0 |
| alcalina > 9 | 0 1 0 |
| neutra = 7 | 1 1 1 |

Indicador de que quanto mais ácido é o solo, os seus nutrientes se tornam insolúveis, impedindo a assimilação por parte das raízes das plantas. O contrário ocasiona a solubilização excessiva. Tudo depende do tipo de cultura a ser associada, pois algumas requerem solos mais alcalinos e outras mais ácidas.

Justificativa: Este indicador não foi medido.

55. Existem nas encostas terraços ou medidas conservacionistas para evitar a aceleração da erosão na área de estudos?

| | ASE |
|------------------------|------------|
| em nenhuma propriedade | 0 0 0 |
| em poucas propriedades | 1 1 1 |
| em muitas propriedades | 2 2 2 |

Indicador do uso de medidas que minimizam os processos erosivos.

Justificativa: O SsBC apresenta, em função da orizicultura e fumicultura, vários locais com curvas de nível, para canalizar a água de irrigação e, também, para conter os processos erosivos nos locais de maior declividade.

56. Existem espécies de plantas ameaçadas na área de estudos?

| | ASE |
|--------|------------|
| várias | 0 1 0 |
| poucas | 1 1 1 |

nenhuma 2 1 1

Indicador com medida subjetiva da biodiversidade das plantas. A média do Brasil é de 0,01%, em 1994.

Justificativa: Por falta de uma análise mais detalhada das espécies vegetais, este indicador não foi contemplado.

57. Existem áreas com vegetação nativa que estão sendo paulatinamente devastadas na área de estudos?

| | ASE |
|---------|------------|
| muitas | 0 0 1 |
| poucas | 1 1 1 |
| nenhuma | 2 2 2 |

Indicador subjetivo da perda de biodiversidade das plantas. Informa sobre as condições de degradação do habitat. Segundo os dados do Fundo Mundial para Natureza (WWF), a devastação, pela extração da madeira, para fins energéticos e moveleiro, da Floresta Amazônica está em 15%; do Cerrado é de 50%; da Mata Atlântica, 93%. Indica que as florestas são ecossistemas-tipo, em termos de biodiversidade, e estão próximas a banhados. Sua contínua perda, ao longo do tempo, ocasiona a condição insustentável do meio e pode ocasionar modificações na biodiversidade. A média do Brasil é de 0,5%, em 1990-95.

Justificativa: Na região de orizicultura, associado às porções de planícies do SsBC, muitos locais de banhados foram, paulatinamente, modificados em função dos processos de mecanização empregados na produção mais eficiente do arroz (Figura 6.57).

58. Existem locais com repovoamento de espécies em extinção na área de estudos?

| | ASE |
|--------|------------|
| nenhum | 0 1 1 |
| poucos | 1 1 1 |
| muitos | 2 1 1 |

Indicador subjetivo do nível de preocupação, preservação e proteção ambiental.

Justificativa: Em nenhuma das áreas do SsBC foi observada tal preocupação.

59. Existem espécies de aves ameaçadas na área de estudos?

| | ASE |
|---------|------------|
| várias | 0 1 1 |
| poucas | 1 1 1 |
| nenhuma | 2 1 1 |

Indicador como medida subjetiva da biodiversidade das aves. A média do Brasil é de 0,07%, em 1996. Aponta para a falta de frutos e sementes dentro das rotas migratórias da avifauna ou, até mesmo, envenenamento por agrotóxicos e praguicidas.

Justificativa: O SsBC apresenta duas aves em extinção, cinco raras e duas vulneráveis ao meio (Tabela 6.44).

60. Existem espécies de mamíferos ameaçados na área de estudos?

| | ASE |
|---------|------------|
| vários | 0 1 1 |
| poucas | 1 1 1 |
| nenhuma | 2 1 1 |

Indicador subjetivo como medida da biodiversidade dos mamíferos. A média do Brasil é de 0,18%, em 1996.

Justificativa: Existem, no SsBC, dois mamíferos raros e um em extinção (Tabela 6.43).

61. Existem locais com piscicultura voltada ao lazer e suprimento de alimentação na área de estudos?

| | ASE |
|--------|------------|
| nenhum | 1 1 1 |
| poucos | 2 1 1 |
| vários | 0 2 1 |

Indicador do potencial ecoturístico, fonte de alimento local e rendimento. Porém deve-se considerar que se áreas férteis são ocupadas por açudes, estas não podem mais produzir alimentos agrícolas.

Justificativa: Em muitos casos, a camada fértil do solo é retirada e, muitas vezes, mal armazenada para reaproveitamento em outros locais.

62. Existem plantações de eucaliptos em regiões elevadas da área de estudos?

| | ASE |
|---------|------------|
| muitas | 0 1 2 |
| poucas | 1 1 1 |
| nenhuma | 2 1 1 |

Indicador que o eucalipto é uma "bomba hidráulica", pois tem uma alta taxa de evapotranspiração. Com isto, rebaixa facilmente o lençol freático. Ele é ideal para áreas onde se queira reduzir a quantidade de água, como banhados e alagadiços.

Justificativa: Devem ser utilizadas espécies nativas, tais como: braacatinga, molungo, angico, jacarandá, pau-brasil e outras, conforme as condições ambientais, pois enriquecem o solo com nitrogênio (Figura 6.57).

63. Existem plantações de *pinus* na área de estudos?

| | ASE |
|---------|------------|
| muitas | 0 0 2 |
| poucas | 1 1 1 |
| nenhuma | 2 1 1 |

Indicador das condições de depauperação das propriedades dos solos e diminuição da biodiversidade, inclusive dos solos, devido à resina orgânica liberada por tal vegetação ser tóxica aos demais organismos.

Justificativa: Devem ser utilizadas espécies nativas, tais como: braacatinga, molungo, angico, jacarandá, pau-brasil e outras, conforme as condições ambientais, pois enriquecem o solo com nitrogênio (Figura 6.57).

64. Existem lavras e minerações na área de estudos?

| | ASE |
|---------|------------|
| muitas | 0 2 2 |
| poucas | 1 1 1 |
| nenhuma | 2 0 0 |

Indicador das condições de modificação do habitat e possível fonte de poluição dos aquíferos e ar da região, pois a quantidade diária de material movimentado é grande, além dos produtos químicos que extravasam dos lagos de decantação ou são jogados diretamente na água e no ar. Devem ser consideradas também as contribuições provenientes de montante. Indica também sobre as possíveis gerações de recursos econômicos nos locais e imediações.

Justificativa: O SsBC apresenta cinco tipos de retirada de material: areia fora e em recursos hídricos; granitos utilizados na construção civil; feldspato potássico nas indústrias de cerâmica e vidro; e estanho na indústria eletroeletrônica. A maior exploração é a de areia, com várias áreas requeridas no leito do rio Camaquã e cadastradas com licenciamento e pedido de pesquisa junto ao DNPM e à FEPAM (Figura 6.7).

65. Qual é a relação entre a população urbana e a rural?

| | ASE |
|------------------------|------------|
| urbana > rural | 0 1 1 |
| urbana < rural | 1 0 1 |
| urbana \approx rural | 2 2 2 |

Indicador da relação entre as populações urbana e rural mostra se está ou não havendo um êxodo rural; se as relações se mantêm; ou se está havendo um êxodo urbano. O crescimento dos cinturões de marginalidade nas cidades tem aumentado com a migração do pessoal proveniente do meio rural. Desta maneira ocorre falta de mão-de-obra para a terra, e quando

ocorre o inverso, a migração das classes mais abastadas para o meio rural, ocasiona uma falta de mão-de-obra especializada, mas, pelas melhores condições econômicas, pode gerar mais empregos e distribuir melhor a renda entre as populações menos abastadas, quando a situação não for de latifúndio.

Justificativa: No SsBC, existe um equilíbrio entre a população rural e a urbana (Tabela 4.3).

66. Qual é densidade populacional da área de estudos?

| | ASE |
|------------------------------|------------|
| > 50 hab./km ² | 0 1 1 |
| = 25-50 hab./km ² | 1 1 1 |
| < 25 hab./km ² | 2 1 0 |

Indicador de que, quanto maior for a densidade populacional, pior se torna a qualidade de vida, e a distribuição da renda tende a ficar cada vez mais desigual. Áreas desabitadas são consideradas com cinco pessoas por km². Segundo dados de contagem da população, de acordo com o IBGE de 1996, a densidade demográfica no Brasil varia de 0,1hab./km² até 12.409,2 hab./km².

Justificativa: Segundo dados censitários da FEE de 1997 e cálculos realizados neste trabalho, a densidade populacional estimada do SsBC é de 24,30 hab./km², em função da área total e das sedes municipais presentes dentro do subsistema. A sub-bacia do arroio Duro/Sanga Formosa apresenta uma densidade média de 60,40hab.km², e a microbacia do arroio Palanque é de 50,04hab.km² (Tabelas 4.3; 6.18).

67. Qual é a tendência do crescimento populacional da área de estudos nos últimos cinco anos?

| | ASE |
|--------------|------------|
| positiva | 0 1 1 |
| estabilizada | 1 1 1 |
| negativa | 2 1 2 |

Indicador de que o alto crescimento populacional representa estresse ambiental. O Brasil apresentou, nos últimos cinco anos, um crescimento médio de 1,31 hab./km².

Justificativa: Quanto maior é a população de uma região, maiores são os problemas ambientais em termos de equidade social e, por consequência, os econômicos. O crescimento populacional médio do SsBC foi de 0,29hab./km² para os anos de 1997 a 1998.

68. Qual é o predomínio espacial na utilização da terra na área de estudos?

| | ASE |
|-------------------------|------------|
| latifúndio > minifúndio | 2 0 1 |
| latifúndio = minifúndio | 2 2 2 |

latifúndio < minifúndio 1 2 2

Indicador sobre a ocupação da terra e geração de empregos e subsistência básica. Informa sobre a obtenção de divisas, propiciado pela exportação dos excedentes da produção, porém os latifúndios concentram a renda na mão de poucos.

Justificativa: SsBC apresenta a orizicultura com predomínio de latifundiários e a fumiicultura e demais culturas para minifundiários.

69. Existem grandes áreas de pastagens na área de estudos?

| | ASE |
|---------|------------|
| muitas | 1 1 2 |
| poucas | 1 1 1 |
| nenhuma | 1 1 0 |

Indicador da degradação do habitat original. Verificar se são ou não campos naturais.

Justificativa: O SsBC possui vários locais de plantação de arroz onde é realizada uma rotação de pecuária e agricultura.

70. Qual é a quantidade de adubo sintético gasto por ano na área de estudos?

| | ASE |
|--------|------------|
| muito | 0 0 2 |
| pouco | 1 1 1 |
| nenhum | 2 2 1 |

Indicador da poluição dos solos, águas superficiais e lençol de água subterrânea, por superfosfatos que contêm a presença de metais tóxicos que se concentram nos solos, podendo até mesmo esterilizá-los.

Justificativa: Este indicador não foi devidamente avaliado para o SsBC.

71. Ocorrem, com freqüência, queimadas na área de estudos?

| | ASE |
|---------|------------|
| muita | 0 1 2 |
| pouca | 1 1 1 |
| nenhuma | 2 2 1 |

Indicador do método primitivo e barato para a rápida retirada da vegetação. As queimadas contribuem com 3% do total de gás carbônico gerado por outros meios. As queimadas são responsáveis pela destruição e calcinação dos microorganismos existentes nos solos, alcalinizando-os temporariamente. A tendência é ocorrer a contínua perda da produtividade.

Justificativa: O SsBC apresenta alguns focos de queimadas mensais. Falta de educação ambiental dos proprietários ou arrendatários da terra.

72. Existe subdivisão da bacia ou sistema hidrográfico na área de estudos?

| | ASE |
|------------------------|------------|
| nenhuma subdivisão | 0 0 0 |
| subsistemas/sub-bacias | 1 1 1 |
| microbacias | 2 2 2 |

Indicador da existência de estudos anteriores sobre a região e, com isto, pode haver a contribuição para auxiliar no conhecimento e desenvolvimento. A subdivisão está relacionada com as escalas cartográficas > 1:250.000; entre 1:250.000 e 1:50.000; e < 1:50.000.

Justificativa: Já existe uma caracterização física da área dentro de uma determinada escala espacial de abordagem. No caso do SsBC, possui a subdivisão de quatro sub-bacias e cinco microbacias hidrográficas. Quanto maior for o grau de detalhamento, melhor será o meio em termos ambientais, sociais e econômicos, pois possibilita melhor focalizar os problemas locais, dentro do contexto regional.

73. Qual é o uso conflitivo da terra na área de estudos?

| | ASE |
|-------|------------|
| alto | 0 0 0 |
| médio | 1 1 1 |
| baixo | 2 2 2 |

Indicador das condições que a terra apresenta em termos de usos ideais, em função das características dos solos, declividade, grau de erosão e outros fatores apurados nos levantamentos de caracterização física da área. É gerado por meio do cruzamento do uso ideal com o atual.

Justificativa: O SsBC apresenta um predomínio de alto uso conflitivo da terra. Em nível de meio ambiente, sociedade e economia é ruim, pois a terra não está sendo utilizada para a real vocação a que se destina (Figuras 6.19; 6.20).

74. Qual é a composição predominante das rochas da área de estudos com vista à fertilidade?

| | ASE |
|---------------------------|------------|
| ácidas | 1 1 0 |
| intermediárias | 1 1 1 |
| básicas e/ou ultrabásicas | 1 2 2 |

Indicador das condições de maior ou menor fertilidade dos solos, gerados pela decomposição da "rocha mãe" que indica o tipo de cultura que deve ser empregada na região. Quanto ao teor de sílica (SiO₂), as rochas são: ácidas SiO₂ > 65%; intermediárias SiO₂ entre 65% e 52%; básicas e ultrabásicas SiO₂ < 52%.

Justificativa: No SsBC, as rochas apresenta um amplo predomínio daquelas de composição ácida.

75. São utilizadas, na área de estudos, medidas alternativas de substituição aos agrotóxicos?

| | ASE |
|---------|------------|
| nenhuma | 0 0 1 |
| poucas | 1 1 1 |
| muitas | 2 2 1 |

Indicador da preocupação ambiental com introdução de plantas resistentes às pragas, controle integrado, uso de agricultura alternativa, controle de irrigação, rotação de culturas, cultivo direto e outros métodos alternativos.

Justificativa: No SsBC, foi observado o controle de irrigação que deverá ser ainda maior com a taxação da ANEL e ANA. A rotação de cultura foi pouco observada. Na zona de fumicultura, verificou-se a presença de agricultura consorciada com o fumo. Métodos efetivos de substituição aos agrotóxicos não foram constatados na área de estudos.

76. Qual é a abrangência dos ecossistemas presentes na área de estudos?

| | ASE |
|----------|------------|
| local | 1 1 1 |
| regional | 1 1 1 |
| global | 2 2 2 |

Indicador do grau de proteção ou degradação dos ecossistemas. Sob o aspecto global, pode gerar divisas econômicas, através do ecoturismo e mais empregos para a região.

Justificativa: A área do SsBC integra, parcialmente, a reserva da biosfera da Mata Atlântica. Alguns locais apresentam ecossistemas potâmicos; outros, límnicos, de mata ciliar, de mata submontana, de campos limpos e de banhados.

77. Qual é o número de eleitores relacionados com a área de estudos?

| | ASE |
|--------------------------|------------|
| < 10.000 | 0 1 0 |
| entre 10.001 - 1.000.000 | 1 2 1 |
| > 1.000.000 | 2 1 1 |

Indicador da população com idade superior a 16 anos que tem direito a voto e influencia nas atividades de renda familiar. Toma-se como base a média das grandes cidades do mundo.

Justificativa: O total estimado, em função da população por área de eleitores, com direito a voto do SsBC, é de 29.339 habitantes.

78. Existe, no local de estudos, usina de reciclagem de lixo?

| | ASE |
|---------|------------|
| nenhuma | 0 0 0 |
| 1 | 1 1 1 |
| > 1 | 2 2 2 |

Indicador da disposição do lixo e informa sobre a existência no local de coleta seletiva junto às casas. Indica também o nível de educação ambiental dos locais envolvidos. Trata-se de fonte de geração de emprego e rendimento para a população menos instruída e de baixa renda.

Justificativa: Não foi observada nenhuma usina de reciclagem de lixo na área de estudos do SsBC.

79. Existe, na área de estudos, lixão a céu aberto?

| | ASE |
|--------|------------|
| muito | 0 0 0 |
| pouco | 1 1 1 |
| nenhum | 2 2 2 |

Indicador das condições de insalubridade e proliferação de doenças infecto-contagiosas, ou seja, gerador de problemas ecológicos, de saneamento, além de contaminação do o lençol freático.

Justificativa: São vários os locais do SsBC que não apresentam uma boa disposição de lixo. A cidade de Camaquã tem seu lixão localizado a NE da cidade, dentro da área urbana. No seu entorno, são criados porcos, gados com plantações de milho e mandioca. Existe, neste local, uma grande proliferação de moscas. A cidade de Cristal possui seu lixo a 3km do centro, em terreno alagadiço, onde este é depositado em uma cava, queimado e, depois, encoberto. Ambas as cidades depositam o lixo hospitalar incinerado nesses locais (Cardoso e Campos, 1995).

80. Existe aterro sanitário suficiente para o lixo produzido na área de estudos?

| | ASE |
|--------|------------|
| não | 0 0 0 |
| poucos | 1 1 1 |
| muitos | 2 2 2 |

Indicador de locais impermeabilizados para não contaminarem o lençol freático, os rios, os lagos e as lagoas.

Justificativa: Faltam, no SsBC, locais com estudos e ensaios geotécnicos para serem definidos como ideais para a disposição dos lixões. Ultimamente, a FEPAM tem sido mais enérgica na atuação com relação aos locais, exigindo EIA/RIMA dos locais e tomando providência de

multar as prefeituras, quando estas não cumprem com a lei e/ou normas técnicas para licenciamentos de instalação, implantação e operação.

81. Existem locais com incineração controlada do lixo produzido nos centros urbanos da área de estudos?

| | ASE |
|--------|------------|
| nenhum | 0 0 1 |
| poucos | 2 1 1 |
| muitos | 2 2 2 |

Indicador da redução do volume do lixo entre 85% e 95%, representam custos mais elevados, mas as cinzas podem ser usadas nas indústrias de fertilizantes e de combustão para gerar eletricidade ou energia calorífica.

Justificativa: Foi observada, no SsBC, somente a incineração do lixo hospitalar das cidades de Camaquã e Cristal; porém os demais dejetos são simplesmente jogados a céu aberto ou enterrados de maneira inadequada.

82. Existem locais com compostagem do lixo na área de estudos?

| | ASE |
|--------|------------|
| nenhum | 0 0 0 |
| poucos | 1 1 1 |
| muitos | 2 2 2 |

Indicador da seleção prévia do lixo, retirada da fração orgânica da inorgânica. Após o tratamento, o material pode ser utilizado como fertilizante do solo, e as demais porções, em parte, podem ser recicladas.

Justificativa: Não foi observado, em nenhum dos locais do SsBC, usinas de compostagem.

83. Existem locais com tratamento e disposição do lixo industrial na área de estudos?

| | ASE |
|--------|------------|
| nenhum | 0 0 1 |
| poucos | 1 1 1 |
| muitos | 2 2 1 |

Indicador do potencial de toxidade e contaminação deste tipo de lixo.

Justificativa: Não foi observado em nenhum dos locais do SsBC.

84. Existe local com disposição de lixo atômico na área de estudos?

| | ASE |
|--------|------------|
| > 1 | 0 0 0 |
| 1 | 0 0 1 |
| nenhum | 2 2 1 |

Indicador das condições de degradação do meio ambiente. O envoltório ou recipiente destes produtos não apresenta durabilidade suficiente, se comparado com a meia vida de 24.000 anos do plutônio. Na atual tecnologia disponível, mundialmente, nenhum dos reatores é absolutamente seguro. Talvez, para o futuro, com novas técnicas e geradores mais evoluídos, possam ser uma alternativa bem interessante, inclusive para o meio ambiente.

Justificativa: Avaliam e apresentam uma noção do perigo, relacionada com a disposição do lixo atômico, para a população, solo, água e atmosfera.

85. Existe local com planta petroquímica na área de estudos?

| | ASE |
|--------|------------|
| > 1 | 0 2 2 |
| 1 | 1 1 2 |
| nenhum | 2 1 0 |

Indicador de riscos potenciais de poluição do meio ambiente. Os subprodutos contaminam os meios terrestres, hídricos e atmosféricos.

Justificativa: Avaliam o risco de ocorrer vazamentos e indiretamente prejudicam o meio ambiente, simplesmente, no processo de queima dos gases, liberando grande carga de voláteis e particulados.

86. Existem locais com refinarias de petróleo e oleodutos na área de estudo?

| | ASE |
|--------|------------|
| > 1 | 0 1 2 |
| 1 | 0 1 2 |
| nenhum | 2 1 0 |

Indicador das condições potenciais de degradação do meio ambiente. Existe o potencial dos riscos de vazamento de petróleo. Os subprodutos oriundos do petróleo, no processo de refino, podem introduzir no meio ambiente hidrocarbonetos e metais pesados.

Justificativa: Avalia o risco de ocorrer vazamentos que, indiretamente, prejudica o meio ambiente, simplesmente, no processo de queima dos gases, liberando grande carga de voláteis e particulados. Contribui no efeito estufa, de acidez das águas e contaminação, com mercúrio, dos meios hídricos.

87. Existem locais com termelétricas na área de estudos?

| | ASE |
|---------|------------|
| > 1 | 0 1 1 |
| 1 | 1 1 1 |
| nenhuma | 2 1 1 |

Indicador das condições de degradação do ar. Produzem chuvas ácidas. São importantes no balanço energético, principalmente da região sul: Santa Catarina e Rio Grande do Sul (zona carbonífera).

Justificativa: Contribuem na formação de chuvas ácidas e danificam o meio ambiente contaminando o lençol freático e cursos d'água.

88. Existem locais com barragens para a geração de hidroeletricidade ou grandes açudes para irrigação na área de estudos?

| | ASE |
|--------|------------|
| > 1 | 0 2 2 |
| 1 | 1 1 1 |
| nenhum | 2 1 1 |

Indicador das condições de degradação de áreas com solos férteis e atmosfera. As barragens inundam grandes áreas com vegetação do planeta e são as principais responsáveis pelo dióxido de carbono liberado na atmosfera, geradores do efeito estufa. Toda flora que é inundada, se retirada, poderia servir para geração energética.

Justificativa: Avalia as condições do meio em termos de ocupação dos vales férteis. O SsBC apresenta vários açudes e a barragem do arroio Duro.

89. Existem locais com usina atômica na área de estudos?

| | ASE |
|--------|------------|
| > 1 | 0 0 2 |
| 1 | 0 0 1 |
| nenhum | 2 2 2 |

Indicador das condições potenciais de degradação do meio ambiente. Grande risco de contaminação ambiental, potencializando os problemas para gerações futuras, pela carcinogênese induzida, nos casos de fusão do reator e fuga das águas pesadas de arrefecimento das pastilhas nucleares. Potencial de contaminação dos solos, ar e águas. Futuramente, com o avanço das medidas de segurança dos reatores nucleares, estes poderão ser uma boa fonte de geração energética. Indica que o lixo nuclear requer processamento, transporte e armazenamento, ocasionando problemas ao meio ambiente e à vida humana, pois meio quilograma de plutônio (urânio processado) serve para matar toda a humanidade.

Justificativa: Serve como medida para balancear com as áreas que apresentam este risco potencial de acidente nuclear.

90. Qual é o percentual da população, da área de estudos, com acesso à eletricidade?

| | ASE |
|-------|------------|
| baixo | 1 0 0 |

| | |
|---------|-------|
| médio | 1 1 1 |
| elevado | 1 2 2 |

Indicador que representa a capacidade de uma economia em proporcionar consumo alternativo de combustível, em relação à madeira. A média do Brasil é de 90%.

Justificativa: O consumo doméstico, referente ao SsBC, foi de 30.499MWh; o industrial, de 47.385MWh; o comercial, de 11.771MWh; e o rural, de 17.031MWh/consumidor rural para o ano de 1997, dando um valor de 1,75MWh/consumidor residencial; 6,1MWh/ consumidor comercial; de 115,6 MWh/consumidor industrial e de 3,5MWh/consumidor rural. O valor médio de todos os setores do SsBC foi de 2,1MWh/consumidor.

91. Existe um programa energético para a área de estudos?

| | |
|----------------|------------|
| | ASE |
| nenhum | 1 0 0 |
| em implantação | 1 1 1 |
| implantado | 1 2 2 |

Indicador da busca de um balanço energético.

Justificativa: Não foi observado nenhum programa energético, a não ser planos e projetos.

92. Qual é o número de empregados nas indústrias da área de estudos?

| | |
|-----------------|------------|
| | ASE |
| nenhum | 1 0 0 |
| entre 1 e 8.000 | 1 1 1 |
| > 8.000 | 1 2 2 |

Indicador da geração de empregos e perspectivas de melhores salários.

Justificativa: No SsBC, a maior concentração em indústrias se situa em Camaquã e Cristal.

93. Qual é o total de veículos por km² na área de estudos?

| | |
|------|------------|
| | ASE |
| > 15 | 0 2 2 |
| = 15 | 0 2 2 |
| < 15 | 1 1 1 |

Indicador do incremento de emissões tóxicas ao meio ambiente. Informa sobre a degradação ambiental induzida por veículos. A média do Brasil é de 11 automóveis por km², em 1997. É preciso considerar que essa média aumenta descomedidamente nos grandes centros, como a cidade de São Paulo e outras de grande porte. Sob o aspecto econômico, representa poder aquisitivo da população e retrata melhores condições de vida da sociedade.

Justificativa: O número de 15 automóveis é uma projeção da média do Brasil para a atualidade. Segundo cálculos com base nos dados do IBGE (1998), o SsBC apresenta uma média de 7,32 automóveis por km².

94. Existem plantações de eucaliptos e *pinus* como floresta energética?

| | ASE |
|---------|------------|
| muitas | 1 2 2 |
| poucas | 1 1 1 |
| nenhuma | 2 1 1 |

Indicador da utilização alternativa de geração de energia através da queima da madeira, reduzindo, desta maneira, o uso das florestas nativas. Diminui a capacidade do habitat da fauna e flora.

Justificativa: Existem vários locais com matas energéticas, mas a maioria é constituída por capões (Figura 6.57).

95. Existem locais na área de estudos com uso de energia alternativa renovável ?

| | ASE |
|-------------|------------|
| nenhum | 0 1 1 |
| entre 1 e 3 | 1 1 1 |
| > 3 | 2 2 2 |

Indicador do avanço tecnológico e mudança de mentalidade com relação ao consumo de energia alternativa. Utilização de biomassa, energia eólica, solar, geotérmica, vegetal e/ou outras.

Justificativa: Não foi observado em nenhum local do SsBC.

96. Qual é o número de desastres naturais com mortos, nos últimos dois anos, referente à área de estudos?

| | ASE |
|--------|------------|
| > 1 | 0 0 0 |
| 1 | 1 1 1 |
| nenhum | 2 2 2 |

Indicador da medida aproximada da vulnerabilidade da população frente às inundações, furacões, terremotos, vulcões e outros fenômenos naturais.

Justificativa: Este indicador não foi avaliado.

97- Existem locais povoados com deslizamentos de massa na área de estudos?

| | ASE |
|-------------|------------|
| > 3 | 0 0 0 |
| entre 1 e 3 | 0 1 1 |

nenhum 2 2 2

Indicador da medida aproximada da vulnerabilidade da população frente aos movimentos de massa.

Justificativa: Estão associados aos locais com mau uso da terra, em termos de ocupação humana. No SsBC, existe a sub-bacia do arroio Duro/Sanga Formosa e do arroio Palanque, nas imediações da cidade de Cristal.

98. Existem locais com edificações sobre o relevo cárstico na área de estudos?

ASE

nenhum 2 2 2

1 1 0 0

> 1 0 0 0

Indicador da possibilidade de acidente com subsidência das edificações sobre tal forma de relevo. O relevo de origem calcária forma estruturas interiores vazias, grutas, cavernas e outras, pelo processo de dissolução.

Justificativa: Não foram observadas rochas desta natureza na área do SsBC.

99. Existem áreas protegidas (categorias do SNUC) na área de estudos?

ASE

nenhuma 0 1 1

1 1 1 1

> 1 2 2 1

Indicador do número de áreas de terra dedicadas à proteção representa um investimento por parte dos países, em termos de conservação da biodiversidade. Difícil de obter medidas diretas do seu valor, porém é um bom índice subjetivo.

Justificativa: No SsBC, existem várias áreas de restrição federal, estadual e municipal (Figura 6.58).

100. Qual é o número de trilhas ecológicas na área de estudos? .

ASE

nenhuma 0 0 1

1 1 1 1

> 1 2 2 1

Indicador do grau com os quais os dados sobre as tendências ambientais são coletados e preparados para se tornarem públicos. O nível de consciência proporciona a habilidade para responder aos problemas ambientais com uma melhor educação ambiental.

Justificativa: Não existem trilhas ecológicas demarcadas no setor do SsBC.

101. Existem entidades com capacidade para o debate e fiscalização ambiental rigorosa presente na área de estudos?

| | ASE |
|---------|------------|
| nenhuma | 0 1 1 |
| 1 | 1 1 1 |
| > 1 | 2 1 1 |

Indicador de que as instituições governamentais e não-governamentais, nacionais e internacionais, se preocupam com o meio ambiente da região, tal como o Sistema Nacional de Unidades de Conservação.

Justificativa: Não foi observada a atuação efetiva de entidade de tal porte no SsBC.

102. Qual é o número de sítios arqueológicos preservados e com pesquisas associadas na área de estudos?

| | ASE |
|--------|------------|
| nenhum | 1 1 1 |
| 1 | 1 2 1 |
| > 1 | 1 2 2 |

Indicador da preservação histórico-cultural. Pode se constituir em um importante elemento para a visitação pública, destinada ao turismo com infra-estrutura associada.

Justificativa: Não foi observado nenhum local no SsBC.

103. Qual é o número de sítios paleontológicos preservados e com pesquisas associadas na área de estudos?

| | ASE |
|--------|------------|
| nenhum | 1 1 1 |
| 1 | 1 2 1 |
| > 1 | 2 2 2 |

Indicador da preservação histórico-cultural. Pode se constituir em um importante elemento para a visitação pública, destinada ao turismo com infra-estrutura associada.

Justificativa: Nenhum local foi observado no SsBC.

104. Existem programas de educação ambiental na área de estudos?

| | ASE |
|--------------------------|------------|
| não possui | 1 1 1 |
| em fase de implantação | 1 2 1 |
| com atividade continuada | 0 1 1 |

Indicador da melhoria educacional sobre o meio abiótico, biótico, histórico, econômico, cultural e social.

Justificativa: Com atividade continuada em dois locais, Pacheca e ilha de Santo Antônio, foram aplicadas metodologias de educação ambiental, referentes ao subsistema Alto Camaquã (Zeltzer, 1996).

105. Existem povos indígenas com reservas delimitadas na área de estudos?

| | ASE |
|------------|------------|
| não possui | 1 0 1 |
| 1 | 1 2 1 |
| > 1 | 2 2 1 |

Indicador relativo da preocupação do governo em termos de preservação dos aspectos históricos culturais dos povos indígenas.

Justificativa: No SsBC, existe a Reserva Indígena da Pacheca, situada na microbacia da ilha de Santo Antônio.

106. Se existem áreas destinadas às reservas indígenas, estas são ideais para auto-suficiência dos índios?

| | ASE |
|---------------|------------|
| não | 0 0 0 |
| mais ou menos | 1 1 1 |
| sim | 2 2 2 |

Indicador da relação harmônica entre a natureza e os seus ocupantes.

Justificativa: A maior parte da Reserva Indígena da Pacheca se encontra, nos períodos de maior pluviosidade, debaixo d'água.

107. Quanto à degradação ambiental na área de estudos, esta envolve ou envolverá gastos públicos?

| | ASE |
|----------|------------|
| elevados | 0 0 0 |
| médios | 1 1 1 |
| baixos | 2 2 2 |

Indicador subjetivo dos custos e aplicações necessários para restabelecer a depauperação ambiental.

Justificativa: O SsBC apresenta determinados problemas localizados, tais como: disposição dos lixões, esgotos domésticos, postos de combustível, área de inundações, solos com fragilidade a erosão dos solos, aplicação aérea de inseticidas, uso em demasia de fertilizantes e outros.

108. Que tipo de prazos envolvem as ações para a recuperação e manutenção ambiental da área de estudos?

| | ASE |
|-------------|------------|
| longo prazo | 0 0 0 |
| médio prazo | 1 1 1 |
| curto prazo | 2 2 2 |

Indicador do tempo necessário para recuperar o meio ambiente degradado.

Justificativa: Existem prazos diferenciados em função das subunidades que compõem o SsBC.

109. Existe ICMS ecológico na área de estudos?

| | ASE |
|--------------------------|------------|
| não está implementado | 0 1 0 |
| em fase de implementação | 0 1 1 |
| está implementado | 2 2 2 |

Indicador da preocupação municipal em proteger e conservar seus recursos naturais. Proporciona premiação àqueles municípios ou empresas que apresentam e executam um plano de proteção e preservação ambiental, atuando como agentes fiscais, através da devolução do ICMS. Com isto, há um incentivo econômico-financeiro, que atua diretamente como um redutor da poluição ambiental.

Justificativa: No SsBC, não foi verificado o emprego de ICMS ecológico na área de estudos.

110. Existem locais de lazer e turismo na área de estudos?

| | ASE |
|--------|------------|
| nenhum | 0 0 0 |
| 1 | 1 1 1 |
| > 1 | 2 2 2 |

Indicador de melhor qualidade de vida das populações, com locais nas proximidades voltados ao descanso, lazer e fomento do turismo. Importante na obtenção de divisas econômicas.

Justificativa: O SsBC apresenta um dos maiores balneários fluviais do Estado, o de Cristal, e outros balneários menores e zonas de lazer e acampamento, como o Parque Bento Gonçalves da Silva, barragem do arroio Duro/Sanga Formosa, balneários da Pacheca e ilha de Santo Antônio.

111. Existem programas de desenvolvimento social na área de estudos?

| | ASE |
|----------------|------------|
| nenhum | 1 0 1 |
| em implantação | 1 1 1 |
| implantado | 1 2 2 |

Indicador da preocupação governamental com a temática social.

Justificativa: Este indicador não foi avaliado para o SsBC.

112. Qual é a taxa de mortalidade infantil na área de estudos?

| | ASE |
|--------------------------|------------|
| > 40,5/1.000 nascimentos | 1 0 1 |
| = 40,5/1.000 nascimentos | 1 1 1 |
| < 40,5/1.000 nascimentos | 1 2 1 |

Indicador da medida de vulnerabilidade do maior grupo de população vulnerável. A média do Brasil é de 40,5/1.000 nascimentos. Indica melhorias no sistema de saúde pública.

Justificativa: A média do SsBC é de 7,73 óbitos fetais/1000 nascimentos (IBGE, 1998).

113. Existem programas de saneamento básico na área de estudos?

| | ASE |
|----------------|------------|
| nenhum | 0 0 0 |
| em implantação | 1 1 1 |
| implantado | 2 2 2 |

Indicador de melhores condições de saúde e vida.

Justificativa: Os programas de saneamento básico da água apresentam um total estimado de 23.949 economias atendidas, com extensão da rede de água de 267,4km e extensão da rede de esgoto de 247,8km (IBGE, 1998).

114. Quanto ao número de hospitais e leitos hospitalares na área de estudos estes são:

| | ASE |
|---------------------------|------------|
| insuficientes | 1 0 0 |
| suficientes | 1 1 1 |
| atendem outros municípios | 1 2 2 |

Indicador da qualidade de saúde da população. Deve existir um equilíbrio entre a população total e o número de hospitais e respectivos leitos. Informa sobre a capacidade de abrigar as pessoas da comunidade nos casos graves de saúde ou em situações em que esta demanda aumenta, como no caso de mudanças bruscas na temperatura durante o inverno, quando doenças respiratórias tendem a se manifestar de maneira mais intensa em crianças e idosos. Há faixas etárias que requerem mais cuidados. Deve existir um equilíbrio entre a população total e o número de leitos hospitalares.

Justificativa: No SsBC, existem três hospitais com um total de 229 leitos para atender uma população de 73.793 habitantes, representando uma média de 322hab./leito. Este indicador não foi avaliado para o SsBC, por falta de informações mais detalhadas.

115. Qual é o consumo diário de suprimento calórico *per capita* da área de estudos?

| | ASE |
|-------------|-------|
| < 2.824 cal | 1 0 0 |
| = 2.824 cal | 1 1 1 |
| > 2.824 cal | 2 2 2 |

Indicador da medida da vulnerabilidade pela má nutrição, mostra também a incapacidade econômica para suprir uma quantidade adequada de alimento e para gerenciar os recursos de alimentação. A quantidade média diária de suprimentos calóricos do Brasil, *per capita*, é de 2.824cal/dia, segundo dados obtidos na tabela América Latina 1996, para o ano de 1992. http://www.cied.org.pe/anuar/a_lat96.htm

Justificativa: Este indicador necessita de um levantamento mais aprofundado por parte de nutricionistas.

116. Qual é o número de casos de processos infecciosos por cada 100.000 habitantes/ano?

| | ASE |
|-------|-------|
| > 424 | 0 0 0 |
| = 424 | 1 1 1 |
| < 424 | 1 2 2 |

Indicador de que um elevado número de pessoas infectadas expressa a vulnerabilidade de uma economia frente a desastres e conota um sistema de saúde mal equipado. A média do Brasil é de 424 processos infecciosos a cada 100.000 habitantes por ano.

Justificativa: Este indicador não foi avaliado para o SsBC.

117. Qual é o número de casos de intoxicações com óbito nos últimos cinco anos, por área de 3000km²?

| | ASE |
|--------|-------|
| >1 | 0 0 0 |
| 1 | 1 1 1 |
| nenhum | 2 2 2 |

Indicador do grau de periculosidade dos produtos utilizados ou manuseados pelas indústrias locais, agricultura e residências, ocasionando problemas de saúde humana e ambientais, que podem se agravar. Os produtos químicos industriais, pesticidas agropecuários, domésticos, raticidas e *domissanitários* são os principais causadores de mortes. Segundo dados da Fundação Osvaldo Cruz, tem crescido o número óbitos para região Sul do Brasil de 1996 a 1998. Estes têm como principal causa o suicídio de seus usuários. <http://www.fiocruz.br/cict/doencasinfeciosas/>.

Justificativa: Os dados do MS/FIOCRUZ/SINITOX são relativos aos estados do Sul (Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul). Fazendo uma distribuição equitativa, com uma média de três anos (1996-98), das intoxicações por produtos químicos industriais, pesticidas agropecuários, pesticidas domésticos, raticidas e *domissanitários* se têm 109,5 casos para o Rio Grande do Sul, em cinco anos. Com a redistribuição para o SsBC, que tem 1,06% da área do Estado, este subsistema equívale a ter 1,16 casos de óbito por intoxicações a cada cinco anos.

118. Existem programas de saúde pública na área de estudos?

| | ASE |
|----------------|------------|
| nenhum | 1 0 0 |
| em implantação | 1 0 1 |
| implantado | 1 2 2 |

Indicador da preocupação governamental com a erradicação de doenças crônicas, que atingem principalmente as camadas menos abastadas, por péssimas condições de higiene e saúde.

Justificativa: Os locais com melhor infra-estrutura do SsBC são as cidades de Camaquã e Cristal.

119. Qual é o número de alunos de pré-escolas por professor na área de estudos?

| | ASE |
|---------------|------------|
| > 50 | 1 0 0 |
| entre 25 e 50 | 1 1 1 |
| < 30 | 1 2 1 |

Indicador do nível de educação da região de estudos. Significa ter local de abrigo e cuidado com as crianças, enquanto os pais trabalham.

Justificativa: O SsBC apresenta um índice de 42,75alunos/professor para escolas estaduais; 19,73alunos/professor para escolas municipais; e 14,25alunos/professor para escolas particulares.

120. Qual é o número de alunos de 1º grau por professor na área de estudos?

| | ASE |
|---------------|------------|
| > 50 | 1 0 0 |
| entre 25 e 50 | 1 1 1 |
| < 30 | 2 2 2 |

Indicador do nível de educação da região de estudos. Significa que as famílias não precisam mandar seus filhos a locais distantes para estudar. Na inexistência de escolas de ensino fundamental, o ensino não estará tão voltado para a área de estudos. Quanto mais professores

disponíveis maior é o potencial de conscientização sobre as questões de educação ambiental de base.

Justificativa: O SsBC apresenta um índice de 16,11alunos/professor para escolas estaduais; 14,96alunos/professor para escolas municipais; e 12,25alunos/professor para escolas particulares.

121. Qual é o número de alunos de 2º grau por professor na área de estudos?

| | ASE |
|---------------|------------|
| > 50 | 1 0 0 |
| entre 25 e 50 | 1 1 1 |
| < 30 | 2 2 2 |

Indicador do nível de educação da região de estudos. Significa que as famílias não precisam mandar seus filhos a locais distantes para estudar. Na inexistência de escolas de ensino fundamental, o ensino não estará tão voltado para a área de estudos. Quanto mais professores disponíveis maior é o potencial de conscientização sobre as questões de educação ambiental de base.

Justificativa: O SsBC apresenta um índice de 21,12alunos/professor para escolas estaduais e 11,15alunos/professor para escolas particulares.

122. Em termos de capacidade científica e tecnológica, quantos cientistas por milhões de pessoas existem na área de estudos?

| | ASE |
|---------------|------------|
| < 15 | 0 0 0 |
| entre 15 e 37 | 1 1 1 |
| > 37 | 2 2 2 |

Indicador da grande proporção de uma população de cientistas das mais distintas áreas do conhecimento que estão dedicados à pesquisa e ao desenvolvimento em vários campos científicos, a maior capacidade é ter a efetiva resposta ao tratamento ambiental. O valor acima se refere a uma média mundial, pois o Brasil possui um índice muito baixo. A média do Brasil é de 168 cientistas e engenheiros por um milhão de pessoas.

Justificativa: O SsBC apresenta uma população estimada de 73.793 habitantes, que corresponde a 7,3% de um milhão de habitantes; que em 500 cientistas, a média ideal representa 37 cientistas na área do SsBC.

123. Qual é o número de artigos técnicos e científicos por um milhão de pessoas, referente à área de estudos?

| | ASE |
|------|------------|
| < 10 | 0 1 1 |
| = 10 | 1 1 1 |
| > 10 | 2 1 1 |

Indicador da taxa com a qual os estabelecimentos científicos publicam artigos das ciências naturais e da terra. Estas áreas de conhecimento são correlatas com a capacidade de resposta frente aos problemas ambientais, ou seja, são incluídos artigos de biologia, química, geologia, ciências espaciais, engenharia, matemática. Não são inclusas as pesquisas das áreas de medicina e pesquisas biomédicas. O Brasil possui um índice muito baixo de 10 artigos/milhão de pessoas.

Justificativa: O SsBC apresenta um baixo índice de publicações.

124. Existe mídia sobre a área de estudos voltada à conscientização ambiental?

| | ASE |
|---------|------------|
| nenhuma | 0 1 1 |
| parcial | 1 1 1 |
| atuante | 2 2 0 |

Indicador da preocupação social com a educação ambiental, que utiliza os vários meios de comunicação de massa.

Justificativa: Não foi observado o emprego de mídia voltada para a conscientização do meio ambiente.

125. Existem instituições com intercâmbios e cooperação internacional, em termos ambientais, presentes na área de estudos?

| | ASE |
|---------|------------|
| nenhuma | 0 0 1 |
| 1 | 1 1 1 |
| > 1 | 2 2 1 |

Indicador do número médio de membros de organizações intergovernamentais ambientais.

Justificativa: Não foi observada nenhuma instituição atuante junto ao SsBC.

126. Qual é o percentual de desempregados na área de estudos?

| | ASE |
|------|------------|
| > 25 | 1 0 0 |
| = 25 | 1 1 1 |
| < 25 | 1 2 2 |

Indicador da capacidade de suporte na geração de empregos, traduzindo-se em uma melhor qualidade de vida.

Justificativa: Não foi obtido dado para o SsBC.

127. Qual é o número de favelas e loteamentos irregulares nas áreas urbanizadas?

| | ASE |
|---------|------------|
| muitas | 0 0 0 |
| poucas | 1 1 1 |
| nenhuma | 2 2 2 |

Indicador do crescimento do cinturão marginal que se amplia, paulatinamente, junto às cidades. Denota pessoas com baixa renda.

Justificativa: Estão principalmente junto às cidades de Camaquã e Cristal. Também está sendo considerada a apropriação da ilha de Santo Antônio, onde não existe um sistema de escrituras de compra da terra. Os negócios são realizados de maneira pessoal e, basicamente, entre três grandes famílias.

128. Existem programas de gestão de políticas públicas em recursos hídricos na área de estudos?

| | ASE |
|----------------|------------|
| nenhum | 0 0 0 |
| em implantação | 1 1 1 |
| implantado | 2 2 2 |

Indicador da preocupação governamental com a política dos recursos hídricos.

Justificativa: O Programa Mar de Dentro, através de projetos específicos de implantação de unidades de conservação, vem apoiando as pesquisas preliminares para a efetivação do Parque do Camaquã, que envolve a área do delta do rio Camaquã e imediações.

129. Existe Comitê de Gerenciamento de Bacias Hidrográficas?

| | ASE |
|--------------------------------|------------|
| não instalado | 0 0 0 |
| em instalação ou pouco atuante | 1 1 1 |
| instalado e atuante | 2 2 2 |

Indicador da preocupação social e governamental participativa com as questões ambientais regionais.

Justificativa: A criação do Comitê de Gerenciamento do Rio Camaquã foi implanta com ação governamental federal, estadual, municipal, de instituições de ensino e pesquisa e da sociedade.

130. Qual é o grau de abrangência política da área de estudos?

| | ASE |
|----------------------------|------------|
| municipal | 2 1 1 |
| estadual | 2 1 1 |
| federal e/ou internacional | 2 2 2 |

Indicador do interesse por parte dos dirigentes governamentais nacionais e internacionais com o meio ambiente local, social e econômico.

Justificativa: No SsBC, existem locais com áreas de interesse nacional, como a Reserva Indígena da Pacheca, atribuição da FUNAI, parque Bento Gonçalves da Silva; Camaquã, de cunho estadual; Banhado do Colégio, municipal.

131. Existem programas voltados à agropecuária local da área de estudos?

| | ASE |
|----------------|------------|
| não | 0 0 0 |
| em implantação | 1 1 1 |
| sim | 2 2 2 |

Indicador da produção de alimentos para suprir as necessidades de consumo.

Justificativa: Existe no SsBC um grande número de pecuaristas e programas de desenvolvimento e orientação dados por empresas privadas, EMATER e EMBRAPA.

132. Existem programas voltados à agricultura local da área de estudos?

| | ASE |
|----------------|------------|
| não | 0 0 0 |
| em implantação | 1 1 1 |
| sim | 2 2 2 |

Indicador da produção de alimentos para suprir as necessidades de consumo.

Justificativa: No SsBC, a maior organização voltada para a orizicultura local é através da Associação dos Usuários do Perímetro do Arroio Duro, AUD. Existem também programas de desenvolvimento e orientação dados por empresas privadas, EMATER e EMBRAPA.

133. Existem programas de irrigação local da área de estudos?

| | ASE |
|----------------|------------|
| nenhum | 0 1 0 |
| em implantação | 1 1 1 |
| implantado | 2 1 2 |

Indicador indireto de uso mais controlado dos recursos hídricos.

Justificativa: Associado à orizicultura do SsBC.

134. Existem planos emergenciais estipulados em casos de calamidade pública na área de estudos?

| | ASE |
|----------------|------------|
| nenhum | 0 0 0 |
| em implantação | 1 1 1 |
| implantado | 2 2 2 |

Indicador do grau de preparo dos órgãos frente aos problemas naturais de interferência social.

Justificativa: A brigada militar e o corpo de bombeiros da cidade de Camaquã possuem noções básicas para a evacuação das famílias no caso de inundações.

135. Existe preparo da população local de como proceder em caso de calamidade pública nas regiões de riscos iminentes?

| | ASE |
|-----------------------|------------|
| não | 1 0 1 |
| em fase de preparação | 1 1 1 |
| preparada | 1 2 2 |

Indicador do grau de consciência social frente aos problemas de ordem natural.

Justificativa: Através do questionamento feito aos moradores locais, verificou-se que 99% desconhecem qualquer forma de medida preventiva e de ação.

136. Existe, por parte do governo, programa de controle da poluição tóxica por veículos na área de estudos?

| | ASE |
|---------|------------|
| nenhum | 0 0 1 |
| parcial | 1 1 1 |
| total | 2 1 1 |

Indicador da preocupação com as questões de saúde pública.

Justificativa: Não foi observado no SsBC.

137. Existe um controle normativo quanto à emissão de carga poluente permissível por curso de água na área de estudos?

| | ASE |
|---------|------------|
| nenhum | 0 0 1 |
| parcial | 1 1 1 |
| total | 2 2 1 |

Indicador da capacidade de diluição do meio hídrico.

Justificativa: Não existe controle normativo que esteja sendo aplicado no SsBC.

138. São aplicadas efetivamente as leis ambientais na área de estudos?

| | ASE |
|----------------|------------|
| não | 0 1 0 |
| pouco efetivas | 1 1 1 |
| sim | 2 1 2 |

Indicador da preocupação e ação efetiva do judiciário e órgãos fiscalizadores sobre o meio ambiente.

Justificativa: Na maioria dos casos, não ou são pouco efetivas.

139. Existe produção agrícola na área de estudos (ton./ha)?

| | ASE |
|---------------|------------|
| 0 | 1 1 0 |
| entre 0,1 e 5 | 1 1 1 |
| > 5 | 1 2 2 |

Indicador da quantidade de alimentos e a geração de divisas nacionais e internacionais, em termos de suprimento do mercado interno e externo pela agricultura.

Justificativa: Segundo dados do IRGA e técnicos da AUD, a produção de arroz para o SsBC é de 5,5ton/ha, ou seja, 82.500ton de arroz por 15.000ha dos 45.000ha disponíveis.

140. Existe avicultura de corte na área de estudos (n° de aves de corte/ano)?

| | ASE |
|------------------|------------|
| não | 1 1 0 |
| entre 1 e 80.000 | 1 1 1 |
| > 80.000 | 1 2 2 |

Indicador da quantidade de alimentos e a geração de divisas nacionais e internacionais, em termos de suprimento do mercado interno e externo de aves para o abate. Influencia indiretamente o incremento de emprego da região.

Justificativa: O SsBC apresenta um efetivo de 698.665 aves de corte, equivalendo a 232 aves/km². Esta questão não foi possível ser respondida em nível de sub-bacias e microbacias hidrográficas, por falta de dados mais específicos.

141. Existe pecuária de corte na área de estudos (cabeça/ano)?

| | ASE |
|------------------|------------|
| nenhum | 1 1 0 |
| entre 1 e 50.000 | 1 1 1 |
| > 50.000 | 1 2 2 |

Indicador da quantidade de alimentos e a geração de divisas nacionais e internacionais, em termos de suprimento do mercado interno e externo de gado de corte. Influencia indiretamente o incremento de emprego da região.

Justificativa: O efetivo de bovinos do SsBC é de 394.579 cabeças de gado, o que equivale a 131 cabeças de gado/ km². Esta questão não foi possível ser respondida em nível de sub-bacias e microbacias hidrográficas, por falta de dados mais específicos.

142. Existe suinocultura na área de estudos (cabeças/ano)?

| | ASE |
|------------------|------------|
| nenhum | 1 1 0 |
| entre 1 e 15.000 | 1 1 1 |
| > 15.000 | 1 2 2 |

Indicador da quantidade de alimentos e a geração de divisas nacionais e internacionais, em termos de suprimento do mercado interno e externo de porcos. Influencia indiretamente o incremento de emprego da região.

Justificativa: Esta questão não foi possível ser respondida em nível de sub-bacias e microbacias hidrográficas, por falta de dados mais específicos.

143. Existe ovinocultura na área de estudos (cabeças/ano)?

| | ASE |
|------------------|------------|
| nenhuma | 1 1 0 |
| entre 1 e 10.000 | 1 1 1 |
| > 10.000 | 1 2 2 |

Indicador da quantidade de alimentos e a geração de divisas nacionais e internacionais, em termos de suprimento do mercado interno e externo de ovelhas. Influencia indiretamente o incremento de emprego da região.

Justificativa: Esta questão não foi possível ser respondida em nível de sub-bacias e microbacias hidrográficas, por falta de dados mais específicos.

144. Existe pecuária leiteira na área de estudos (litros de leite/mês)?

| | ASE |
|------------------|------------|
| nenhuma | 1 1 0 |
| entre 1 e 20.000 | 1 1 1 |
| > 20.000 | 1 2 2 |

Indicador da quantidade de alimentos e a geração de divisas nacionais e internacionais, em termos de suprimento do mercado interno e externo de gado leiteiro. Influencia indiretamente o incremento de emprego da região.

Justificativa: a produção de leite para o SsBC foi de 151.192 litros/mês para o ano de 1997 (IBGE, 1998). Esta questão não foi possível ser respondida em nível de sub-bacias e microbacias hidrográficas, por falta de dados mais específicos.

145. Existe avicultura de postura na área de estudos (x 1.000 dúzias/ano)?

| | ASE |
|--------------|------------|
| nenhuma | 1 1 0 |
| entre 1 e 80 | 1 1 1 |
| > 80 | 1 2 2 |

Indicador da quantidade de alimentos e a geração de divisas nacionais e internacionais, em termos de suprimento do mercado interno e externo de aves de postura. Influencia indiretamente o incremento de emprego da região.

Justificativa: O SsBC apresenta uma produção média de 672.000 dúzias de ovos de galinha para o ano de 1997 (IBGE, 1998). Esta questão não foi possível ser respondida em nível de sub-bacias e microbacias hidrográficas, por falta de dados mais específicos.

146. Qual é a produção de lã bruta de origem animal (kg/ano) na área de estudos?

| | ASE |
|-----------------|------------|
| nenhum | 1 1 0 |
| entre 1 e 5.000 | 1 1 1 |
| > 5.000 | 1 2 2 |

Indicador da quantidade de alimentos e a geração de divisas nacionais e internacionais, em termos de suprimento do mercado interno e externo, a partir da ovinocultura. Influencia indiretamente o incremento de emprego da região.

Justificativa: O SsBC apresenta uma produção média de 44.149kg de lã de ovelha para o ano de 1997 (IBGE, 1998). Esta questão não foi possível ser respondida em nível de sub-bacias e microbacias hidrográficas, por falta de dados mais específicos.

147. Qual é a produção de mel de abelha (kg/ano) na área de estudos?

| | ASE |
|-----------------|------------|
| nenhuma | 1 1 0 |
| entre 1 e 3.000 | 1 1 1 |
| > 3.000 | 1 2 2 |

Indicador da quantidade de alimentos e a geração de divisas nacionais e internacionais, em termos de suprimento do mercado interno e externo da apicultura. Influencia indiretamente o incremento de emprego da região.

Justificativa: O SsBC apresenta uma produção média de 20.344kg de mel de abelha para o ano de 1997 (IBGE, 1998). Esta questão não foi possível ser respondida em nível de sub-bacias e microbacias hidrográficas, por falta de dados mais específicos.

148. Qual é a produção de acácia em ton./ha na área de estudos?

| | ASE |
|---------------|-------|
| 0 | 1 1 0 |
| entre 0,1 e 5 | 1 1 1 |
| > 5 | 1 2 2 |

Indicador da quantidade de madeira e tanino com geração de divisas nacionais e internacionais, em termos de suprimento do mercado interno e externo. Influencia indiretamente o incremento de emprego da região. A casca esgotada, após a extração do tanino, é usada na agricultura. A casca esgotada nas caldeiras serve para gerar energia. As cinzas resultantes desta queima são misturadas com material orgânico e, posteriormente, reutilizadas como fertilizante na agricultura. O excedente de casca esgotada que não é utilizado como combustível é destinado para uma área de compostagem de resíduos sólidos, onde passa por um processo de transformação e é preparada para o uso na agricultura. O tanino de acácia negra é completamente solúvel em água, sendo este o solvente usado na extração.

Justificativa: No SsBC, não foi possível fazer uma análise da quantidade plantada de acácia negra. Esta questão não foi possível ser respondida em nível de sub-bacias e microbacias hidrográficas, por falta de dados mais específicos.

149. Qual é a produção de eucalipto em ha na área de estudos?

| | ASE |
|-------------|-------|
| 0 | 1 0 0 |
| entre 1 e 5 | 1 1 1 |
| > 5 | 1 2 2 |

Indicador da quantidade de madeira e a geração de divisas nacionais e internacionais, em termos de suprimento do mercado interno e externo. Influencia indiretamente o incremento de emprego da região.

Justificativa: O mapeamento da vegetação do SsBC não permitiu diferenciar e verificar, por sub-bacia ou microbacia hidrográfica, a quantidade de eucalipto plantada.

150. Qual é a produção de *pinus* americano em ha na área de estudos?

| | ASE |
|-------------|------------|
| 0 | 1 0 0 |
| entre 1 e 5 | 1 1 1 |
| > 5 | 1 2 2 |

Indicador da quantidade de madeira e a geração de divisas nacionais e internacionais, em termos de suprimento do mercado interno e externo. Influencia indiretamente o incremento de emprego da região.

Justificativa: O mapeamento da vegetação do SsBC não permitiu diferenciar e verificar, por sub-bacia ou microbacia hidrográfica, a quantidade de *pinus* americano plantada.

151. Existe fruticultura na área de estudos (ton./ha)?

| | ASE |
|---------------|------------|
| 0 | 1 1 0 |
| entre 0,1 e 5 | 1 1 1 |
| > 5 | 1 2 2 |

Indicador da quantidade de alimentos e a geração de divisas nacionais e internacionais, em termos de suprimento do mercado interno e externo com frutas. Influencia indiretamente o incremento de emprego da região.

Justificativa: O mapeamento da vegetação do SsBC não permitiu diferenciar e verificar, por sub-bacia ou microbacia hidrográfica, a quantidade de frutas plantada.

152. Como se comportou o Produto Interno Bruto, a preço de mercado (PIBpm) municipal, dos últimos três anos na área de estudos?

| | ASE |
|--------------------|------------|
| decreceu | 1 0 0 |
| manteve-se estável | 1 1 1 |
| creceu | 1 2 2 |

Indicador do crescimento da região, refletindo em melhores condições sócio-econômicas.

Justificativa: O SsBC apresentou um leve crescimento. Não houve levantamentos suficientes para responder esta questão.

153. Qual é o percentual do PIB gasto em pesquisas e desenvolvimento nos últimos três anos para a área de estudos?

| | |
|-------|-------|
| < 1,5 | 1 0 0 |
| = 1,5 | 1 1 1 |
| > 1,5 | 2 2 2 |

Indicador da proporção do PIB anual dedicado à pesquisa e ao desenvolvimento. A média do Brasil é de 0,6% do PIB. O valor acima se refere a uma média mundial.

Justificativa: Não houve levantamentos suficientes para responder esta questão.

154. Como está o sistema de cobrança pelo uso da água na área de estudos?

| | ASE |
|----------------|------------|
| não implantado | 0 0 0 |
| em implantação | 1 1 1 |
| implantado | 2 2 2 |

Indicador de uso mais equilibrado, a fim de evitar desperdícios dos recursos hídricos.

Justificativa: No SsBC, ainda não está implantado o sistema de cobrança da água.

155. Como está o sistema de outorga e enquadramento dos cursos da água na área de estudos?

| | ASE |
|----------------|------------|
| não implantado | 0 0 1 |
| em implantação | 1 1 1 |
| implantado | 2 2 2 |

Indicador de uma política voltada à melhor estruturação dos recursos hídricos.

Justificativa: No SsBC, ainda não está implantado.

156. Existem controle e multas ambientais na área de estudos?

| | ASE |
|--------|------------|
| nenhum | 0 1 1 |
| pouco | 1 1 1 |
| muito | 2 1 1 |

Indicador do processo de fiscalização e policiamento ambiental efetivo, com arrecadação de divisas para implementar e ampliar financeiramente o setor. Indica a taxação pela poluição, com o mecanismo poluidor-pagador.

Justificativa: Os efetivos de fiscais e técnicos não são suficientes para fiscalizarem todos os locais. Para que o órgão fiscalizador atue de maneira efetiva, deve haver denúncia, para que a FEPAM atue, pois existem vários outros locais no Estado para um contingente muito pequeno de envolvidos.

157. Qual é a eficiência energética (KWh/PIB) da área de estudos?

| | ASE |
|-------|------------|
| < 0,7 | 2 2 2 |
| = 0,7 | 1 1 1 |

> 0,7

0 0 0

Indicador de que a economia mais eficiente é aquela que precisa de menos energia para a produção e consumo em geral. A média do Brasil é de 0,72 KWh/PIB.

Justificativa: O valor da eficiência energética média do SsBC é de 0,07KWh/PIBpm, indicativo de que existem poucas indústrias que necessitam de muita energia.

158. Existe aporte econômico governamental aplicado na área de estudos?

ASE

nenhum

1 0 0

em fase de implementação

1 1 1

sim

1 2 2

Indicador da preocupação governamental com as questões de infra-estrutura básica regional.

Justificativa: Não foi obtida informação sobre este indicador.

159. Cruza(m) estrada(s) asfaltada(s) junto à área de estudos?

ASE

não

1 0 0

1

1 1 1

>1

1 2 1

Indicador que proporciona um melhor fluxo no deslocamento dos produtos e mercadorias ao seu destino final. Apesar de ser o meio mais oneroso de transporte, somente perde para o custo aéreo.

Justificativa: Cruza a BR-116, que liga Camaquã a Pelotas.

160. Existem setores navegáveis do rio (%) na área de estudos?

ASE

nenhum

1 0 0

entre 1 e 30

1 1 1

> 30

1 2 2

Indicador do melhor meio de transporte, por ser mais econômico.

Justificativa: São poucos os locais navegáveis do rio Camaquã. Conforme informações locais de antigos moradores da região, muitos trechos do rio que eram navegáveis, atualmente, não são mais por problemas de assoreamento.

161. Existem sistemas de eclusas ou elevadores d'água para facilitar o transporte fluvial na

área de estudos?

ASE

| | |
|--------|-------|
| nenhum | 0 0 0 |
| 1 | 1 1 1 |
| > 1 | 2 2 2 |

Indicador da existência de infra-estrutura ao meio de transporte fluvial, considerado o mais econômico. Com isto diminui a queima excessiva de combustível para mover a frota de caminhões e a respectiva liberação de enxofre e monóxido de carbono na atmosfera.

Justificativa: Em nenhum local do SsBC.

162. Existem ferrovias na área de estudos?

| | |
|---------|------------|
| | ASE |
| nenhuma | 1 0 0 |
| 1 | 1 1 1 |
| > 1 | 1 2 2 |

Indicador de um meio de transporte intermediário em termos econômicos entre o rodoviário e o fluvial.

Justificativa: Não existem ferrovias no SsBC.

163. Existem aeroportos na área de estudos?

| | |
|--------|------------|
| | ASE |
| nenhum | 1 0 0 |
| 1 | 0 1 1 |
| > 1 | 0 2 1 |

Indicador da capacidade de fluxo e maior poder econômico dos usuários, permitindo um rápido destino de passageiros e mercadorias. Trata-se do meio de transporte mais oneroso. Polui o meio ambiente com gases e ruídos.

Justificativa: Somente de pequeno porte, tipo aeroclube e pequenas pistas para aviões agrícolas de dedetização.

164. Existem programas de expansão do sistema viário ou melhoramentos dos existentes na área de estudos?

| | |
|----------------|------------|
| | ASE |
| nenhum | 1 0 0 |
| em implantação | 1 1 1 |
| implantado | 1 2 2 |

Indicador das vias de acesso que facilitam o escoamento da produção municipal para outros locais.

Justificativa: No SsBC, estão asfaltando de Camaquã em direção a Chuvisca.

165. Existe instituição de ensino superior na área de estudos?

| | ASE |
|----------------|------------|
| nenhuma | 0 0 0 |
| em implantação | 1 1 1 |
| implantada | 2 2 2 |

Indicador do nível de educação da região de estudos.

Justificativa: No SsBC, existe Faculdade somente em Camaquã.

6.2.1.1 Considerações sobre o desenvolvimento sustentável do SsBC

Os dados associados a bacias hidrográficas envolvendo hidrografia, hidrologia, hidrogeologia, geologia, geomorfologia, pedologia, edafologia, clima e vegetação, além de outros, são importantes, porém devem ser encarados dentro de uma visão de desenvolvimento sustentável. Este deve envolver a análise integrada buscando uma equalização da tríade ambiental, econômica e social. Portanto, além da caracterização física do meio ambiente, é necessário o entendimento dos aspectos social e econômico da área geográfica de estudos. Com isto, é possível se ter uma idéia da situação e característica de ocupação das bacias hidrográficas e enquadrá-las segundo uma determinada comunidade, além de avaliar como esta se encontra integrada, em termos de crescimento com o meio ambiente, e quais são as relações de produção, fornecimento e consumo.

Para executar as atividades pertinentes ao ordenamento, planejamento e gestão ambiental do SsBC, em algumas situações se faz necessário trabalhar numa escala de maior detalhe, com algumas caracterizações mais pormenorizadas dos aspectos abióticos, bióticos e antrópicos; em outras, não.

Os níveis de abordagens para serem atingidos são, simplesmente, um fator de tempo, pois funcionam como um *zoom* de inter-relacionamento entre o sistema, subsistema, sub-bacia e a microbacia, para tratar das complexidades e interações que envolvem a análise ambiental.

Como foi mencionado, a área do SsBC, para a ordenação territorial deste estudo, situa-se no nível de subsistema, com implicações estaduais e nacionais.

A questão da ordenação territorial da área do SsBC implica em situá-la em nível de decisões políticas, a fim de proteger determinadas "áreas-parque". Atualmente, o governo estadual vem demonstrando interesse em proporcionar estudos para o desenvolvimento ecologicamente sustentável, através do Programa Mar de Dentro, que engloba a região litorânea Patos e Mirim, coordenado pela Secretaria de Coordenação e Planejamento do Estado do Rio Grande do Sul.

Outras questões são as exigências de considerações legais nacionais, tais como a regulamentação da exploração mineral que implica em aspectos econômicos, cujas normas, muitas vezes, têm caráter mais amplo (internacional). Como exemplo, podem ser citadas a poluição e contaminação resultantes das atividades mineiras ou das constantes aplicações de pesticidas que influenciam qualitativamente a lagoa dos Patos e imediações. Com o tempo e condições hidrodinâmicas, se transmite para as águas internacionais do Oceano Atlântico. Estas conotações podem implicar em questões para o desenvolvimento do ecoturismo e o desenvolvimento sócio-econômico desta área que integra diretamente o programa de desenvolvimento regional (Reconversul) que abrange a metade sul do Estado (menos desenvolvida).

Implica em abordar a situação em nível de sub-bacias de maneira integrada, pela importância do SsBC, que constitui a área de maior ocupação antrópica, dentro do contexto do Sistema Camaquã (BHRC). Devem ser contempladas as características climáticas, tipos de solos, vegetações, dentro do contexto das associações relativas à flora da região da planície costeira, fauna presente, ou pelo grau de contaminação das águas do rio Camaquã e seu potencial de diluição, determinado pelos fatores de maior ou menor pluviosidade no sistema.

Aproveitando o fator *zoom*, referido anteriormente, a questão do SsBC, em alguns aspectos, deve ser também tratada em nível de microbacia. Em função das características básicas dos solos, devem ser recomendadas as áreas mais indicadas para o plantio de determinadas culturas; definir, para as regiões de balneários, os locais apropriados para acampamentos e sugerir aos administradores municipais os lugares para a implantação de infra-estrutura mínima, a fim de evitar focos de poluição e contaminação. A demarcação de trilhas ecológicas deve envolver diferentes aspectos, tais como o "santuário da avifauna migratória" e algumas espécies em franco processo de extinção pela caça predatória; além de uma série de outras medidas que abarcam esta escala de trabalho.

Observa-se, com isto, que o ordenamento do território do SsBC deve apresentar, ao mesmo tempo, uma abordagem metodológica em escalas distintas de caracterização, análise, diagnóstico, planejamento e gestão. Nas mesmas condições, deve haver uma compatibilidade

da escala dos mapas temáticos e o número de observações de campo com a respectiva qualidade, sem prejudicar a realidade da complexa natureza. Sabe-se que levantamentos de campo de uma determinada área, que exigem mais de uma escala de mapeamento integrada, possuem concentrações diferenciadas de dados, envolvendo ações em planos gerais para se ter uma noção do todo. Com isto, ressaltam-se os aspectos particulares associados aos espaços territoriais pequenos, que necessitam de cenários bióticos ou abióticos diferenciados para retratar a realidade dos problemas. Isto se constitui em um grande desafio para harmonizar as questões da ordenação territorial que permeiam processos e respostas entre si dentro de uma visão de zonas ecológico-econômicas.

A necessidade é cada vez maior da interatividade relacionada com as ciências do meio ambiente. Torna-se premente o constante aprimoramento das análises espaciais relativas ao planejamento, visando chegar próximo à realidade, com uma dualidade dinâmica e cíclica da natureza. Estes processos de caracterização e monitoramento ambiental apoiam as ações de planejamento e gerenciamento na tomada de decisões.

Para o planejamento utiliza-se uma escala regional, na solução dos conflitos territoriais e ambientais ocorrentes devido à concorrência entre as diferentes utilizações e atividades, próprios da área em análise, no caso o SsBC.

A análise sistêmica contribui para valorar os aspectos físicos (abióticos), ecológicos (bióticos), sociais, culturais e econômicos, melhorando a estrutura de manejo das informações, através de bancos de dados multi-relacionais como um apoio de decisão ao planejamento; porém, muitas vezes, com a quantidade de dados e a complexidade para se obter as informações e estabelecer as inter-relações, torna-se difícil comparar e correlacionar os elementos entre si.

O planejamento das unidades de conservação deve contemplar qual o aspecto de enfoque principal e quais as limitações que serão atribuídas a cada setor. Alguns destes aspectos podem ser mencionados para o SsBC, tais como:

- preservar o delta do rio Camaquã, ilha e lagoa dos Patos (Fotografia 6.68);
- propiciar a educação ambiental às populações locais;
- preservar os nichos ecológicos das aves migratórias;
- manter e recuperar a biodiversidade regional (Fotografia 6.69).



Fotografia 6.68 - Vista aérea do delta do rio Camaquã. Problemas com desmatamento de mata nativa e queimadas.
Local: microbacia da ilha do Vianez



Fotografia 6.69 - Aspectos da biodiversidade regional.
Local: sub-bacia do arroio Duro/Sanga Formosa

- proteger os patrimônios culturais, históricos e arqueológicos (Fotografia 6.70);

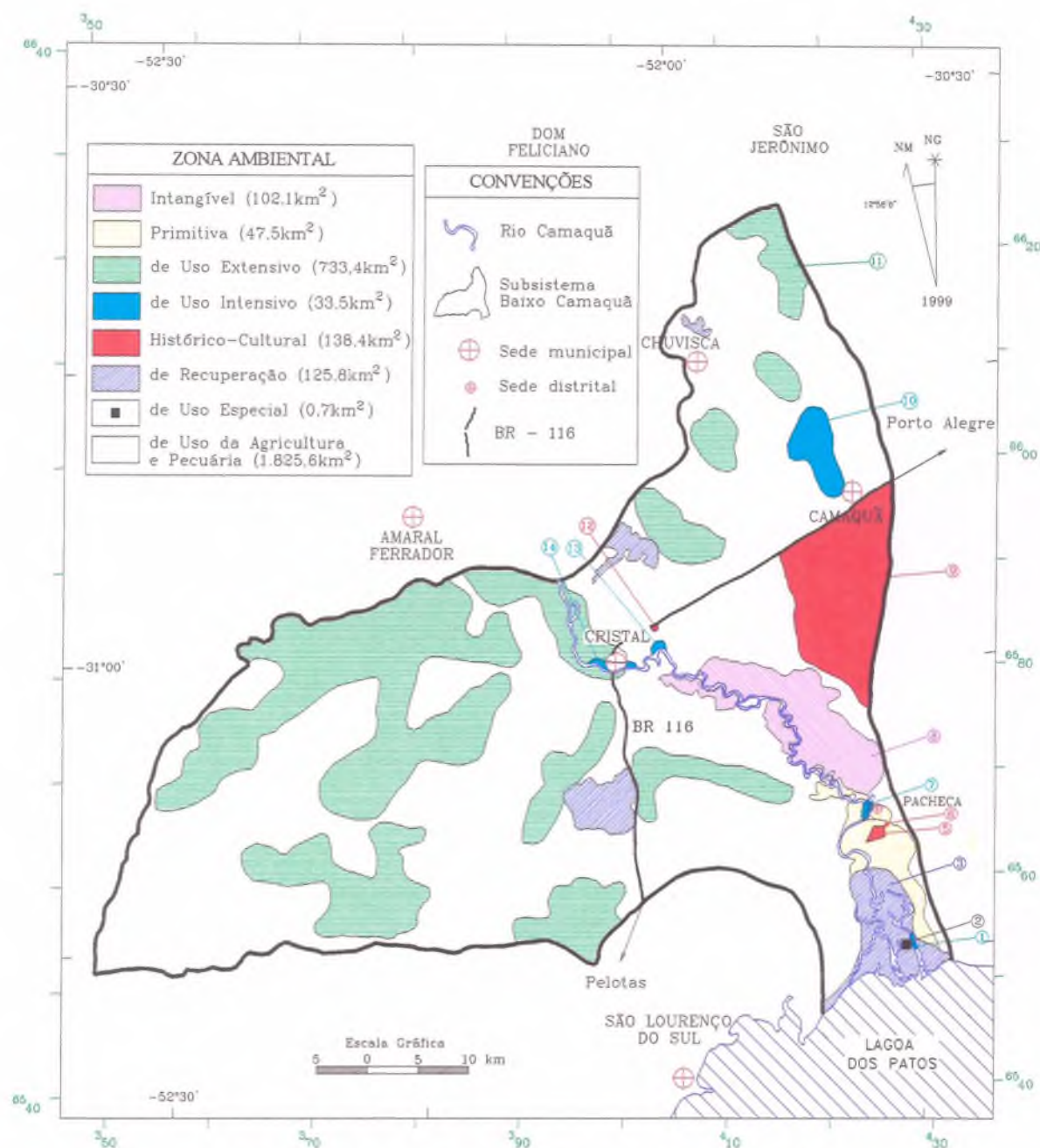


**Fotografia 6.70 - Ao fundo, cemitério abandonado da época da revolução com deposição de lixo dentro da área da Reserva Indígena da Pacheca.
Local: microbacia da ilha de Santo Antônio**

- ❑ proteger os recursos hídricos e a dinâmica hidrológica regional;
- ❑ favorecer os estudos científicos do meio ambiente;
- ❑ proteger as espécies em extinção;
- ❑ procurar melhorar a qualidade de vida da população local;
- ❑ propiciar o ecoturismo e o lazer;
- ❑ ampliar as condições de renda;
- ❑ melhorar a qualidade de saúde e vida dos habitantes.

A proposta de zoneamento deve contemplar a zona intangível; primitiva, de uso extensivo; de uso intensivo; histórico-cultural; de recuperação; e de uso especial.

- 1) Zona Intangível: A natureza primitiva deve permanecer sem alteração humana. Trata-se de área-matriz de repovoamento. Vem a ser a medida de maior preservação de uma determinada área. Trata-se da área de mata ciliar situada nas margens da porção central do curso do rio Camaquã (ponto 8 da figura 6.60).
- 2) Zona Primitiva: A intervenção humana é pequena. Existem espécies vegetais e animais e meio físico de grande valor para a ciência. Trata-se da vegetação situada nas proximidades do delta do rio Camaquã (ponto 4 da figura 6.60).
- 3) Zona de Uso Extensivo: Apresenta alterações humanas, porém predomina a área natural. São áreas com ampla abrangência no SsBC (ponto 11 da figura 6.60).



- Zona de Uso Intensivo: Tende a manter o meio mais próximo do natural, com centros de visitação, trilhas ecológicas, museus e outros elementos. Podem ser naturais ou alteradas pelo homem. Correspondem as áreas da barragem do arroio Duro/Sanga Formosa (ponto 10 da figura 6.60); balneário de Cristal (ponto 14 da figura 6.60); balneário do Parque Bento Gonçalves da Silva (ponto 13 da figura 6.60); Pacheca (ponto 7 da figura 6.60); e da ilha de Santo Antônio (ponto 1 da figura 6.60), onde existe uma infra-estrutura de acampamento e lazer.
- Zona Histórico-Cultural: É própria para a pesquisa e educação, devendo ser estudada, restaurada e com informações sobre os aspectos históricos, culturais ou

- arqueológicos. No SsBC, existem as áreas parciais relativas à antiga gleba de reforma agrária declarada de utilidade pública pelo Decreto n° 11.106, de 05-01-1960 (ponto 9 da figura 6.60); sítio arqueológico com cemitério da época da revolução (ponto 6 da figura 6.60); parque histórico Bento Gonçalves da Silva (ponto 12 da figura 6.60); e reserva indígena da Pacheca (ponto 5 da figura 6.60).
- 6) Zona de Recuperação: São áreas alteradas pela ação antrópica. Quando restaurada, é incorporada às zonas permanentes. Devem ser removidas as espécies exóticas introduzidas. Referem-se as áreas do Parque Estadual do Camaquã (ponto 3 da figura 6.60); e áreas relativas à produção de mata energética.
 - 7) Zona de Uso Especial: Constitui as áreas necessárias às infra-estruturas para manter e administrar a Unidade de Conservação. As edificações não devem conflitar esteticamente com o meio ambiente. Corresponde à área da vila de Santo Antônio, situada na ilha homônima (ponto 2 da figura 6.60).
 - 8) Zona de Uso da Agricultura e Pecuária: São proibidos ou regulados os usos ou práticas capazes de causar sensível degradação do meio ambiente. Trata-se de uma proposição empregada para APA, em função do que determina o artigo 5° da Resolução do CONAMA n° 010, de 14 de dezembro de 1988 (em branco na figura 6.60). Esta oitava proposição para contemplar o zoneamento está sendo proposta em função do que determina a resolução acima mencionada e, esta, realizada, foi encontrada na maioria das sub-bacias e microbacias hidrográficas estudadas.

Souza *et al.* (1995) apresentam a metodologia para a elaboração do manejo integrado, através do zoneamento ambiental de sub-bacias, como um modelo de planejamento ambiental, dividindo o território em duas unidades: as Ambientais Naturais Homogêneas e as Sócio-econômicas Homogêneas, com a finalidade de identificar o inter-relacionamento entre a natureza e o homem.

De posse dos dados ambientais, econômicos e sociais a partir de pesquisas bibliográficas e de campo, verifica-se o grau de alteração do meio natural sob a ação antrópica, ao longo do tempo. Com isto, são propostas medidas de minimização das ações predatórias e poluentes a fim de reconstituir as áreas degradadas. Sugerem-se unidades de conservação ou remanejamento, com vistas ao mais adequado ordenamento dos espaços territoriais, visando a sustentabilidade do meio ambiente ou sua proteção. O real envolvimento comunitário local participativo deve ser efetivo por parte dos poderes municipais, estaduais e

federais, dos proprietários das terras e arrendatários pertinentes e inclusos nos espaços a serem reordenados ou protegidos, ou, ainda, outros que necessitem de mudanças de mentalidade, para o efetivo ato de zonear o território, contemplando o ZEE.

A conjugação de fatores complexos, associados às escalas variadas que envolvem o meio ambiente e seus respectivos ecossistemas constituem-se em um grande desafio para zonear e atribuir os respectivos pesos a cada uma das variáveis presentes, em busca da harmonização equitativa.

Dentro do SsBC, ações de proteção e manejo são necessárias para a melhoria das condições de vida e do desenvolvimento do ecoturismo, envolvendo o rio Camaquã (balneário de Cristal e outros menos conhecidos), a paisagem natural circundante, (com frondosas figueiras centenárias), a região das ilhas fluviais (Santo Antônio e outras), a laguna dos Patos (nas proximidades do delta do rio Camaquã), e o “santuário” da avifauna e flora presentes (Fotografia 6.71). Após o diagnóstico do meio ambiente o trabalho de educação ambiental e preparação para o ecoturismo deve ser introduzido, na região, a semelhança do empregado por Ronchi *et al.* (2000) e Zeltzer (1996) para as Minas do Camaquã, integrante da BHRC.

Os problemas ambientais detectados durante os levantamentos em campo foram os seguintes:



Fotografia 6.71 - Aspectos paisagísticos naturais.
Local: microbacia da ilha do Vianez

- Canalizações excessivas com modificações nas condições do ecossistema de banhados (Fotografias 6.72; 6.73).



**Fotografia 6.72 - Vista aérea da quantidade de canais antrópicos.
Local: microbacia da ilha de Santo Antônio**



Fotografia 6.73 - Ecossistema dos banhados. Local: microbacia da ilha de Santo Antônio

- Desmatamento por ocupação antrópica, ocasionando erosão das margens dos arroios, rio; e atividades de mineração muito próximas à margem, ocasionando queda da mata ciliar (Fotografias 6.74; 6.75).



**Fotografia 6.74 - Erosão costeira pela retirada das matas ciliares.
Local: microbacia da ilha de Santo Antônio**



**Fotografia 6.75 - Local de mineração de areia com problema de erosão das margens.
Local: microbacia do arroio Palanque**

- Problemas de assoreamento e retirada em excesso da água para irrigação; e períodos com inundações, onde as barragens e açudes não agem mais como reguladores do armazenamento (Fotografias 6.76; 6.77).



**Fotografia 6.76 - Problemas do assoreamento e déficit de água na região.
Local: sub-bacia do arroio Duro/Sanga Formosa**



Fotografia 6.77 - Períodos de inundações pela falta de escoamento propiciado pelo constante assoreamento devido ao mau uso da terra. Local: microbacia Ruínas

- Utilização de defensivos agrícolas e fertilizantes que mudam as condições ambientais do ar, solo e água; e crime ambiental com o corte de várias figueiras centenárias (Fotografias 6.78; 6.79).



**Fotografia 6.78 - Pista de aviação particular para uso de defensivos agrícolas e fertilizantes.
Local: microbacia da ilha de Santo Antônio**



**Fotografia 6.79 - Figueiras cortadas e, parcialmente, carbonificadas.
Local: sub-bacia do arroio Evaristo**

- Disposição de lixo em locais inadequados como na Reserva Indígena da Pacheca; e ocupação antrópica, sem as mínimas condições de saneamento básico, com ampliação dos cinturões marginais, devido ao êxodo rural (Fotografias 6.80; 6.81).



**Fotografia 6.80 - Deposição de lixo urbano em reserva da FUNAI, local proibido.
Local: microbacia da ilha de Santo Antônio**



**Fotografia 6.81 - Vista do cinturão marginal com condições mínimas de saneamento básico.
Local: microbacia do arroio Palanque**

Além destes, vários outros foram os problemas ambientais identificados e documentados.

Os indicadores de desenvolvimento sustentável são inúmeros e envolvem um amplo espectro do conhecimento humano, reunindo várias disciplinas que abrangem: economia, turismo e lazer, utilização dos meios de transporte, relações do comércio interno e externo, disponibilidade energética, usos da terra, recursos hídricos, silvicultura, recursos pesqueiros, mudanças climáticas, depleção da camada de ozônio, chuvas ácidas, qualidade do ar, da água doce, recursos marinhos, vida silvestre e habitat, cobertura vegetal, aspectos do relevo, solos, extração mineral, lixo e radioatividade.

6.2.2 Aplicação do questionário do banco de dados no estudo de caso do SsBC

O desenvolvimento de um banco de dados com um questionário que realiza uma análise de todas as questões relativas às áreas de conhecimentos de ação institucional, de áreas protegidas e de turismo, dos aspectos bióticos, da demografia e educação, da economia e infra-estrutura, da indústria e energia, das influências climáticas, dos recursos da terra, dos recursos hídricos e da saúde e saneamento sobre os aspectos ambiental, social e econômico se constitui em uma importante ferramenta de grande poder analítico comparativo sob a questão qualidade do meio e quantidade, pois se traduz, através dos indicadores, em índices que permitem comparações entre si e podem fortalecer os órgãos ambientais na mensuração dos problemas, além de auxiliar diretamente na obtenção de índices para as zee (Figura 6.62).

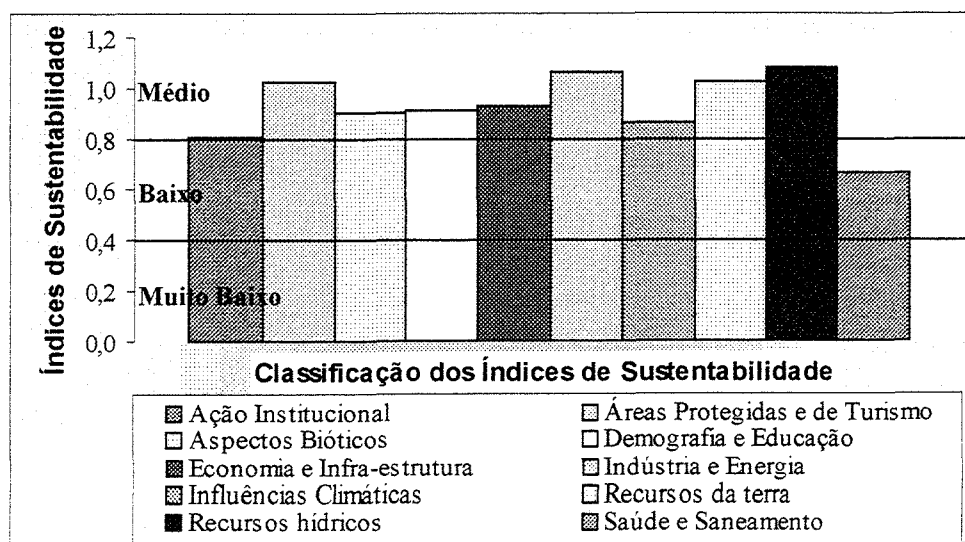


Figura 6.62 - Histograma mostrando a classificação dos índices de sustentabilidade por áreas de conhecimento

O anexo A14 apresenta os dados obtidos com o preenchimento do questionário do banco de dados do *MSAccess* para as sub-bacias e microbacias hidrográficas do SsBC. Este subsistema foi estudado sob vários aspectos, a fim de auxiliar na elaboração de um questionário, o mais amplo possível e que demonstrou um grau de confiabilidade, pois se tornou sensível a pequenas variações locais de áreas contíguas

Os números de questões formuladas para cada área de conhecimento são apresentados na tabela 6.44 e o número de questões respondidas (NQR) estão nos formulários gerados através do banco de dados da *Microsoft Access* (Anexo A15). A menor quantidade de questões respondidas ficaram com as áreas de conhecimento das influências climáticas e da economia e infra-estrutura por falta de dados suficientes para responder as questões, atribuindo um NQR de 33,3% e 42,9%, respectivamente.

Tabela 6.44 - Número de questões elaboradas no banco de dados por áreas de conhecimento

| Áreas de Conhecimento | Número de Questões Elaboradas |
|-------------------------------|-------------------------------|
| Ação Institucional | 11 |
| Áreas Protegidas e de Turismo | 10 |
| Aspectos Bióticos | 10 |
| Demografia e Educação | 15 |
| Economia e Infra-estrutura | 28 |
| Indústria e Energia | 12 |
| Influências climáticas | 9 |
| Recursos da terra | 16 |
| Recursos hídricos | 40 |
| Saúde e Saneamento | 14 |

No gráfico anterior (figura 6.62), é possível observar a ampla predominância da maioria das áreas de conhecimento, relativo à média do SsBC, com um índice conceitual (descritivo) de sustentabilidade médio, porém o índice fica baixo para as questões relacionadas com saúde e saneamento.

Analisando os índices de sustentabilidade médios obtidos para as sub-bacias e microbacias hidrográficas estudadas, pode-se chegar aos seguintes resultados (figura 6.63):

- Sub-bacia do arroio Santa Isabel (IVA) apresenta um índice de sustentabilidade médio com pequeno destaque para o ambiental, seguido pelo econômico e, por último, o social. Nesta área, prevalecem atividades de agricultura, pecuária e silvicultura (Tabela 6.45).

Tabela 6.45 - Índices numérico e conceitual por área de conhecimento para sub-bacia do arroio Santa Isabel

| <i>Áreas de Conhecimento</i> | Índices | Número de Questões Respondidas | Índice Ambiental | Índice Social | Índice Econômico | Índice Médio | Índice Conceitual Médio |
|--------------------------------------|----------------|---------------------------------------|-------------------------|----------------------|-------------------------|---------------------|--------------------------------|
| <i>Ação Institucional</i> | | 10 | 0,80 | 0,60 | 0,70 | 0,70 | Ruim |
| <i>Áreas Protegidas e de Turismo</i> | | 9 | 0,89 | 1,00 | 1,22 | 1,04 | Bom |
| <i>Aspectos Bióticos</i> | | 9 | 0,44 | 1,11 | 1,11 | 0,89 | Bom |
| <i>Demografia e Educação</i> | | 13 | 0,77 | 1,08 | 0,92 | 0,92 | Bom |
| <i>Economia e Infra-estrutura</i> | | 11 | 1,09 | 0,82 | 0,82 | 0,91 | Bom |
| <i>Indústrias e Energia</i> | | 12 | 1,33 | 1,00 | 0,83 | 1,06 | Bom |
| <i>Influências climáticas</i> | | 3 | 1,33 | 0,67 | 0,67 | 0,89 | Bom |
| <i>Recursos da terra</i> | | 14 | 1,14 | 1,14 | 1,21 | 1,17 | Bom |
| <i>Recursos hídricos</i> | | 35 | 1,00 | 1,17 | 1,17 | 1,11 | Bom |
| <i>Saúde e Saneamento</i> | | 11 | 0,55 | 0,55 | 0,55 | 0,55 | Ruim |
| Média | | | 0,93 | 0,91 | 0,92 | 0,92 | Bom |
| Índice Conceitual | | | Bom | Bom | Bom | | |
| Mínimo | | | 0,44 | 0,55 | 0,55 | 0,55 | Ruim |
| Índice Conceitual | | | Ruim | Ruim | Ruim | | |
| Máximo | | | 1,33 | 1,17 | 1,22 | 1,17 | Bom |
| Índice Conceitual | | | Muito Bom | Bom | Muito Bom | | |

- Sub-bacia do arroio Evaristo (IVB) apresenta os três índices similares, denotando um equilíbrio ambiental, social e econômico. Verifica-se uma distribuição de renda mais equitativa e maior harmonização no uso da terra, recursos hídricos e condições de vida, porém, comparando com outras sub-bacias, apresenta os índices, no conjunto, mais baixos, mas balanceados (Tabela 6.46).

Tabela 6.46 - Índices numérico e conceitual por área de conhecimento para sub-bacia do arroio Evaristo

| <i>Áreas de Conhecimento</i> | Índices | Número de Questões Respondidas | Índice Ambiental | Índice Social | Índice Econômico | Índice Médio | Índice Conceitual Médio |
|--------------------------------------|----------------|---------------------------------------|-------------------------|----------------------|-------------------------|---------------------|--------------------------------|
| <i>Ação Institucional</i> | | 11 | 1,00 | 0,91 | 1,18 | 1,03 | Bom |
| <i>Áreas Protegidas e de Turismo</i> | | 9 | 0,78 | 0,89 | 1,11 | 0,93 | Bom |
| <i>Aspectos Bióticos</i> | | 9 | 0,56 | 1,11 | 1,00 | 0,89 | Bom |
| <i>Demografia e Educação</i> | | 13 | 0,77 | 1,08 | 0,92 | 0,92 | Bom |
| <i>Economia e Infra-estrutura</i> | | 11 | 1,18 | 1,00 | 1,00 | 1,06 | Bom |
| <i>Indústrias e Energia</i> | | 12 | 1,42 | 0,92 | 0,75 | 1,03 | Bom |
| <i>Influências climáticas</i> | | 3 | 1,33 | 0,67 | 0,67 | 0,89 | Bom |
| <i>Recursos da terra</i> | | 14 | 1,00 | 1,00 | 1,07 | 1,02 | Bom |
| <i>Recursos hídricos</i> | | 35 | 1,00 | 1,09 | 1,11 | 1,07 | Bom |
| <i>Saúde e Saneamento</i> | | 11 | 0,45 | 0,45 | 0,45 | 0,45 | Ruim |
| Média | | | 0,95 | 0,91 | 0,93 | 0,93 | Bom |
| Índice Conceitual | | | Bom | Bom | Bom | | |
| Mínimo | | | 0,45 | 0,45 | 0,45 | 0,45 | Ruim |
| Índice Conceitual | | | Ruim | Ruim | Ruim | | |
| Máximo | | | 1,42 | 1,11 | 1,18 | 1,07 | Bom |
| Índice Conceitual | | | Muito Bom | Bom | Bom | | |

- Sub-bacia do arroio do Sapato (IVC) é a que apresenta o maior valor relativo à economia, seguido pelo social e ambiental, à semelhança da tendência da sub-bacia do

arroio Santa Isabel. Vem a ser uma das maiores áreas, com cultivo de milho, fumo, acácia, eucalipto e atividade de pecuária (Tabela 6.47).

Tabela 6.47 - Índices numérico e conceitual por área de conhecimento para sub-bacia do arroio do Sapato

| <i>Áreas de Conhecimento</i> | Índices | Número de Questões Respondidas | Índice Ambiental | Índice Social | Índice Econômico | Índice Médio | Índice Conceitual Médio |
|--------------------------------------|---------|--------------------------------|------------------|---------------|------------------|--------------|-------------------------|
| <i>Ação Institucional</i> | | 11 | 0,82 | 0,73 | 0,82 | 0,79 | Ruim |
| <i>Áreas Protegidas e de Turismo</i> | | 9 | 0,78 | 0,89 | 1,11 | 0,93 | Bom |
| <i>Aspectos Bióticos</i> | | 9 | 0,56 | 1,11 | 1,00 | 0,89 | Bom |
| <i>Demografia e Educação</i> | | 13 | 0,77 | 1,08 | 0,92 | 0,92 | Bom |
| <i>Economia e Infra-estrutura</i> | | 11 | 1,00 | 0,73 | 0,82 | 0,85 | Bom |
| <i>Indústrias e Energia</i> | | 12 | 1,33 | 0,92 | 0,75 | 1,00 | Bom |
| <i>Influências climáticas</i> | | 3 | 1,33 | 0,67 | 0,67 | 0,89 | Bom |
| <i>Recursos da terra</i> | | 14 | 0,64 | 0,86 | 0,86 | 0,79 | Ruim |
| <i>Recursos hídricos</i> | | 35 | 0,86 | 1,03 | 1,06 | 0,98 | Bom |
| <i>Saúde e Saneamento</i> | | 11 | 0,64 | 0,64 | 0,64 | 0,64 | Ruim |
| Média | | | 0,87 | 0,86 | 0,86 | 0,87 | Bom |
| Índice Conceitual Mínimo | | | Bom | Bom | Bom | | |
| Índice Conceitual Máximo | | | 0,56 | 0,64 | 0,64 | 0,64 | Ruim |
| Índice Conceitual | | | Ruim | Ruim | Ruim | | |
| Índice Conceitual | | | 1,33 | 1,11 | 1,11 | 1,00 | Bom |
| Índice Conceitual | | | Muito Bom | Bom | Bom | | |

- Sub-bacia do arroio Duro/Sanga Formosa (IVD) é a que possui um pequeno destaque para a questão ambiental, pois existem entidades preocupadas em gerenciar os recursos hídricos, da terra e outros, tais como a AUD, CORSAN, EMATER, EMBRAPA, AFUBRA, TANAC e outras. A economia vem em segundo lugar, pois, dentro do SsBC, é a área de maior desenvolvimento no setor primário, secundário e terciário, e é nesta que se concentra a maior parte da população, cidades de Camaquã, Chuisca além de vilas. A orizicultura vem seguida pela fomicultura, silvicultura e pecuária, porém com predomínio de latifundiários (Tabela 6.48).

Tabela 6.48 - Índices numérico e conceitual por área de conhecimento para sub-bacia do arroio Duro/Sanga Formosa

| <i>Áreas de Conhecimento</i> | Índices | Número de Questões Respondidas | Índice Ambiental | Índice Social | Índice Econômico | Índice Médio | Índice Conceitual Médio |
|--------------------------------------|---------|--------------------------------|------------------|---------------|------------------|--------------|-------------------------|
| <i>Ação Institucional</i> | | 11 | 0,91 | 0,82 | 1,00 | 0,91 | Bom |
| <i>Áreas Protegidas e de Turismo</i> | | 9 | 1,11 | 1,11 | 1,11 | 1,11 | Bom |
| <i>Aspectos Bióticos</i> | | 9 | 0,56 | 1,11 | 1,11 | 0,93 | Bom |
| <i>Demografia e Educação</i> | | 13 | 0,69 | 1,08 | 1,08 | 0,95 | Bom |
| <i>Economia e Infra-estrutura</i> | | 12 | 1,00 | 1,08 | 1,08 | 1,06 | Bom |
| <i>Indústrias e Energia</i> | | 12 | 1,17 | 1,33 | 1,17 | 1,22 | Muito Bom |
| <i>Influências climáticas</i> | | 3 | 0,67 | 0,67 | 1,00 | 0,78 | Ruim |
| <i>Recursos da terra</i> | | 14 | 0,79 | 0,93 | 0,86 | 0,86 | Bom |
| <i>Recursos hídricos</i> | | 35 | 1,11 | 1,17 | 1,26 | 1,18 | Bom |
| <i>Saúde e Saneamento</i> | | 11 | 0,82 | 0,91 | 0,82 | 0,85 | Bom |
| Média | | | 0,88 | 1,02 | 1,05 | 0,98 | Bom |
| Índice Conceitual Mínimo | | | Bom | Bom | Bom | | |
| Índice Conceitual Máximo | | | 0,56 | 0,67 | 0,82 | 0,78 | Ruim |
| Índice Conceitual | | | Ruim | Ruim | Bom | | |
| Índice Conceitual | | | 1,17 | 1,33 | 1,26 | 1,22 | Muito Bom |
| Índice Conceitual | | | Bom | Muito Bom | Muito Bom | | |

- Microbacia da ilha do Vianez (IVa) equilíbrio entre os aspectos ambientais, sociais e econômicos, pois tratam-se de locais onde vivem pessoas com sustento relacionado com a orizicultura, pesca, como minifúndios de sustento próprio (Tabela 6.49).

Tabela 6.49 - Índices numérico e conceitual por área de conhecimento para microbacia da ilha do Vianez

| Áreas de Conhecimento | Índices | Número de Questões Respondidas | Índice Ambiental | Índice Social | Índice Econômico | Índice Médio | Índice Conceitual Médio |
|--------------------------------------|---------|--------------------------------|------------------|---------------|------------------|--------------|-------------------------|
| <i>Ação Institucional</i> | | 11 | 0,82 | 0,73 | 0,82 | 0,79 | Ruim |
| <i>Áreas Protegidas e de Turismo</i> | | 9 | 1,00 | 1,00 | 1,11 | 1,04 | Bom |
| <i>Aspectos Bióticos</i> | | 9 | 0,44 | 0,78 | 1,00 | 0,74 | Ruim |
| <i>Demografia e Educação</i> | | 13 | 0,69 | 1,08 | 1,00 | 0,92 | Bom |
| <i>Economia e Infra-estrutura</i> | | 11 | 0,91 | 0,82 | 0,73 | 0,82 | Bom |
| <i>Indústrias e Energia</i> | | 12 | 1,42 | 0,92 | 0,75 | 1,03 | Bom |
| <i>Influências climáticas</i> | | 3 | 1,33 | 0,67 | 0,67 | 0,89 | Bom |
| <i>Recursos da terra</i> | | 14 | 1,14 | 1,21 | 1,21 | 1,19 | Bom |
| <i>Recursos hídricos</i> | | 35 | 0,91 | 1,09 | 1,09 | 1,03 | Bom |
| <i>Saúde e Saneamento</i> | | 11 | 0,64 | 0,64 | 0,64 | 0,64 | Ruim |
| Média | | | 0,93 | 0,89 | 0,90 | 0,91 | Bom |
| Índice Conceitual | | | Bom | Bom | Bom | | |
| Mínimo | | | 0,44 | 0,64 | 0,64 | 0,64 | Ruim |
| Índice Conceitual | | | Ruim | Ruim | Ruim | | |
| Máximo | | | 1,42 | 1,21 | 1,21 | 1,19 | Bom |
| Índice Conceitual | | | Muito Bom | Muito Bom | Muito Bom | | |

- Microbacia da granja São Geraldo (IVb) apresenta um maior incremento relacionado ao ambiental, seguido pelo social e econômico, pois nesta região a ocupação humana é pequena com minifúndios que retiram seu sustento básico e a natureza se encontra mais contemplada (Tabela 6.50).

Tabela 6.50 - Índices numérico e conceitual por área de conhecimento para microbacia da granja São Geraldo

| Áreas de Conhecimento | Índices | Número de Questões Respondidas | Índice Ambiental | Índice Social | Índice Econômico | Índice Médio | Índice Conceitual Médio |
|--------------------------------------|---------|--------------------------------|------------------|---------------|------------------|--------------|-------------------------|
| <i>Ação Institucional</i> | | 11 | 0,64 | 0,73 | 0,64 | 0,67 | Ruim |
| <i>Áreas Protegidas e de Turismo</i> | | 9 | 0,89 | 1,00 | 1,22 | 1,04 | Bom |
| <i>Aspectos Bióticos</i> | | 9 | 0,89 | 1,00 | 1,00 | 0,96 | Bom |
| <i>Demografia e Educação</i> | | 13 | 0,77 | 1,08 | 0,92 | 0,92 | Bom |
| <i>Economia e Infra-estrutura</i> | | 11 | 1,00 | 0,91 | 0,91 | 0,94 | Bom |
| <i>Indústrias e Energia</i> | | 12 | 1,33 | 0,92 | 0,75 | 1,00 | Bom |
| <i>Influências climáticas</i> | | 3 | 1,33 | 0,67 | 0,67 | 0,89 | Bom |
| <i>Recursos da terra</i> | | 14 | 0,64 | 0,79 | 0,71 | 0,71 | Ruim |
| <i>Recursos hídricos</i> | | 34 | 1,00 | 1,09 | 1,06 | 1,05 | Bom |
| <i>Saúde e Saneamento</i> | | 11 | 0,73 | 0,73 | 0,73 | 0,73 | Ruim |
| Média | | | 0,92 | 0,89 | 0,86 | 0,89 | Bom |
| Índice Conceitual | | | Bom | Bom | Bom | | |
| Mínimo | | | 0,64 | 0,67 | 0,64 | 0,67 | Ruim |
| Índice Conceitual | | | Ruim | Ruim | Ruim | | |
| Máximo | | | 1,33 | 1,09 | 1,22 | 1,05 | Bom |
| Índice Conceitual | | | Muito Bom | Bom | Muito Bom | | |

- Microbacia Ruínas (IVc), praticamente, ocorre um balanceamento com leve incremento nos aspectos sociais em relação aos ambientais e econômicos. Trata-se de uma área com orizicultura e pecuária (Tabela 6.51).

Tabela 6.51 - Índices numérico e conceitual por área de conhecimento para microbacia Ruínas

| Índices Áreas de Conhecimento | Número de Questões Respondidas | Índice Ambiental | Índice Social | Índice Econômico | Índice Médio | Índice Conceitual Médio |
|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------|------------------|---------------------|-----------------|-------------------------------|
| <i>Ação Institucional</i> | 11 | 0,82 | 0,73 | 0,82 | 0,79 | Ruim |
| <i>Áreas Protegidas e de Turismo</i> | 9 | 0,89 | 0,89 | 1,11 | 0,96 | Bom |
| <i>Aspectos Bióticos</i> | 9 | 0,67 | 1,00 | 1,11 | 0,93 | Bom |
| <i>Demografia e Educação</i> | 13 | 0,77 | 1,08 | 0,92 | 0,92 | Bom |
| <i>Economia e Infra-estrutura</i> | 11 | 0,91 | 1,00 | 1,00 | 0,97 | Bom |
| <i>Indústrias e Energia</i> | 12 | 1,33 | 1,00 | 0,83 | 1,06 | Bom |
| <i>Influências climáticas</i> | 3 | 1,33 | 0,67 | 0,67 | 0,89 | Bom |
| <i>Recursos da terra</i> | 14 | 1,14 | 1,14 | 1,21 | 1,17 | Bom |
| <i>Recursos hídricos</i> | 35 | 0,91 | 1,17 | 1,14 | 1,08 | Bom |
| <i>Saúde e Saneamento</i> | 11 | 0,73 | 0,73 | 0,73 | 0,73 | Ruim |
| Média | | 0,95 | 0,94 | 0,95 | 0,95 | Bom |
| Índice Conceitual | | Bom | Bom | Bom | | |
| Mínimo | | 0,67 | 0,67 | 0,67 | 0,73 | Ruim |
| Índice Conceitual | | Ruim | Ruim | Ruim | | |
| Máximo | | 1,33 | 1,17 | 1,21 | 1,17 | Bom |
| Índice Conceitual | | Muito Bom | Bom | Muito Bom | | |

- Microbacia do arroio Palanque (IVd) é a que tem o maior destaque para o social, seguida pelo ambiental, que apresenta um índice de sustentabilidade médio em relação ao econômico que é baixo. Nesta área se situa a cidade de Cristal, com microbacia de pequena extensão geográfica em comparação com a população parcial que possui condições básicas de saúde e saneamento. Ocorre um predomínio de minifúndios (Tabela 6.52).

Tabela 6.52 - Índices numérico e conceitual por área de conhecimento para microbacia do arroio Palanque

| Índices Áreas de Conhecimento | Número de Questões Respondidas | Índice Ambiental | Índice Social | Índice Econômico | Índice Médio | Índice Conceitual Médio |
|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------|------------------|---------------------|-----------------|-------------------------------|
| <i>Ação Institucional</i> | 11 | 0,73 | 0,73 | 0,73 | 0,73 | Ruim |
| <i>Áreas Protegidas e de Turismo</i> | 9 | 0,78 | 0,89 | 1,00 | 0,89 | Bom |
| <i>Aspectos Bióticos</i> | 9 | 0,67 | 0,89 | 1,00 | 0,85 | Bom |
| <i>Demografia e Educação</i> | 13 | 0,46 | 1,00 | 0,92 | 0,79 | Ruim |
| <i>Economia e Infra-estrutura</i> | 12 | 0,83 | 0,92 | 0,83 | 0,86 | Bom |
| <i>Indústrias e Energia</i> | 12 | 1,33 | 1,17 | 1,00 | 1,17 | Bom |
| <i>Influências climáticas</i> | 3 | 0,67 | 0,67 | 1,00 | 0,78 | Ruim |
| <i>Recursos da terra</i> | 14 | 1,00 | 1,00 | 1,07 | 1,02 | Bom |
| <i>Recursos hídricos</i> | 34 | 1,03 | 1,18 | 1,21 | 1,14 | Bom |
| <i>Saúde e Saneamento</i> | 11 | 0,91 | 1,00 | 0,91 | 0,94 | Bom |
| Média | | 0,84 | 0,94 | 0,97 | 0,92 | Bom |
| Índice Conceitual | | Bom | Bom | Bom | | |
| Mínimo | | 0,46 | 0,67 | 0,73 | 0,73 | Ruim |
| Índice Conceitual | | Ruim | Ruim | Ruim | | |
| Máximo | | 1,33 | 1,18 | 1,21 | 1,17 | Bom |
| Índice Conceitual | | Muito Bom | Bom | Muito Bom | | |

- Microbacia da ilha de Santo Antônio (IVe). À semelhança da anterior, esta também valora mais o lado social, seguido pelo ambiental, com índice de sustentabilidade médio e, em relação ao econômico, é baixo. Nesta área, situa-se Pacheca e a ilha de Santo Antônio, com presença de latifúndios voltados para orizicultura, e na ilha de Santo Antônio prevalecem os minifúndios e a pesca, junto ao rio Camaquã e lagoa dos Patos (Tabela 6.53).

Tabela 6.53 - Índices numérico e conceitual por área de conhecimento para microbacia da ilha de Santo Antônio

| Áreas de Conhecimento | Índices Número de Questões Respondidas | Índice Ambiental | Índice Social | Índice Econômico | Índice Médio | Índice Conceitual Médio |
|--------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------|------------------|---------------------|-----------------|-------------------------------|
| <i>Ação Institucional</i> | 11 | 0,82 | 0,82 | 0,91 | 0,85 | Bom |
| <i>Áreas Protegidas e de Turismo</i> | 9 | 1,22 | 1,44 | 1,22 | 1,30 | Muito Bom |
| <i>Aspectos Bióticos</i> | 9 | 0,89 | 1,11 | 1,11 | 1,04 | Bom |
| <i>Demografia e Educação</i> | 13 | 0,77 | 1,15 | 1,00 | 0,97 | Bom |
| <i>Economia e Infra-estrutura</i> | 11 | 0,82 | 0,91 | 0,82 | 0,85 | Bom |
| <i>Indústrias e Energia</i> | 12 | 1,33 | 0,92 | 0,75 | 1,00 | Bom |
| <i>Influências climáticas</i> | 3 | 1,33 | 0,67 | 0,67 | 0,89 | Bom |
| <i>Recursos da terra</i> | 14 | 1,29 | 1,21 | 1,29 | 1,26 | Muito Bom |
| <i>Recursos hídricos</i> | 35 | 1,00 | 1,14 | 1,14 | 1,10 | Bom |
| <i>Saúde e Saneamento</i> | 11 | 0,36 | 0,55 | 0,55 | 0,48 | Ruim |
| Média | | 0,98 | 0,99 | 0,95 | 0,97 | Bom |
| Índice Conceitual | | Bom | Bom | Bom | | |
| Mínimo | | 0,36 | 0,55 | 0,55 | 0,48 | Ruim |
| Índice Conceitual | | Muito Ruim | Ruim | Ruim | | |
| Máximo | | 1,33 | 1,44 | 1,29 | 1,30 | Muito Bom |
| Índice Conceitual | | Muito Bom | Muito Bom | Muito Bom | | |

Verifica-se que as médias dos aspectos ambientais das microbacias do SsBC são maiores do que os das sub-bacias, porém o índice econômico é menor. Estes resultados médio corroboram com a realidade da área estudada.

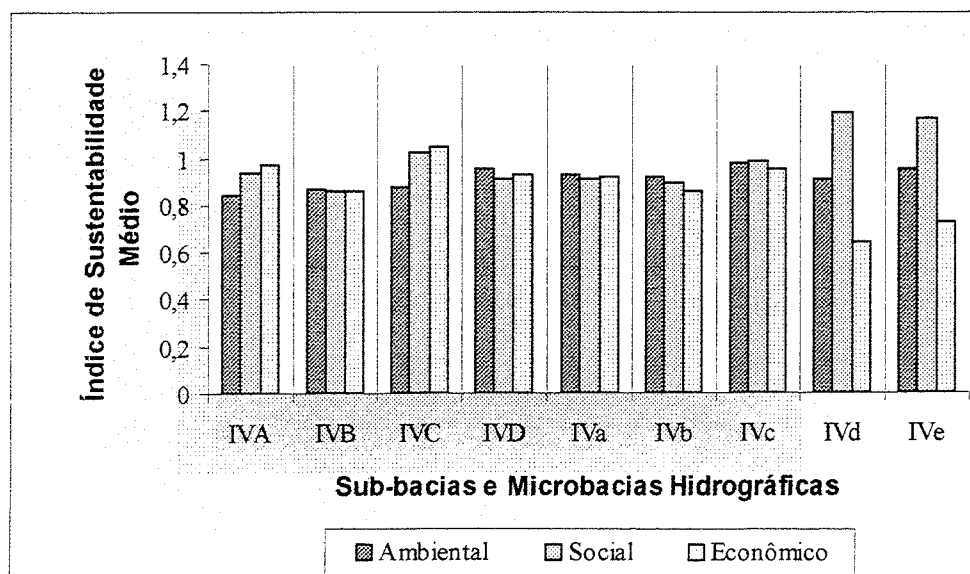


Figura 6.63 - Histograma com os índices de sustentabilidade médio ambiental, social e econômico por sub-bacias e microbacias hidrográficas

Os valores máximo, médio e mínimo do índice de sustentabilidade médio, relativos a todas as áreas de conhecimento analisadas para as sub-bacias e microbacias hidrográficas são apresentados a seguir (Figura 6.64).

Verifica-se que a média do índice de sustentabilidade médio encontra-se dentro do intervalo de classificação conceitual médio para todas as sub-bacias e microbacias estudadas; que o índice médio das mínimas situa-se no intervalo conceitual de índice de sustentabilidade baixo; e o índice médio das máximas encontra-se alto para a maioria, exceto para a sub-bacia do arroio do Sapato e a microbacia granja São Geraldo, que estão no intervalo de classe alto.

O menor índice médio de sustentabilidade das médias envolvendo os aspectos ambientais, sociais e econômicos integrados é relativo às sub-bacias do arroio do Sapato, o menor; e a do arroio Duro/Sanga Formosa, o maior. Com relação às microbacias o menor, é da granja São Geraldo, e o maior é o da Ilha de Santo Antônio. Todos os índices encontram-se

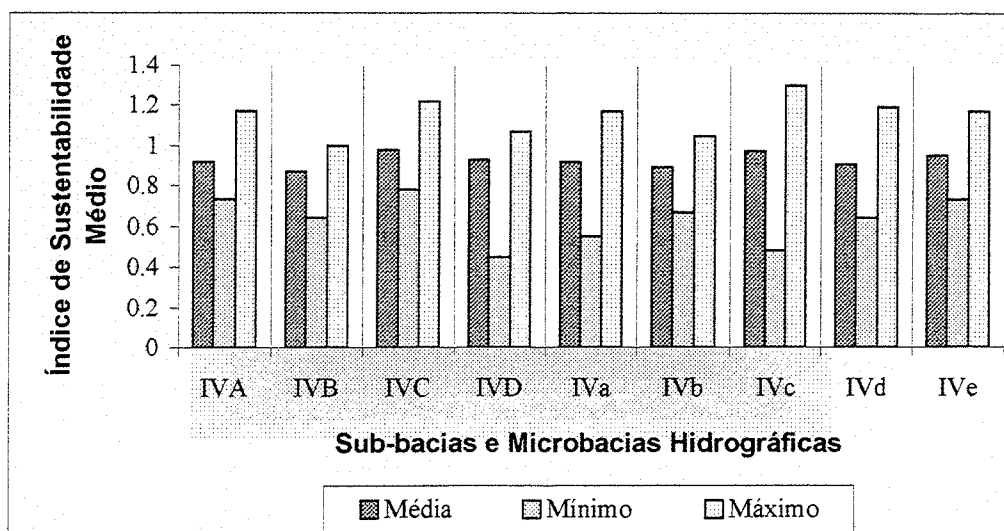


Figura 6.64 - Histograma com os índices de sustentabilidade máximo, médio e mínimo dos aspectos ambiental, social e econômico por sub-bacias e microbacias hidrográficas

dentro do intervalo de classe conceitual de sustentabilidade médio (figura 6.65).

Com respeito a pouca amplitude nos valores encontrados, este fato era de se esperar, pois são sub-bacias e microbacias contíguas que retratam uma homogeneidade ambiental, morfológica e com baixa densidade demográfica.

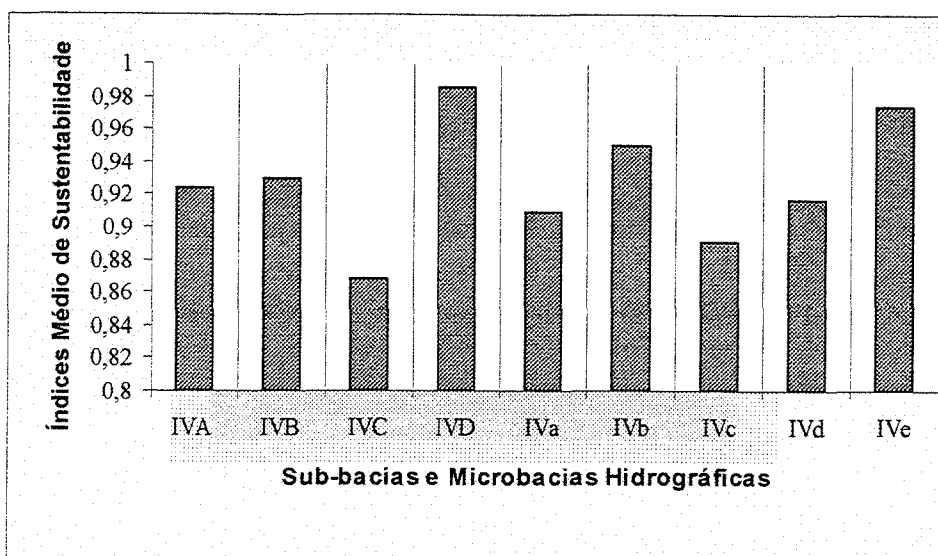


Figura 6.65 - Histograma com os índices médios de sustentabilidade das médias por sub-bacias e microbacias hidrográficas

No diagrama ternário, foram locados as quatro sub-bacias e cinco microbacias hidrográficas, e todos os valores, de forma conjunta, analisados sob todas as áreas de conhecimento, situaram-se dentro da comunidade sustentável, ou seja, existe um equilíbrio entre os índices encontrados. Verificam-se duas populações bem definidas dentro da comunidade especificada: as mais centralizadas, onde as equidades dos valores ambientais, sociais e econômicas são maiores, relacionam-se diretamente com os locais com menor desenvolvimento e baixa densidade populacional, enquanto que as que apresentam uma leve tendência aos aspectos econômicos e sociais em relação aos ambientais são relativas ao maior número de indústrias e concentração da população, tendendo a prejudicar o ambiental (Figura 6.66).

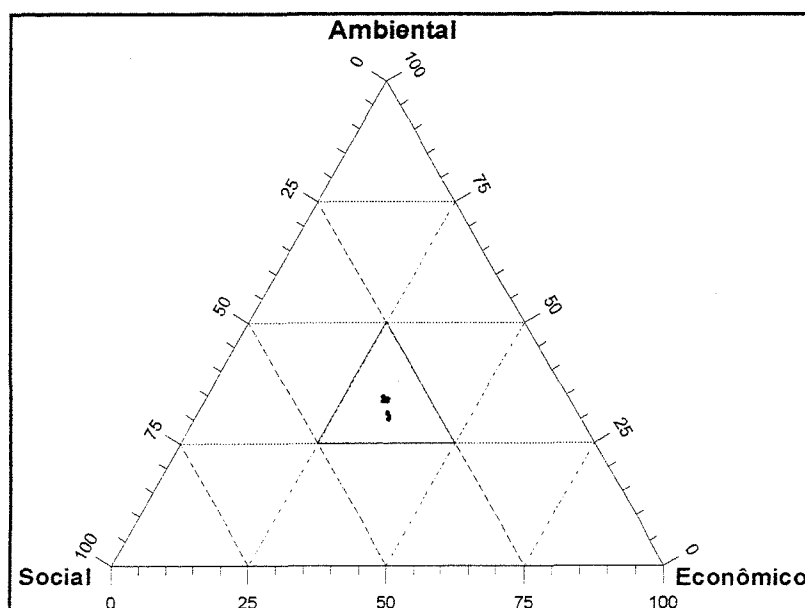


Figura 6.66 - Gráfico ternário com a localização dos pontos das quatro sub-bacias e cinco microbacias estudadas

Dentro de uma visão e proposição para o enquadramento em zee, a ordem de grandeza dos valores dos índices (distâncias entre esses) serviu de base a nova proposição alterada de Becker e Egler (1997) e Schubart 2000 (Tabela 6.54).

Tabela 6.54 - Índices de sustentabilidade, ordem dos índices e nova proposição de enquadramento em zee para as sub-bacias e microbacias do SsBC

| Sub-bacias/ Microbacias | Índice Ambiental | Índice Social | Índice Econômico | Ordem dos Índices | Proposição para as zee |
|---------------------------|------------------|---------------|------------------|-------------------|---------------------------|
| Arroio Santa Isabel | 0,93 | 0,91 | 0,92 | SAE | Transformação/Proteção |
| Arroio Evaristo | 0,95 | 0,91 | 0,93 | AES | Transformação |
| Arroio do Sapato | 0,87 | 0,86 | 0,86 | SAE | Transformação/Proteção |
| Arroio Duro/Sanga Formosa | 0,88 | 1,02 | 1,05 | ESA | Recuperação |
| Ilha do Vianez | 0,93 | 0,89 | 0,90 | AES | Transformação |
| Ruínas | 0,95 | 0,94 | 0,95 | SAE | Transformação/Proteção |
| Granja São Geraldo | 0,92 | 0,89 | 0,86 | ASE | Expansão/Transformação |
| Arroio Palanque | 0,84 | 0,94 | 0,97 | ESA | Recuperação |
| Ilha de Santo Antônio | 0,98 | 0,99 | 0,95 | SAE | Transformação/Conservação |

Com a exportação dos dados, relativa aos índices de sustentabilidade ambiental, social e econômico, do banco de dados *MSAccess* para a planilha eletrônica *MSExcel*, foi possível classificar as zee em áreas produtivas, intermediárias e críticas, como uma função do crescimento da vulnerabilidade do meio ambiente, podendo esta ser baixa, média ou alta, sejam estas, de origem natural e/ou antrópica. Cada uma destas áreas apresenta cinco níveis de potencialidade, os quais servem como instrumentos para o planejamento regional, no caso em questão, sub-bacias e microbacias hidrográficas (Figura 6.67).

Os valores obtidos, juntamente com a ordem dos índices de sustentabilidade, permitiram elaborar a cartografia dentro da idéia de zee (Figura 6.68).

O K_x e K_y da equação 5.33, aliado ao algoritmo desenvolvido, permite ponderar as ações político-administrativas, de maneira mais ou menos restritiva. Para o SsBC utilizou-se um K_x , de 40 e um K_y , de 60.

As áreas produtivas, relativas ao SsBC, caracterizam-se por apresentarem vulnerabilidade baixa e dois níveis de potencialidade: 1) baixo, tratam-se de áreas, onde a condição ambiental é superior a social e a econômica. São áreas de expansão e transformação, como é o caso da microbacia da granja São Geraldo; 2) médio, vem a ser aquelas áreas, onde a disponibilidade ambiental é superior a social, e esta, é maior do que a econômica. São locais

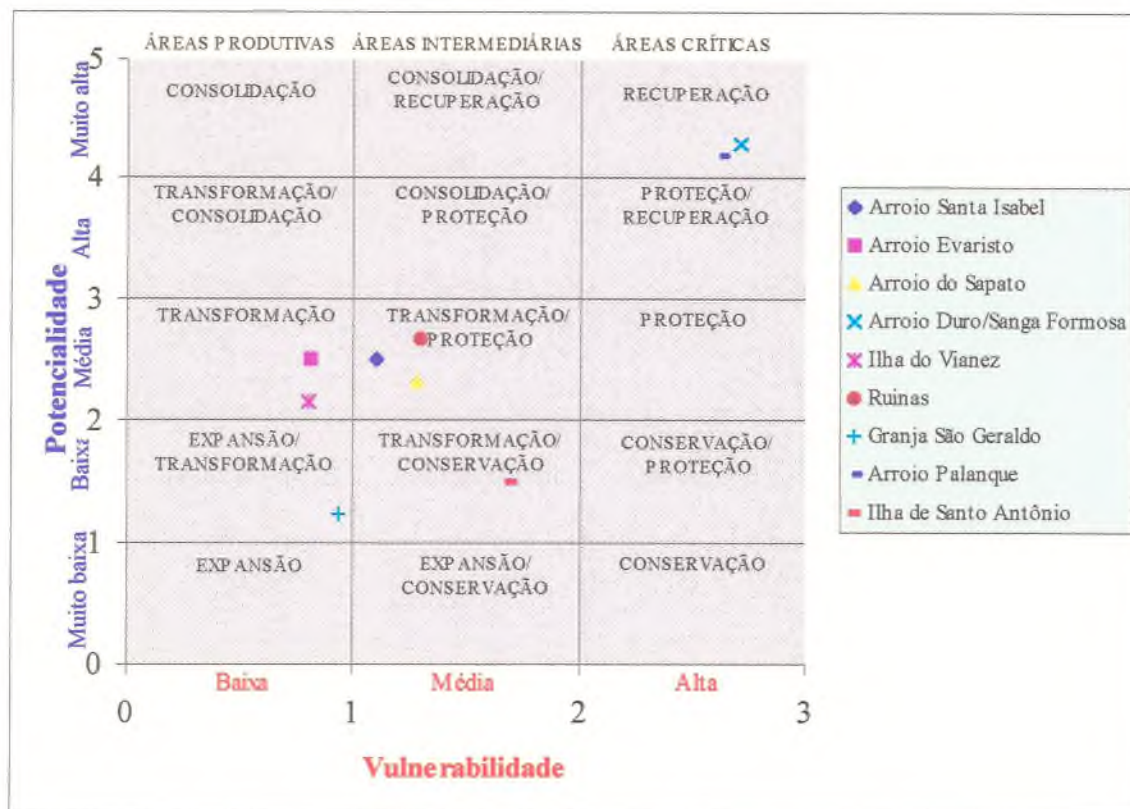


Figura 6.66 - Aplicação das zee no SsBC, com valor para K_x , de 40 e para K_y , de 60

de transformação, aquelas que apresentam um potencial de crescimento, como é a situação da sub-bacia do arroio Evaristo e da microbacia da ilha do Vianez. Vulnerabilidade média e dois níveis de potencialidade: 1) baixo, vem a ser aquelas áreas, que favorecem o crescimento social de maneira semelhante ao ambiental, sendo estes, superiores ao econômico. São áreas em transformação, e devem ser mantidos determinados aspectos ambientais, em termos de conservação, como exemplo, tem-se a microbacia da ilha de Santo Antônio; 2) médio, existe uma equidade entre os índices sociais, ambientais e econômicos, é uma área de transformação, em que determinados pontos mais frágeis devem ser protegidos. Situam-se nesta condição as sub-bacias do arroios Santa Isabel e do Sapato e a microbacia Ruinas. Vulnerabilidade alta e um nível de potencialidade: 1) muito alto, são regiões, onde o potencial econômico e social são altos e muito maiores do que o ambiental, a ação deve ser a de recuperação do meio físico. Nesta situação, se encontram a sub-bacia do arroio Duro/Sanga Formosa e a microbacia do arroio Palanque.

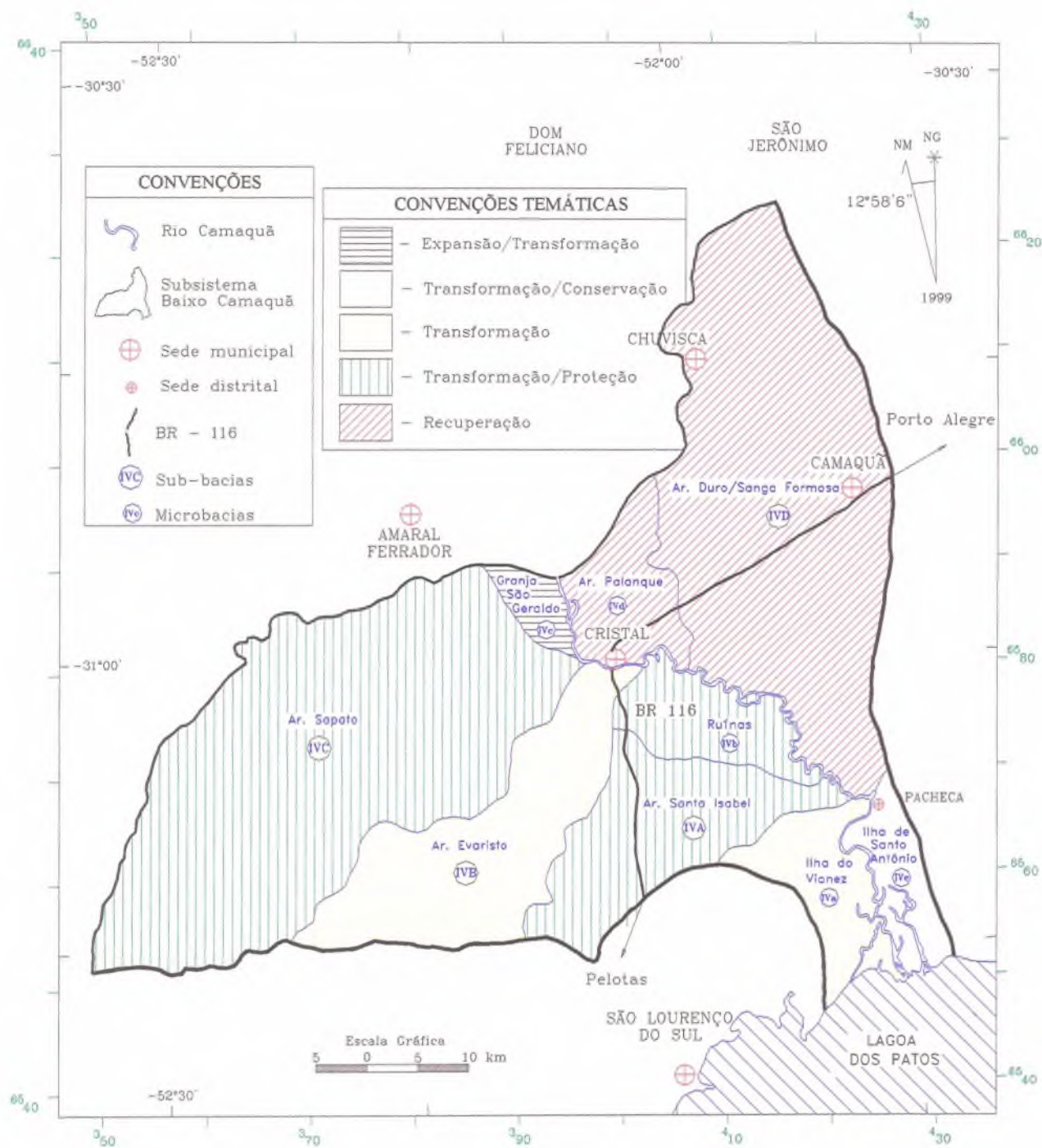


Figura 6.67 - Carta das zonas ecológico-econômicas do SsBC

A seguir são apresentadas as conclusões e recomendações relativas a presente Tese.

7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O estudo de bacias hidrográficas ou qualquer outro tipo de unidade administrativa carece de índices numéricos que retratem, conjuntamente, os aspectos sociais, econômicos e ambientais, assim como, o seu enquadramento em zonas ecológico-econômicas. Para isso, há a necessidade de se caracterizar e diagnosticar uma área de estudo, a fim de validar as reais condições do meio ambiente.

A título de conclusões e recomendações sobre os temas abordados e resultados obtidos, podem ser extraídas as seguintes conclusões com relação ao desenvolvimento sustentável, aos solos, ao clima, à qualidade das águas, aos sedimentos, aos vegetais e animais, à cartografia temática digital, aos principais impactos ambientais naturais e antropogênicos com vistas a obtenção dos índices de sustentabilidade e das zee do SsBC :

1. Com relação ao desenvolvimento sustentável:
 - Os recursos naturais representados pela hidrosfera (águas superficiais e subterrâneas), litosfera (rochas, sedimentos, solos e subsolos), atmosfera (ar e demais constituintes) servem de sustentáculo para a biosfera (flora e fauna), quando são respeitados os princípios de preservação, conservação e proteção do meio natural. A importância do meio físico está na relação equilibrada com os aspectos ecológicos (biodiversidade, ambientes), históricos (processo de colonização, laços culturais e de origem), políticos (estabilidade/instabilidade, concentração político territorial e dependência), sociais (desemprego, marginalidade, êxodo rural, latifúndios x minifúndios, marginalidade, grau de alfabetização, nível e qualidade de vida), econômicos (inflação, necessidades mercadológica internacional, importação, exportação, concentração econômica), tecnológicos (qualidade dos produtos e serviços, produtividade, assistência técnica inadequada), culturais/lazer (parques, bibliotecas, ensino básico e profissionalizante

públicos, acesso a eventos de diversas naturezas), institucionais (federal, estadual e municipal) e jurídicos (leis, decretos, portarias, resoluções, normas e outros adequados à realidade local de cada região), que devem ser identificados para a obtenção do diagnóstico ambiental mais adequado a fim de proporcionar as zee com vistas a sustentabilidade do meio.

- Existe, portanto, a necessidade de se caracterizar os aspectos físicos do SsBC, com o melhor conhecimento da geologia, condições climáticas, recursos hídricos e da terra atuantes, para estabelecer um gerenciamento mais equitativo e equilibrado entre os recursos renováveis, não-renováveis e o uso e ocupação da terra e água.
- A promoção da organização territorial envolve conhecimentos inter, multi e transdisciplinares como um instrumento de planejamento integrado e ordenado. Isto se torna necessário para uma estruturação mais racional, a fim de equilibrar os avanços do progresso de uma maneira auto-sustentável do ecossistema, visando maximizar a conservação e a proteção, antes que a ação antrópica ocasiona ações irreparáveis ou de elevado custo para a reconstituição do meio natural.
- A utilização de recursos visuais para a obtenção da distribuição espacial e a facilidade de compreensão dos dados tabulados e apresentados em gráficos facilitam o processo de análise ambiental e a delimitação dos locais a serem intervistos dentro de uma hierarquia de prioridades, constituindo-se em um banco de dados de fácil manipulação, a fim de enquadrar a respectiva comunidade a que pertence, para fornecer uma idéia comparativa mais exata e ver para onde pende a visão integrada de cunho social, econômica e ambiental, conforme a proposição de zee.
- Um aspecto importante a ser salientado é a educação ambiental, responsável pela sistematização e divulgação das informações do meio ambiente para a população como medida de orientação e de motivação à participação popular no processo de sugestões e de fiscalização.

2. Com relação à bacia hidrográfica:

- A bacia hidrográfica, como unidade de ordenação territorial vem a ser o espaço físico ideal para avaliar as causas e, respectivos, efeitos dos problemas ambientais, sociais e econômicos. O seu enfoque depende de visões que migram de uma visão macro até micro e., para tanto, envolvem escalas com diferentes ordens de grandezas, a fim de focar os pontos a serem estudados com maior detalhe.

- Os dados censitários sócio-econômicos, referentes aos órgãos resenciadores, são obtidos para a unidade municipal, como os trabalhos se utilizam da bacias hidrográficas e suas subunidade, se faz necessário uma nova forma de obtenção destes censos, a fim de auxiliar na busca dos índices de sustentabilidade, para unidades menores.

3. Com relação aos solos

- Os solos da SsBC são aconselháveis para o uso agrícola ao longo das planícies de inundações de todas sub-bacias e microbacias estudadas; para pastagens nas imediações destas, representadas pelas sub-bacias dos arroios Santa Isabel, Evaristo, do Sapato, Duro/Sanga Formosa e microbacias ilha do Vianez, granja São Geraldo e arroio Palanque; e para reflorestamento, nas suas porções mais elevadas do relevo, nas microbacias da granja São Geraldo e do arroio Palanque.

A tabela 7.1 apresenta as recomendações para o uso da terra relacionado com o SsBC:

Tabela 7.1 - Níveis de manejo com as práticas agrícolas de cada unidade taxonômica

| Unidade taxonômica | Nível tecnológico | Melhoramento e conservação do solo e lavoura | Atividade/trabalho | Área (km ²) |
|--------------------|-------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| <i>AR</i> | nulo | não é aplicado | proteção das espécies endêmicas e algumas áreas próprias à mineração | 353 |
| <i>AR+RL</i> | baixo | não é aplicado | proteção das espécies endêmicas e fauna, minifúndios familiares | |
| <i>RL</i> | baixo | praticamente não é aplicado | braçal, tração animal, implementos simples, minifúndios familiares | 769 |
| <i>RL+PVA</i> | baixo | praticamente não é aplicado | braçal, tração animal, implementos simples, minifúndios familiares | 956 |
| <i>PVA</i> | médio | modesta aplicação | braçal, tração animal e implementos simples com alguns locais passíveis de mecanização | 21,5 |
| <i>SG+RU+RQ</i> | médio | modesta aplicação | passível de mecanização em quase todas as fases e alguns locais utilização de implementos simples | 893 |
| <i>Ha</i> | baixo | praticamente não é aplicado | recuperação e manutenção dos solos, flora e fauna | 14,8 |

Abreviaturas: *AR*=Afloramento de Rocha e *AR+RL*=Associação de Afloramento de Rocha + *NEOSSOLO LITÓLICO*; *RL*=*NEOSSOLO LITÓLICO*; *RL+PVA*=*NEOSSOLO LITÓLICO*+ *ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO*; *PVA*=*ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO*; *SG+RU+RQ*=*PLANOSSOLO HIDROMÓRFICO* + *NEOSSOLO FLÚVICO* + *NEOSSOLO QUATZARENÍTICO*; *Ha*=*horizonte A Antrópico*

A capacidade de uso dos solos com a presença de três intervalos de classes (agricultura, pastagem e reflorestamento), comparada com o uso atual da terra, permitiram verificar quais são os locais do SsBC (sub-bacias e microbacias) com conflitos baixo médio e alto. A sub-bacia do arroio Evaristo e a microbacia do arroio Palanque são as que possuem uso conflitivo alto da terra; as demais são de médio a baixo.

4. Com relação ao clima e águas:

- Os dados lineares e hidrogeométricos da rede hidrográfica permitiram obter os índices que auxiliaram na estruturação da cartografia digital temática desenvolvida. Com a junção dos

dados acima, alguns parâmetros foram validados, matematicamente, mostrando a correlação positiva entre os elementos medidos e calculados.

- A hidrografia e hidrologia mostram uma densidade média de drenagens alta para este subsistema em relação a BHRC, e a ordem de maior grandeza das drenagens se situa à direita do rio Camaquã, no setor N-NE do SsBC, porém a maior concentração para este subsistema está na segunda ordem de grandeza. Os riscos de inundações grandes, segundo o cálculo médio por sub-bacia, estão junto à sub-bacia do arroio do Sapato e nas margens do curso do rio Camaquã, sendo que as demais sub-bacias e microbacias hidrográficas apresentam riscos pequenos.
- A densidade de drenagens alta do SsBC está relacionada com as duas sub-bacias de maior área (arroio do Sapato e arroio Duro/Sanga Formosa) e a microbacia da granja São Geraldo; média densidade para a sub-bacia do arroio Evaristo; e baixa para as demais.
- Os dados relativos às séries históricas utilizadas, referentes à precipitação e vazão, apresentaram consistência entre a correlação sazonal e mensal com os respectivos escoamentos superficiais ocorridos.
- As limitações dos dados obtidos e utilizados concentram-se, principalmente, na série dos dados evaporimétricos e sua distribuição espacial em relação à área de estudo.
- A BHRC apresenta dados confiáveis apenas no seu curso de água principal. Os postos em pequenas bacias, geralmente, apresentam apenas dados de níveis linimétricos, sem medições de descargas. Alguns postos de água, em cursos secundários, tiveram sua operação encerrada há muitos anos. Há poucos postos com medições de vazão. Em cursos de água secundários, o SsBC apresenta curvas-chave ruins. É o caso da estação do Passo do Sapato (Código DNAEE 87880001), que possui, para um mesmo valor de vazão medida, uma variação de até 2m nos níveis observados. Isto tolhe a possibilidade de uma análise mais adequada da disponibilidade de água nos cursos afluentes ao rio Camaquã. Os postos com dados confiáveis apresentam bacias com áreas de aporte muito grandes, de 9.000km² a 15.540km², aproximadamente. Por outro lado, há vários cursos de água com bacias de contribuição da ordem de 300km² a 2.000km², sobre as quais não existem informações disponíveis.
- As relações entre as vazões médias e as áreas das sub-bacias e microbacias hidrográficas possibilitaram estimar o valor de vazão, pois não existem estações de coleta desde o Passo do Mendonça até a foz do delta do rio Camaquã.

- O cálculo das vazões mínimas, com diferentes tempos de retorno de 2, 5 e 10 anos, apresentaram valores decrescentes, enquanto que os dados das vazões máximas anuais, com tempos de retorno de 2, 5, 10, 20 e 50 anos, foram crescentes.
- O resultado dos cálculos a partir da evaporação mensal, déficit mensal (médio, máximo e mínimo), armazenamento médio, com coeficiente de variação associado, auxiliaram na obtenção de informações pertinentes ao balanço hídrico da região.
- A BHRC possui dois regimes de escoamentos ligeiramente diferentes, que correspondem a duas regiões com características físicas distintas. A primeira é a que se localiza a montante dos postos Tarumã e Passo do Marinheiro, a segunda, entre estes e o Passo do Mendonça, em Cristal. Na primeira, além dos dois postos mencionados, conta-se com os dados do Passo do Cação, o que permite conferir as características e definir a região como sendo homogênea em termos de escoamento. Já na segunda região, a análise foi feita a partir das diferenças entre os valores mensais do Passo do Mendonça e o Passo do Marinheiro (bacia incremental), não se dispondo de dados que permitam verificar os resultados. Existem algumas dúvidas quanto às características do escoamento nessa região, que apresentou alguns valores de coeficientes muito altos. No entanto, não foi detectada nenhuma inconsistência nas séries utilizadas para gerar as vazões dessa bacia, embora seja aconselhável a instalação de, pelo menos, um posto de medição de vazões no trecho entre o Passo do Marinheiro e o Passo do Mendonça. O que é passível de se constatar é que, nas duas regiões mencionadas, há carência de dados de vazão em pequenas bacias.
- Em função do número de estações pluviométricas, fluviométricas e evaporimétricas, em funcionamento, na área de estudos, e a qualidade dos dados obtidos, verifica-se a necessidade de um acompanhamento sistemático das condições da precipitação, medidas de vazão e inserção de estações evaporimétricas dentro da BHRC. Há, portanto, a premência de estreitar a malha de observações, para que o balanço hídrico tenha resultados mais qualitativos e quantitativos.
- A água subterrânea apresenta uma baixa disponibilidade de mananciais, até o momento, em função dos poucos dados disponíveis que se têm para a região. Por isto, torna-se importante avaliar muito bem as condições litológicas e os respectivos padrões de fraturamentos e falhas na locação dos poços, para se obter valores de vazão mais promissores do que os $41\text{m}^3/\text{h}$ encontrados para a sub-bacia do arroio Palanque.

5. Com relação à qualidade das águas:

- Apesar de terem sido realizadas apenas oito campanhas de amostragens, em três pontos principais e um complementar (arroyo Duro), pode-se ter uma idéia razoável sobre a qualidade do SsBC, pois as amostragens são relativas às estações do ano, em regimes hidrológicos distintos.
- Os elementos físicos e químicos analisados foram os seguintes: temperatura; salinidade; cloretos; pH; turbidez; oxigênio dissolvido; demanda bioquímica de oxigênio; sólidos suspensos e dissolvidos; fósforo total; nitritos, nitratos e nitrogênio total; coliformes fecais. Estes foram enquadrados, segundo a Resolução do CONAMA n° 20/86, em classe 4, principalmente em função do fósforo total e dos nitratos com usos preponderantes, somente para navegação, harmonia paisagística e usos menos exigentes; a turbidez e coliformes fecais se locaram na classe 2, pois em outubro de 1997 e dezembro de 1998, superaram a quantia de 200nmp/100mL, para o ponto 3 (Pacheca); as demais análises são relativas à classe 1. Este fato, que enquadra na pior das classes, está relacionado ao uso excessivo de fertilizantes, nas práticas agrícolas.
- Em geral, para o SsBC, os índices de qualidade das águas classificados pela NSF apresentam menos exigências do que a Resolução do CONAMA n° 20/86, enquadrando como águas de qualidade boa tanto para o cálculo usando a fórmula do produtório quanto do somatório; em termos de estações do ano, o produtório no outono apresentou índice de qualidade ótima, e as demais, boas. Verifica-se que o IQA da NSF, obtido pela fórmula do somatório, é um pouco mais restritivo em comparação ao cálculo do produtório.
- Recomenda-se um estudo com um maior número de análise química, incluindo mais metais pesados e com intervalos de tempo menores, para se ter uma noção mais próxima da realidade sobre os processos de poluição e contaminação do rio e dos afluentes principais.

6. Com relação aos sedimentos do rio:

- As amostras analisadas, predominantemente, estão representadas por areias (fração psamítica), com granodecrescência em direção à foz; por cascalhos constituídos por seixos (fração psefítica); e por siltes e argilas (fração pelítica).
- As amostras, através dos tratamentos estatísticos e diagramas dispersos de momentos estatísticos diagnósticos, puderam discriminar a distribuição granulométrica do SsBC, que se caracteriza por apresentar a assimetria positiva, negativa e muito positiva, grau de

seleção moderadamente a pobremente selecionada e curiose leptocúrtica a muito leptocúrtica.

- Os valores médios para os metais pesados em sedimentos estão dentro dos padrões de potabilidade das águas, segundo Portaria n° 36/90, do Ministério da Saúde.
- Os organoclorados, analisados a partir dos sedimentos, também apresentaram valores dentro da normalidade, ou o período de coleta das amostras foi após ou anterior, havendo tempo suficiente para diluição e/ou assimilação do material ou, em regimes torrenciais, transportar para dentro da lagoa dos Patos e até mesmo, para o oceano Atlântico.

7. Com relação aos vegetais e animais:

- A ictiofauna tem pelo menos 64 espécies de peixes; 23 espécies de moluscos; 19 espécies de mamíferos, com dois raros e um em extinção; 15 ordens de aves, com duas em extinção, cinco raras e duas vulneráveis; quanto à vegetação, existe um amplo predomínio de savanas (campos), representando 84,6%; mata nativa com 13,8%; e mata energética com 1,6%.

8. Com relação à cartografia digital:

- A integração de dados espaciais de diferentes origens pode ser afetada por erros ou inconsistências, além de imprecisões ou baixa qualidade dos dados utilizados, principalmente nos de cunho multidisciplinar e que envolvem diferentes escalas, onde estas devem ser adequadas a uma única base. Por outro lado, a interpretação visual de imagens é melhor do que procedimentos automáticos da cartografia digital e sensoriamento remoto, ambos inseridos no geoprocessamento, que facilitam as discretizações espaciais e temporais, através do apoio computacional e dos modelos matemáticos desde que sejam corrigidas as distorções existentes nestes produtos.
- Para o SsBC, nesta Tese, foram elaboradas 30 cartas temáticas, na escala de 1:250.000, e alguns detalhamentos em 1:50.000, que servem de base para o planejamento, ordenamento e gestão do meio ambiente, ou seja, subsidiam as zee.

O inter-relacionamento destas cartas que se encontram georeferenciadas na base cartográfica permite a obtenção de uma série de cruzamentos com a geração de novas temáticas, a fim de se conhecer ou obter informações sob determinados aspectos de planejamento ou ordenamento territorial para se obter as zee que reflitam as reais necessidades de manutenção, transição ou modificação ambiental.

9. Com relação aos principais impactos ambientais naturais e antropogênicos:

- No caso do SsBC, a ocupação de ilhas, como a de Santo Antônio e do Vianez junto ao delta do rio Camaquã, apresenta características próprias, contrárias às que descreve a literatura, para outras regiões do planeta. A maneira de ocupação se deu por posseiros, e o sistema de transmissão ou venda da terra processa-se através de um modo familiar, sem a devida regularização por meio de documentos legais, pois, na realidade, são três famílias as ocupantes que utilizam, de maneira indiscriminada, o meio físico. Como exemplos, podem ser citados os crescentes números de construções de moradores e veranistas, que ocasionaram a retirada da mata ciliar, propiciando o processo de erosão das margens do rio Camaquã neste setor, com conseqüências ao atracadouro da balsa e às pequenas praias fluviais existentes. A falta de infra-estrutura básica faz com que as condições de potabilidade da água sejam baixas; o lençol freático elevado e sem um sistema de escoamento adequado das águas ocasiona freqüentes inundações; o único meio de transporte de veículo e pessoas para as ilhas é por balsas ou pequenas embarcações; a pesca e a caça indiscriminada e predatória são uma constante, além de outros problemas como a falta de lazer, condições sanitárias e de comunicações precárias. Comunidades como esta necessitam do apoio de uma educação ambiental. A população local deve ser conscientizada no sentido de preservar ou conservar a natureza. Deve-se cobrar dos administradores públicos e planejadores municipais, no caso a Prefeitura de Camaquã, Governo do Estado e União, pois as ilhas são possessão da Marinha do Brasil, cabendo-lhe, pois, zelar pelo patrimônio para garantir às futuras e presentes gerações melhores condições de vida. A falta de um sistema ágil para tomada de decisão e vontade política emperram, muitas vezes, os processos de melhoria das condições naturais. Outro ponto a destacar é relativo à situação geográfica em que a comunidade está inserida, dentro do Parque Estadual do Camaquã, atualmente com atividades de pesquisas para a implantação correta de medidas de implantação, com o mínimo de ônus, em termos de desapropriações. Portanto podem ser identificados os seguintes impactos ambientais no SsBC:
- Dentro dos impactos ao meio físico, de ordem natural do SsBC, estão as inundações e a erosão que se encontram aumentadas pela ação do homem.
- Os impactos antrópicos vão desde a ocupação indevida de determinados espaços físicos representados por zonas de agricultura, que estão sendo ocupadas por reflorestamentos e, esses locais, utilizados para agricultura.
- Assentamentos de população indígena em local inadequado, os quais, em períodos de

inundação, ocupam a maior área da Reserva Indígena da Pacheca, sem contar que a fertilidade destas terras com NEOSSOLOS QUARZARENÍTICOS e NEOSSOLOS FLÚVICOS são baixas, sem condições de sustentabilidade.

- ❑ Ocupação irregular de áreas do Parque Estadual do Camaquã.
- ❑ Nichos ecológicos com “santuários” de avi-fauna migratória invadidos por agricultura intensiva.
- ❑ Utilização de ecossistemas de banhados para a agricultura.
- ❑ Queimadas indiscriminadas.
- ❑ Retirada de mata nativa para utilização em fornos de olarias.
- ❑ Cortes irregulares de árvores centenárias (crime ambiental).
- ❑ Deposição de lixo urbano em locais impróprios e a céu aberto.
- ❑ Presenças de espécies da fauna e flora em extinção, raras e vulneráveis.
- ❑ Desmatamentos de mata ciliar e nativa.
- ❑ Assoreamento dos cursos de água do rio Camaquã.
- ❑ Mineração de areia sem respeitar as margens, ocasionando desbarrancamentos e quedas da vegetação ciliar.
- ❑ Uso intensivo na agricultura de fertilizantes e pesticidas.
- ❑ Ocupação urbana com cinturões marginais, sem condições mínimas de saneamento básico.
- ❑ Os impactos ambientais que se propagam a maiores distâncias, quase sempre são difíceis de se comprovar, pela falta de um monitoramento ambiental, em tempo real, que no futuro muito próximo, com a queda dos preços dos sensores e equipamentos, será o instrumento ideal de trabalho, para fiscalizar, prevenir e remediar as ações de impacto ao meio ambiente, punindo os infratores ou cobrando pela má utilização dos recursos naturais, através de instrumentos de gestão do tipo poluidor-pagador, usuário-pagador ou outros, pois são vários os locais onde se observa o uso indiscriminado de defensivos agrícolas, com um mau manejo de suas embalagens, conseqüentemente contaminando os solos e subsolo, água e ar.

10. Com relação aos índices de sustentabilidade e as zee:

- ❑ Os processos de simulação são importantes como capacidade analítica e de apoio à gestão de bacias hidrográficas. Normalmente, apresentam uma projeção para 20 anos. O

modelo hidrológico permite obter informações sobre os aspectos qualitativos e quantitativos das águas das bacias hidrográficas, avaliar a disponibilidade hídrica sob os vários usos e condições naturais da bacia, resultando em diagnósticos e prognósticos hipotéticos. Esta visão presente e de projeção futura permite verificar as condições superficiais dos mananciais de águas, predizendo sobre como se apresentam os recursos hídricos em função das alterações naturais e pelo uso e ocupação antrópico, compatibilizando com o ZEE a ser empregado. Além disto, pode estimar os possíveis conflitos e situações indesejáveis, viabilizando a identificação dos diversos pontos de carga gerados e os seus efeitos no curso principal do rio, no caso em questão, o Camaquã, avaliando como evoluíram as condições da qualidade da água ao longo do rio. Desempenha um fator de somatório, a questão do uso e ocupação da terra, pois a utilização indevida ocasiona problemas ambientais que se transferem do ar e solos para os cursos da água, degradando paulatinamente a sua qualidade e, no caso dos desvios, através das captações, podem influenciar na quantidade. Com isto, é reforçada a necessidade, de pelo menos, se estimar o balanço hídrico para poder haver o processo de cotização a partir dos desvios necessários e verificar a capacidade de diluição e dispersão do meio hídrico.

- A obtenção de índices de sustentabilidade a partir de indicadores básicos, além de qualificar, possibilita quantificar o meio sob os aspectos ambientais, sociais e econômicos.
- Este instrumento de análise, proposto nesta Tese e integrado com as zee, uma vez consolidado o grupo de questões-chave do banco de dados nas mais variadas áreas do conhecimento, seja ampliando o número de questionamentos ou diminuindo-o, permitirá auxiliar, diretamente, na rápida tomada de decisão dos órgãos públicos, comitês, ONG, empresários e outros.
- As dez áreas de conhecimento propostas e inseridas no banco de dados envolvem a ação institucional, áreas protegidas e de turismo, aspectos bióticos, demografia e educação, economia e infra-estrutura, indústria e energia, influências climáticas, recursos da terra, recursos hídricos, saúde e saneamento. As questões desenvolvidas procuram ser simples, fáceis de responder e que representem o meio físico de qualquer bacia hidrográfica do planeta.
- Outro aspecto positivo, na obtenção de índices numéricos e conceituais de sustentabilidade, é auxiliar os órgãos ambientais em termos de melhor gerir o meio ambiente, seja na forma de avaliação dos impactos causados pelos empreendimentos, ou como diagnóstico com enfoques ambientais, sociais e econômicos avaliados, simultaneamente, de maneira quali-quantitativa, servindo de instrumentos para

EIA/RIMA, onde a abordagem integrada demonstrou-se validada e consolidada para tal fim.

- Os índices numéricos ajudam a complementar as idéias relacionadas com as zee, permitindo sugerir usos e ocupações do meio físico em função da análise da ordem dos valores enquadrados em campos que retratam as relações entre as potencialidades e vulnerabilidades do meio. Uma vez enquadradas, possibilitam cartografar as respectivas áreas de estudos.
- Os índices obtidos, para o estudo de caso do SsBC, refletiram as condições ambientais do meio e apresentaram pequenas oscilações que permitiram diferenciar, entre si, sub-bacia e microbacias hidrográficas contíguas.
- O resultado obtido com índices ambientais, sociais e econômicos com valores, locados em diagrama ternário, próximos entre si, enquadrou o SsBC em uma comunidade sustentável, onde as relações do crescimento de fornecedor, consumidor e produtor apresentaram um equilíbrio para as populações mais centralizadas na Figura 6.66 e uma leve tendência ao desenvolvimento sócio-econômico para aqueles locais com maior ocupação demográfica e desenvolvimento.
- O posicionamento central no diagrama triangular pode dar-se para locais com índices baixos, médios e altos. Está na relação direta entre a aproximação dos valores ambientais, sociais e econômicos entre si, significando que quanto mais próximos de dois, melhores estão às condições ambientais, e, em zero, piores serão estas. Porém a ordem destes índices e suas grandezas, inseridos dentro da proposta das zee, possibilitam verificar o enquadramento dentro das relações propostas de potencialidades e vulnerabilidades do meio (Tabela 7.2).

Tabela 7.2 - Ordem dos índices de sustentabilidade e nova proposição de enquadramento em zee para as sub-bacias e microbacias do SsBC

| Sub-bacias/Microbacias | Potencialidade | Vulnerabilidade | Ordem dos Índices | Proposição em zee |
|---------------------------|----------------|-----------------|-------------------|---------------------------|
| Arroio Santa Isabel | Média | Média | SAE | Transformação/Proteção |
| Arroio Evaristo | Média | Baixa | AES | Transformação |
| Arroio do Sapato | Média | Média | SAE | Transformação/Proteção |
| Arroio Duro/Sanga Formosa | Muito alta | Alta | ESA | Recuperação |
| Ilha do Vianez | Média | Baixa | AES | Transformação |
| Ruínas | Média | Média | SAE | Transformação/Proteção |
| Granja São Geraldo | Baixa | Baixa | ASE | Expansão/Transformação |
| Arroio Palanque | Muito alta | Alta | ESA | Recuperação |
| Ilha de Santo Antônio | Baixa | Média | SAE | Transformação/Conservação |

(Fonte: modificado da tabela 6.54)

- Desta maneira, com os resultados anteriores, Figura 6.67 e os da Tabela 7.2, é possível concluir que o SsBC possui índice de sustentabilidade médio e deve sofrer ações de recuperação na sub-bacia do arroio Duro/Sanga Formosa e na microbacia do arroio do Palanque, onde estão localizadas as cidades de Camaquã, Chuvisca e Cristal, pois tratam-se de áreas com vulnerabilidade alta e potencialidade, muito alta; transformação com proteção deve ser a ação político-administrativa para as sub-bacias dos arroios Santa Isabel, do Sapato e microbacia Ruínas, pois possuem vulnerabilidade e potencialidade média; transformação com conservação é a recomendação para a ilha de Santo Antônio, com controle do aumento demográfico e regularização da situação fundiária, pois, apresentam vulnerabilidade média e potencialidade baixa; expansão com transformação é sugerido para a microbacia da granja São Geraldo, esta tem vulnerabilidade e potencialidade baixa; e transformação é referente ao enquadramento das sub-bacia do arroio Evaristo e microbacia da ilha do Vianez, onde a vulnerabilidade é baixa e a potencialidade é média. Portanto, as áreas críticas são relativas as sub-bacias do arroio Duro/Sanga Formosa e microbacia do arroio Palanque; as intermediárias são as sub-bacias dos arroios Santa Isabel, do Sapato, microbacias Ruínas e ilha de Santo Antônio; e as com potencial produtivo são as sub-bacia do arroio Evaristo, microbacias da granja São Geraldo e ilha do Vianez.

A extensão desta Tese está na proporção dos assuntos abordados para se poder selecionar e validar o questionário do banco de dados e a metodologia proposta. Para os resultados desta Tese não foi necessário utilizar os recursos de sensibilidade de que o programa dispõe, mostrando assim que se trata de uma importante ferramenta de análise, a qual possibilita realizar um estudo sob um único enfoque de área de conhecimento, dois ou mais, pois todas as questões foram elaboradas e avaliadas, independentemente da área, com enfoque ambiental, social e econômico, formando uma matriz 3 x 3.

Cabe salientar que aqui não está um produto final definitivo, podendo este ser lapidado com o passar do tempo, por meio de acréscimos de novas questões ao banco de dados ou, a eliminação de outras, mas, a idéia metodológica, de analisar todas as áreas de conhecimentos propostas, de forma conjunta ou individualizada, é o ponto em aberto de futuras discussões.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABELSON, P. H. Education for the 21st Century. *Science*, 1979. v. 205, n. 4441, 1087 p.
- ABRH. - Associação Brasileira de Recursos Hídricos. *In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS*, 1998, Gramado. *Anais virtuais...* Disponível *on line* em <http://www.abrh.org/>.
- AB'SABER, A. N. Províncias geológicas e domínios morfoclimáticos no Brasil. *Geomorfologia*, São Paulo, v. 20, 26 p., 1970.
- AB'SABER, A. N. Zoneamento ecológico e econômico da Amazônia. Questões de escala e método. *Estudos Avançados*, São Paulo, v. 3, n. 5, p. 4-20, 1989.
- ACIESP. *Glossário de termos usuais em ecologia*. ACIESP, São Paulo: Secretaria de Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, n. 24, 159 p., 1980.
- ACIESP. *Glossário de ecologia*. 2. ed. ACIESP. São Paulo: Secretaria de Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, n.103, 352 p., 1997.
- AGENDA 21 BRASILEIRA. NOVAES, W., RIBAS, O., NOVAES, P.da C. (coord.). *Bases para discussão* Brasília: MMA/PNUD, 2000. 196 p.
- AMANDIER, L. *Bases phyto-écologiques pour l'aménagement du paysage du Massif des Albères Montpellier*. CEPE-CNRS, 1973. 144 p.
- APHA - American Public Health Association. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 19. ed., 1995.
- ARONOFF, S. *Geographic information systems: a management perspective*. Ottawa: WDL, 1989. 295 p.

- ASSUNÇÃO, G. V., FORMAGGIO, A. R., ALVES, A. R. Mapa de aptidão agrícola das terras e uso adequado das terras: uma abordagem usando o SGI e imagens de satélite. *In: 6º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO*, Manaus, 1990. *Anais...* São José dos Campos: INPE, 1990. p. 162-166.
- ATKINSON, G. Technology and sustainable development. *In: SECOND OECD EXPERT WORKSHOP. Frameworks to Measure Sustainable Development. Proceedings...* Paris, set., 1999.
- ATLAS SÓCIO-ECONÔMICO DO RIO GRANDE DO SUL. Secretaria da Coordenação e Planejamento do Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: 1998. 63 p.
- BAISCH, P. Impact of heavy metals from mining activity in Camaquã river basin (South of Brazil). *In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ENVIRONMENTAL AND GEOCHEMISTRY OF TROPICS COUNTRIES. Proceedings...* 1996. 3 p.
- BAKKES, J., VAN WORDEN, J. *et alii. The Future of the Global environment: A Model-based Analysis Supporting UNEP's First Global Environment Outlook. In: Netherlands Institute of Public Health na the Environment Programme (UNEP), UNEP/DEIA/TR/97-1. Nairobi, 1997.*
- BALASTREIRE, L. A. Aplicação localizada de insumos - ALI: um velho conceito novo. *In: 23º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, Anais...* Campinas: UNICAMP, 1994. p. 248.
- BARBIERI, J. C. *Desenvolvimento e Meio Ambiente: as estratégias de mudanças da agenda 21*. 2. ed. Petrópolis, RJ: Ed. Vozes, 1998. 156 p.
- BARTELMUS, P. Whiter economics? From optimality to sustainability? *Environment and Development Economics*, n. 2, p. 323-345, 1997.
- BARTELMUS, P. Sustainable Development - Paradigm or Paranoia ? *Wuppertal Papers*, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie, n. 93, 12p., 1999a.
- BARTELMUS, P. Economics Growth and Patterns of Sustainability. *Wuppertal Papers*, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie, n. 98, 16p., 1999b.
- BASTERRECHEA, M., DOUROJEANNI, A., GARCÍA, L. E., NOVARA, J., RODRÍGUEZ, R. *Lineamientos para la preparación de proyectos de manejo de cuencas hidrográficas*. Washington, D.C.: División de Medio Ambiente/Departamento de Programas Sociales y Desarrollo Sostenible/Banco Interamericano de Desarrollo - BID, 1996. 89 p.

- BATISTELLA, M. O geoprocessamento a serviço da ecologia no NMA/EMBRAPA. *In: GIS BRASIL 96 - II CONGRESSO PARA USUÁRIOS DE GEOPROCESSAMENTO. Anais...* 1996, Curitiba, 1996. p. 183-190.
- BECKER, B. K., EGLER, C. A. G. *Detalhamento da metodologia para execução do zoneamento ecológico-econômico pelos Estados da Amazônia Legal*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal/Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, 1997. 43 p.
- BIGARELLA, J. J., MOUSINHO, M. R. Considerações a respeito dos terraços fluviais, rampas de colúvio e várzeas. *Boletim Paranaense de Geografia*. n. 16/17, p. 117-153., 1965.
- BISWAS, A. K. Água para el Mundo em Desarrollo em el siglo XXI: temas e implicaciones. *In: Ingenieria Hidráulica en México*, v. XI, n. 3, sept-dic., 1996.
- BITENCOURT, A. L. V. Reconstituição paleoambiental da região do banhado do colégio, Camaquã, RS. Porto Alegre: UFRGS - Curso de pós-graduação em Geociências. 1992. 195 f. *Tese (Doutorado)*: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, Porto Alegre, RS, 1992.
- BOLETIM ELETRÔNICO FATOR GIS ON LINE. Definições técnicas de o que é geoprocessamento. Ano 1, n. 6, fev., 1999. <http://www.fatorgis.com.br>.
- BOLUDA, R., MOLINA, M. J., SÁNCHEZ, J. Definición y metodología de Unidad de Paisaje. Importancia de la geología ambiental en su descripción. *In: I CONGRESSO ESPAÑOL DE GEOLOGÍA*, Segovia, 1984. p. 611-621.
- BORGES, M. H., PFEIFER, R. M., DEMATTÊ, J. A. M. Evolução e mapeamento do uso da terra, através de imagens aerofotogramétricas e orbitais em Santa Bárbara D'Oeste (SP). *Scientia Agricola*, n. 50, v. 3, p. 365-371, 1993.
- BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral - DNPM. Projeto RADAMBRASIL. *Folhas SH/SI.22 21 Porto Alegre/Uruguaiana/Lagoa Mirim: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra*. Rio de Janeiro, 1986, 795 p. (Levantamento de Recursos Naturais, 33).
- BRASIL. Ministério da Agricultura. *Programa Nacional de Microbacias Hidrográficas: Manual Operativo*. Brasília, 1987. 60 p.
- BRASIL. Ministério do Exército, D.S.G. Folha 1:250.000. 1981. *Pelotas*.
- BRASIL. Ministério do Exército, D.S.G. Folha 1:250.000. 1981. *Porto Alegre*.

- BRASIL. Ministério do Exército, D.S.G. Folha 1:250.000. 1983. *Pedro Osório*.
- BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. Ministério das Minas e Energia. *Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Sul 1:1.000.000 e parte do Escudo Sul-Rio-Grandense 1:600.000*. Brasília: Departamento de Produção Gráfica/IBGE, 1989. Mapa.
- BRASIL. Ministério de Ciência e Tecnologia. *Indicadores Nacionais de Ciência e Tecnologia - National Indicators of Science and Technology*. Brasília: 1996. 54 p.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. Secretaria dos Recursos Hídricos. Política Nacional de Recursos Hídricos. *Lei n° 9.43,3 de 8 de Janeiro de 1997*. Brasília: 1997. 35 p.
- BRINK, A. B., MABBUTT, J., WEBSTER, R., BECKETT, P. H. T. *Report of the working group on land classification and data storage*. México: Christchurch Hants, 1965. 940 p.
- BURROUGH, P. A. *Principles of geographical information systems for land resources assessment*. Oxford: University Press, 1986. 191 p.
- CALDASSO, A. L. S., FAVILLA, C. A. C, RODRIGUES, T. L. das, WILDNER, W., BACHI, F.F.A., VILLWOCK, J.A., TOMAZELLI, L.J., DEHNHARDT, B.A. *Mapas Geológicos da Região Costeira do Rio Grande do Sul*. Escala 1:250.000, folhas Gravataí (SH.-X-C), Cidreira/Mostardas (SH.22-Z-A/C), Porto Alegre (SH.22-Y-B), Pelotas (SH.22-Y-D), Jaguarão (SH.22-V-A), Rio Grande (SH.22-V-B) e Santa Vitória do Palmar (SH.22-V-C). Porto Alegre, Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais (CPRM) - Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil, Subprograma de Integração Geológica-Metalogenética. Cooperação CPRM - UFRGS/CECO, 2000.
- CÂMARA, G. Anatomia de sistemas de informações geográficas, visão atual e perspectivas de evolução. *In: SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS E SUAS APLICAÇÕES NA AGRICULTURA. Anais...* Brasília, 1993a. p. 37-59.
- CÂMARA, J. B. D. Análise da área de proteção ambiental da bacia do rio São Bartolomeu como instrumento de planejamento e gestão ambiental. Brasília: UNB, 1993. *Dissertação (Mestrado)*. Brasília: Universidade de Brasília, DF, 1993b. 204 p. il.
- CAMARGO, M. N., KLAMT, E., KAUFFMAN, J. H. Classificação de solos usados em levantamentos pedológicos no Brasil. *Boletim Informativo da SBCS*, Campinas, v. 12, p. 11-33, 1987.

- CARDOSO, S. L., CAMPOS, H. C. N. S. Panorama da geologia urbana na bacia do rio Camaquã, RS. In: 6º SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 1995, Porto Alegre. *Boletim de Resumos Expandidos*, Porto Alegre: SBG. 1995. p. 321-322.
- CARVALHO, B. de. *Glossário de saneamento e ecologia*. Rio de Janeiro: ABES, 1981. 144 p.
- CARVALHO, C. G. de. *Legislação Ambiental Brasileira: contribuição para um Código Nacional do Ambiente*. Leme, SP: Ed. de Direito, 1999. v. 1, 1121 p.
- CEEE - Companhia Estadual de Energia Elétrica. Rio Camaquã: Estudo sobre o transporte de sólidos. *Relatório Técnico*. Porto Alegre: Secção de Hidrologia, 1958. 137 p.
- CENDRERO, A. La cartografía medioambiental. Geoenvironmental mapping: A Review. In: IV REUNIÓN NACIONAL DE GEOLOGIA AMBIENTAL Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO. Espanha: *Síntesis*, 1982. p. 23-52.
- CENDRERO, A. Técnicas e instrumentos de análisis para la evaluación, planificación y gestión del medio ambiente. *Série Opiniones*, Espanha, n. 5, p. 1-67, 1990.
- CHANLET, E. T. *Environmental Protection*. New York, McGraw Hill, 1973. 569 p.
- CHANTER, D. O., OWEN, D. F. Nature Reserves: A customer satisfaction index. *Oikos*, n. 27, p. 165-167, 1976.
- CHAPPELL, D. *Understanding ActiveX and OLE*. Washington: Microsoft Press. 1996. 328 p.
- CHEN, K. S., TZENG, Y. C., CHEN, C. F., KAO, W. L. Land-cover classification of multispectral imagery using a dynamic learning neural network. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Maryland, v. 61, n. 4, p. 403-408, April, 1995.
- CHRISTIAN, C. S., STEWART, G. A. Methodology of integrated survey. Aerial Surveys and Integrated studies. In: TOULOUSE CONFERENCE *Proceedings...* Paris: UNESCO, 1968. n. 1, p. 233-280.
- CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia*. São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 2. ed. 1980. 188 p.
- CHRISTOFOLETTI, A. *Modelagem de Sistemas Ambientais*. São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 1. ed. 1999. 236 p.
- CINTRA, J. P. Modelagem Digital de Terrenos. 1997. http://craee.ptr.usp.br/lrg/proj/s_mdt/abertura.htm.
- CINTRA, J. P., VEIGA, L. A. K. Considerações sobre o cálculo da declividade em MDT de malha regular. In: GIS BRASIL 98, CD-Rom. 1998.

- CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Ministério do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. *Resoluções CONAMA entre 1984 e 1992*. Brasília, 1993. 98 p.
- CORDANI, U. G., TAIOLI, F. A Terra, a humanidade e o desenvolvimento sustentável. In: TEIXEIRA, W. *et alii*, (orgs.), *Decifrando a Terra*. São Paulo: Oficina de Textos, 2000. p. 517-528.
- COULSON, R. N., LOVELADY, C. N., FLAMM, R. O., SPRADLING, S. L., SAUNDERS, M. C. Intelligent geographic information systems for natural resource management. TURNER, M. G.; GARDNER, R.H. In: *Quantitative methods in landscape ecology: the analysis and interpretation of landscape heterogeneity*. New York: Springer-Verlag, 1991. p. 153-72.
- CRÓSTA, A. P. *Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto*. ed. rev. Campinas, SP: IG/UNICAMP, 1992. 170 p.
- CRÓSTA, A. P. *Sensoriamento Remoto de alta resolução: nova ferramentas para monitoramento ambiental, urbano e de recursos naturais*. 1996a. p. 583-596.
- CRÓSTA, A. P. Século XXI em Alta Resolução. *Fator GIS*. Curitiba: Sagres, n. 15, p. 14-17, set/out., 1996b.
- CUNHA, S. B., GUERRA, A. J. T. Degradação Ambiental. In: *Geomorfologia e Meio Ambiente*. Bertrand Brasil, 1996. p. 337-379.
- DAER - Departamento Autônomo de Estradas e Rodagem. *Mapa Rodoviário do Estado do Rio Grande do Sul*. 1997. Mapa.
- DAVIDSON, D. A. *Application of Geographical Information Systems to land evolution: Course on land evolution*. Valencia: Palau de Pineda, 1992. 29 p.
- DAVIS, K. P. *Land Use*. New York: McGraw Hill, 1976. 230 p.
- DAVIS Jr., C. A., BORGES, K. A. V. Gis orientado a objetos na prática. In: GIS94, p. 18-28. maio, 1994.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS DE SANEAMENTO. *Planejamento Integrado dos Recursos Hídricos da Bacia do Rio Sapucaí*. 1985. 4 v.
- DETR. The Department of the Environment, Transport and Regions. *Indicators of Sustainable Development for the United Kingdom*. 1997. <http://www.environment.detr.gov.uk/epsim/indics/isdtheor.htm>.

- DIÁZ DE TERÁN, J. R. Estudio Geológico-ambiental de la franja costera Junquera-Castro Urdiales (Cantabria) y establecimiento de bases para su ordenación territorial. Espanha: *Tesis (Doctoral)*: Universidade de Oviedo/Facultad de Geología, 1985. 127 p.
- DILLENBURG, S. R. O Potencial de Preservação dos Registros Sedimentares do Sistema Depositional Barreira/Laguna IV no Estado do Rio Grande do Sul. In: 38º CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA. *Resumos...* Camboriú, SC. 1994. v. 1, p. 376-377.
- DILLENBURG, S. R., TOMAZELLI, L. J., LUMMERTZ, C. N. A Variabilidade Morfológica das Barreiras Costeiras Holocênicas do Estado do Rio Grande do Sul. *Geosul*, v. 14, n. 27, p. 204-207, 1998.
- DNAEE. *Glossário de termos hidrogeológicos*. Brasília: Ministério das Minas e Energia, 1976. 87 p.
- DONZELI, P. L., VALÉRIO FILHO, M., PINTO, S. A. Técnicas de sensoriamento remoto aplicadas ao diagnóstico básico para planejamento e monitoramento de microbacias hidrográficas. *Documentos IAC*, n. 29, p. 91-119, set., 1992.
- DURY, G.H. (org.). *Rivers and river terraces*. Londres: MacMillan & Co., 1970.
- DYER, M. I., VINOGRADOV, B. V. Le rôle des reserves de la biosphere dans l'étude des paysages et des écosystèmes. *Nature & Resources*, n. 26, v. 1, p. 19-28, 1990.
- ECOPLAN - Engenharia, Consultoria e Planejamento Ltda. Bacia Hidrográfica: Rio Camaquã. Elaboração de estudos, anteprojeto e projeto básico dos Polderes 1, 3 e 5 do baixo vale do Rio Camaquã, município de Camaquã, no Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Ministério da Irrigação Programa Nacional de Irrigação, Departamento Nacional de Obras de Saneamento. *Relatório Técnico*. 1987. 4 v. 51 p.
- ECOPLAN - Engenharia Ltda. Avaliação Quali-Quantitativa das Disponibilidades e Demandas de Água, na Bacia Hidrográfica do Rio Camaquã. Porto Alegre: Secretaria Executiva do CRH-RS. *Relatório Técnico. CD-Rom*. 1998.
- EL-SWAIFY, S. A., DANGLER, E. W. Rainfall erosion in the tropics: a state of art. In: KREBS, D. M. (ed.), *Determinants of Soil Loss Tolerance*. Madison: American Society of Agronomy, 1982. p. 1-25.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 3ª aproximação. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1988. 105 p.

- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Brasília: EMBRAPA Produção de Informação; Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 1999. 412 p.
- ESTON, M. R. O sistema de conservação da natureza no Japão e no Brasil. *In: 2º CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS. Anais...* São Paulo. 1992. p. 1041-1043.
- FACCINI, U., ASMUS, H. E., FENSTERSEIFER, H. C. Caracterização, diagnóstico e planejamento da bacia hidrográfica do rio Camaquã: metodologia e processo de integração de dados de um estudo multidisciplinar. *In: VI SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Geologia-SBG, *Boletim de Resumos Expandidos*, 1995. p. 327-329.
- FACCINI, U., ASMUS, M., ASMUS, H. E., FENSTERSEIFER, H. C., KONRAD, H. G., NOWATSKI, C. H. Metodologia e processo de integração de dados em um estudo multidisciplinar. *In: RONCHI, L.H e LOBATO, A.O.C. (orgs.). Minas do Camaquã: um Estudo Multidisciplinar. Capítulo*. São Leopoldo: Ed. UNISINOS, 2000. p. 263-272.
- FAMURS 2000. ICMS Ecológico: incentivos econômicos para a conservação dos recursos naturais. 1999a. 1 p. Disponível *on line* em <http://www.famurs.com.br/>
- FAMURS 2000. Licenciamento Ambiental: competência do município. 1999b.1 p. Disponível *on line* em <http://www.famurs.com.br/>
- FEDOROFF, N. Milieu naturel et aménagement du territoire. Inst. Nat. Agro., Grignon. *In: SÁNCHEZ DÍAZ, J.; JORDANA, C. R.; ESPINO, E. P. C.; RODRIGUES, C. S.* 1995. Cartografia del Potencial del Medio Natural Gran Canaria. *Memoria*, 1974. 165 p.
- FEDRA, K. GIS and Environmental Modeling. *In: GOODCHILD, M., PARKS, B, STEYAERT, L., Environmental modeling with gis*, New York: Oxford University Press, 1993. p. 35-50.
- FENSTERSEIFER, H. C., HANSEN, M. A. F. Caracterização, Diagnóstico e Planejamento da Bacia Hidrográfica do rio Camaquã. Área Temática Integrada - Aspectos Físicos, Geológicos, Geomorfológicos, Pedológicos, Climáticos e Cobertura Vegetal. *Relatório PADCT/FINEP*. 1996. v. I, 2. Parte, 168 p.
- FENSTERSEIFER, H. C., HANSEN, M. A. F. *Mapa das áreas de destaque ambiental, Bacia de Drenagem do Rio Camaquã. RS, Brasil*. Mapa na escala de 1:250.000, UNISINOS/PADCT-CIAMB., 1996a. Mapa (*inédito*).

- FENSTERSEIFER, H. C., HANSEN, M. A. F. *Mapa de densidade dos sistemas de fraturas, Bacia de Drenagem do Rio Camaquã. RS, Brasil.* Mapa na escala de 1:250.000, UNISINOS/PADCT-CIAMB., 1996b. Mapa (*inédito*).
- FENSTERSEIFER, H. C., HANSEN, M. A. F. A ordenação territorial da área de destaque ambiental Guaritas - Minas do Camaquã: uma proposta de planejamento Ambiental Integrado. *In: RONCHI, L. H e LOBATO, A. O. C. (orgs.). Minas do Camaquã: um Estudo Multidisciplinar. Capítulo.* São Leopoldo: Ed. UNISINOS. 2000. p. 273-305.
- FEPAM - Fundação Estadual de Proteção Ambiental (coord.). *Mapa de Usos e Cobertura do solo da Bacia Hidrográfica do rio Camaquã, RS, Brasil - 1996.* Convênio FEPAM/FNMA, Porto Alegre, 1 mapa 1:250.000.
- FEPAM - Fundação Estadual de Proteção Ambiental (coord.). *Atlas Temático da Bacia Hidrográfica do Rio Camaquã - RS.* Projeto "Bacia do Rio Camaquã", Convênio FEPAM/FNMA, Porto Alegre, 1998. 24 p. il., mapas. 1:500.000.
- FERRARI, C. *Curso de planejamento municipal integrado.* 2. ed. São Paulo: Livraria Pioneira Ed., 1979. 631 p.
- FERRARI, J. A., FRANCCAROLI, M. J., BAPTISTA FILHO, J. V., MARKER, A., CUNHA, R. C. A., GANDOLFO, O. C. R. Uso de sistema de informações geográficas (SIG) no gerenciamento de áreas contaminadas. *In: GIS BRASIL 96 - II CONGRESSO PARA USUÁRIOS DE GEOPROCESSAMENTO, 1996, Curitiba, Anais...* 1996. p. 249-260.
- FERRAZ, E. S. B. *et alii* (coords.) A Bacia Hidrográfica como Unidade de Estudo: estrutura e processos. *In: WORKSHOP DO PROJETO PIRACENA. Anais...* Piracicaba: CENA. 2:1996: Nazaré Paulista, SP, 1996, 194 p.
- FERRAZ, E. S. B. *et alii* (coords.) Banco de dados para Bacias Hidrográficas: discussão e formulação. *In: WORKSHOP DO PROJETO PIRACENA. Anais...* Piracicaba: CENA. 3:1996: Nazaré Paulista, SP, 1997, 176 p.
- FERREIRA, A. B. de H. *Novo Dicionário da Língua Portuguesa.* 1. ed. Rio de Janeiro: Ed. Nova Fronteira, 1975. 1499 p.
- FLAMM, R. O., TURNER, M. G. Alternative model formulations for a stochastic simulation of landscape change. *Landscape Ecology*, Amsterdam, v. 9, n. 1, p. 37-46, 1994.
- FOLK, R. L. The distinction between grain-size and mineral composition in sedimentary rocks nomenclature. *Journal of Geology*, Chicago, Illinois, 1954. v. 62, n. 4, p. 344-359.

- FOLK, R. L., WARD, W. C. Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, Tulsa, Okla, 1957. v. 27, p. 3-26.
- FORMAN, R. T. T., GODRON, M. *Landscape ecology*. New York: John Wiley and Sons, 1986. 619 p.
- FOUNIER, F. *Climat et érosion*. Paris: Presses Universitaires de France, 1960.
- FRAGOSO CESAR, A. R. S. Tectônica de Placas no Ciclo Brasileiro: as orogenias do cinturões Dom Feliciano e Ribeira no Rio Grande do Sul. *Tese (Doutorado)*, São Paulo: USP-Instituto de Geociências/Universidade de São Paulo 1991. 367f., (*Inédito*).
- FRAISSE, C. W., SUDDUTH, K. A., KITCHEN, N. R. Application of crop simulation models to precision agriculture in Missouri. *In: ENCONTRO INTERNACIONAL DA SOCIEDADE AMERICANA DE AGRONOMIA (ASA). Proceedings...* Anaheim, California, EUA. 1997.
- FRANZMEIER, D. P. Soil landscapes and erosion processes. *In: WORKSHOP OF SOIL EROSION AND PRODUCTIVITY, Proceeding...* St. Paul, Minnesota, 1990. p. 81-104.
- FRÓES, J. C., HANSEN, M. A. F., FENSTERSEIFER, H. C. *Mapa de produção municipal – 1990-1993, bacia de drenagem do rio Camaquã, RS, Brasil*. Mapa na escala de 1:250.000, UNISINOS/PADCT-CIAMB, 1996. Mapa (*inédito*).
- FUNATURA - Fundação Pró-natureza. *Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC). Aspectos conceituais e legais*. Brasília, 1992. 82 p.
- GALLOPIN, G. El ambiente humano y planificación ambiental. *Opiniones*, Fascículo del Medio Ambiente. Madrid: CIFCA, 1981. n. 1.
- GODFREY, A. E. A physiographic approach to land use planning. *Environmental Geology*, v. 2, n. 1, p. 43-50, 1977.
- GOERING, C. E. Recycling a concept. *Agricultural Engineering*, v. 65, n. 6, p. 25, nov., 1993.
- GOMÉZ OREA, D. El medio físico y la planificación. *Cuadernos del CIFCA*, Madrid: n.10, v. I/II, 1978.
- GOMÉZ OREA, D. *Ordenación del territorio - una aproximación desde el Medio Físico*. Madrid: Instituto Tecnológico GeoMinero de España/Ed. Agrícola Española, 1994. 238 p.

- GOODCHILD, M. F. Geographical information science. *International Journal on Geographical Informations Systems*, London, v. 6, n. 1, p. 31-45, 1992.
- GOODLAND, R. J. A., DALY, H. A., SERAFY, S. The urgent need for rapid transition to global environmental sustainability. *Environmental Conservation*, v. 20, n. 4, p. 297-309, 1993.
- GUERRA, A. T. *Dicionário geológico-geomorfológico*. Rio de Janeiro: IBGE, 1978. 446 p.
- HABIAGA, L. A. G. P., MADUREIRA, M. S. P. Utilização de sensoriamento remoto na análise ambiental de áreas urbanas na bacia de drenagem do rio Camaquã, no Estado do Rio Grande do Sul, *In: GIS BRASIL 96, Anais...*1996. p. 857-868.
- HACKETT, B. *Landscape Planning*. New York: Ortile Press, 1971. 232 p.
- HANSEN, M. A. F., FENSTERSEIFER, H. C. Caracterização, Diagnóstico e Planejamento da Bacia Hidrográfica do rio Camaquã. Considerações sobre a geomorfologia ambiental da bacia hidrográfica do rio Camaquã, RS, Brasil. *Relatório PADCT/FINEP*, São Leopoldo, 1996. v. II, 2. Parte, 104 p.
- HANSEN, M. A. F., FENSTERSEIFER, H. C. *Mapa de geomorfologia, bacia de drenagem do rio Camaquã. RS, Brasil*. Mapa na escala de 1:250.000, UNISINOS/PADCT-CIAMB, 1996a. Mapa (*inédito*).
- HANSEN, M. A. F., FENSTERSEIFER, H. C. *Mapa de hierarquia de canais, bacia de drenagem do rio Camaquã. RS, Brasil*. Mapa na escala de 1:250.000, UNISINOS/PADCT-CIAMB, 1996b. Mapa (*inédito*).
- HANSEN, M. A. F., FENSTERSEIFER, H. C. *Mapa de declividade, bacia de drenagem do rio Camaquã. RS, Brasil*. Mapa na escala de 1:250.000, UNISINOS/PADCT-CIAMB, 1996c. Mapa (*inédito*).
- HANSEN, M. A. F., FENSTERSEIFER, H. C. *Mapa de riscos de inundações, Bacia de Drenagem do Rio Camaquã. RS, Brasil*. Mapa na escala de 1:250.000, UNISINOS/PADCT-CIAMB, 1996d. Mapa (*inédito*).
- HANSEN, M. A. F., FENSTERSEIFER, H. C. *Mapa hipsométrico, bacia de drenagem do rio Camaquã. RS, Brasil*. Mapa na escala de 1:250.000, UNISINOS/PADCT-CIAMB, 1996e. Mapa (*inédito*).
- HANSEN, M. A. F., FENSTERSEIFER, H. C. *Mapa de modelagem tridimensional do relevo, bacia de drenagem do rio Camaquã. RS, Brasil*. Mapa na escala de 1:250.000, UNISINOS/PADCT-CIAMB, 1996f. Mapa (*inédito*).

- HANSEN, M. A. F., FENSTERSEIFER, H. C. *Mapa densidade de drenagens, bacia de drenagem do rio Camaquã. RS, Brasil.* Mapa na escala de 1:250.000, UNISINOS/PADCT-CIAMB, 1996g. Mapa (*inédito*).
- HANSEN, M. A. F., FENSTERSEIFER, H. C. *Mapa de distribuição granulométrica, bacia de drenagem do rio Camaquã. RS, Brasil.* Mapa na escala de 1:250.000, UNISINOS/PADCT-CIAMB, 1996h. Mapa (*inédito*).
- HANSEN, M. A. F., FENSTERSEIFER, H. C. *Mapa de declividade média, bacia de drenagem do rio Camaquã. RS, Brasil.* Mapa na escala de 1:250.000, UNISINOS/PADCT-CIAMB, 1996i. Mapa (*inédito*).
- HANSEN, M. A. F., FENSTERSEIFER, H. C. *Mapa de riscos de erosão, bacia de drenagem do rio Camaquã. RS, Brasil.* Mapa na escala de 1:250.000, UNISINOS/PADCT-CIAMB, 1996j. Mapa (*inédito*).
- HANSEN, M. A. F., FENSTERSEIFER, H. C. Caracterização edafopedológica da sub-bacia do arroio João Dias, como ferramenta de planejamento ambiental, Bacia Hidrográfica do Rio Camaquã, RS, Brasil. *In: RONCHI, L.H e LOBATO, A.O.C. (orgs.). Minas do Camaquã: um Estudo Multidisciplinar. Capítulo.* São Leopoldo: Ed. UNISINOS, 2000. p. 211-240.
- HANSEN, M. A. F., MACHADO, F. B. Sistema de Sedimentos. *Sedimentos, versão 3.1* Núcleo de Pesquisas Geológicas Antárticas - NPGA, 1994.
- HANSEN, U., SCHRADER, U. A modern model of consumption for sustainable society, *Journal of Consumer Policy*, 1997. v. 4, n. 20, p. 443-468.
- HAWLEY, A. H. *Man and Enviroment.* New York: The New York Times Co., 1974. 245 p.
- HEPNER, G. F., LOGAN, T., RITTER, N., BRYANT, N. Artificial neural network classification using a minimal training set: comparison to conventional supervised classification. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Maryland, v. 56, n. 4, p. 69-473, apr., 1990.
- HIDALGO, P. *Programas del plan de manejo de cuencas hidrográficas.* Mérida: Curso de Conservación y manejo de cuencas hidrográficas, abr.,1987.
- HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geological Society of America Bulletin*, v. 56, n. 3, p. 275-370, 1945.

- HOWELL, T. A., MEEK, D. W., PHENE, C. J., DAVIS, K. R., MCCORMICK, R. L. Automated weather data collection for research on irrigation scheduling. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, v. 27, n. 2, p. 386-391, 1984.
- IBAMA/GTZ. *Roteiro Metodológico para Planejamento de Unidades de Conservação de Uso Indireto*. Versão 3. Brasília, 1996.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Plano do Sistema de Unidades de Conservação do Brasil*. Segunda etapa, 1982. p. 11-26.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Dados Censitários Municipais*. 1998.
<http://www.censo.ibge.gov.br/estatistica/população/contagem/rscont97.shtm>.
- INMAN, D. L. Measures for describing the size distribution of sediments. *Journal of Sedimentary Petrology*, Tulsa, Okla, n. 27, p. 125-145, 1952.
- INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Departamento de Processamento de Imagens. *Manual de operação do SPRING versão.2.0.1*. São José dos Campos, SP. Out., 1996. URL:file:/home/spring/help.
- INTERIM MEKONG COMMITTEE. *Environmental impact assessment guide lines of application to tropical river basin development*. Bangkok, Mekong Secretariat, 1982. 123 p.
- IPAGRO - Instituto de Pesquisas Agronômicas. Seção de Ecologia Agrícola. *Atlas Agroclimático do Estado do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, 1989. v. II, il.: 296 mapas, 28 tab.
- IUCN – The World Conservation Union. *Estratégia mundial para a conservação da natureza*. Genebra, 1978. 72 p.
- JACKSON, R. D., SLATER, P. N., PINTER Jr., P. J. Discrimination of growth and water stress in wheat by various vegetation indices through clear and turbid atmospheres. *Remote Sensing of Environment*, v. 13, n. 3, p. 187-208, 1983.
- JENSEN, J. R. *Introductory digital image processing: a remote sensing perspective*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1996. 379 p.
- JOHANNSEN, C. J., SANDERS, J. L. (eds.). *Remote sensing for resource management*. Ankeny: *Soil Conservation Society of America*, 1982. 665 p.
- JUCHEM, P. L. Sedimentação deltaica do rio Camaquã, RS, Brasil. *Atlântica*. Rio Grande: FURG, v. 5, n. 2, p. 63, 1982.

- KAM, T. S. Integrating GIS and remote sensing techniques for urban land-cover and land-use analysis. *Geocarto International*, v. 10, n. 1, p. 39-49, mar, 1995.
- KOFFLER, N. F., OLIVETTI, G. S., ANTONELLO, S. L. SAMPA 2.0 – Um SIG para o planejamento do uso da terra rural. *In: GIS BRASIL 96. Anais...* 1996. p. 341-351.
- KONRAD, H., MIRANDA, J. *Mapa de pontos de amostragens de água, bacia de drenagem do rio Camaquã. RS, Brasil.* Mapa na escala de 1:250.000, UNISINOS/PADCT-CIAMB, 1996. Mapa (*inédito*).
- KONRAD, H. G., NAEHER, N. I. P. (coord.). Aspectos Biológicos, Físicos e Químicos da Água. Projeto Caracterização, Diagnóstico e Planejamento da Bacia de Drenagem do Rio Camaquã. UNISINOS/FINEP/PADCT, *Relatório Técnico*, 1996. v. 1. 3. parte, 333 p. (*inédito*).
- KRUGLINSKI, D. J., WINGO, S., SHEPHERD, G. *Programming Microsoft Visual C++*. 5. ed. Washington: Microsoft Press, 1998, 1153 p.
- LANNA, A. E. L. Gerenciamento ambiental de bacia hidrográfica: conceitos e perspectivas no Brasil. *In: 10º SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO CONE SUL*, 1993, Gramado. *Anais...* Porto Alegre: ABRH, 1993a. v. 1, p. 442-451.
- LANNA, A. E. L. Gestão dos Recursos Hídricos. *In: TUCCI, C. E. M. (org.). Hidrologia: Ciência e Aplicação*. Porto Alegre: Ed. da Universidade, ABRH: EDUSP, 1993b, v. 4. p. 729-768. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos).
- LANNA, A. E. L. Aspectos ambientais do gerenciamento dos recursos hídricos no Brasil. *In: 1º SEMINÁRIO DE QUALIDADE DE ÁGUAS CONTINENTAIS NO MERCOSUL*, 1994. Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: ABRH, 1994. p. 189-228.
- LANNA, A. E. L. *Gerenciamento de Bacia Hidrográfica: aspectos conceituais e metodológicos*. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 1995. 171 p.
- LANNA, A. E. *Organização do processo de planejamento para a gestão das águas*. Brasília: Centro Integrado de Ordenamento Territorial – CIORD/UnB, Pós-graduação em Gestão Ambiental e Ordenamento Territorial, 1997. 31 p. (mimeo).
- LANNA, A. E. L. Instrumentos de Gestão das Águas: Visões laterais. *In: CHASSOT, A., CAMPOS, H. (orgs). Ciências da Terra e Meio Ambiente: diálogos para (inter) ações no Planeta*. São Leopoldo: Ed. UNISINOS, 1999. 284 p. p. 231-247.
- LANNA, A. E. A inserção da Gestão das Águas na Gestão Ambiental. *In: MUÑOZ, H.R*

- (org.). *Interfaces da Gestão de Recursos Hídricos: desafio da lei de águas de 1997*. 2. ed. *Capítulo*. Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos. 2000. p. 75-109.
- LANNA, A. E. L. CÁNENA, E. M. GRASSI, L. A. DOBROVOLSKI, R. Sistemas de gerenciamento de recursos hídricos - conceitos, críticas e recomendações. *Boletim Informativo*. Associação Brasileira de Recursos Hídricos, n. 41, p. 4-7, nov/dez., 1990.
- LAYBAUER, L. Análise das transferências de metais pesados em águas e sedimentos fluviais na região das Minas do Camaquã, RS. *Dissertação (Mestrado)*. Porto Alegre: UFRGS, II. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Curso de Pós-Graduação em Geociências, 1995. 164 p. il.
- LAYBAUER, L., BIDONE, E. D. Gradientes espaciais e distribuição sazonal das concentrações de metais pesados nas águas fluviais da região das Minas do Camaquã, RS. 39º CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 1996. *Anais...* Salvador: Sociedade Brasileira de Geologia - SBG, 1996, v. 2, p. 194-197.
- LAYBAUER, L., BIDONE, E. D., NARDI, L. V. S. Fluvial heavy metal contamination in the Camaquã Copper Mine region, Southern Brazil: an approach based on natural and anthropogenic metal flow component segregation. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro: AAB, 1996, v. 68, n. 2, p. 292.
- LAYBAUER, L., NARDI, L. V. S., BIDONE, E. D. Influência da mineração no incremento e na disponibilidade geoquímica de cobre nos sedimentos superficiais das Minas do Camaquã, RS. *In: 39º CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 1996. Anais...* Salvador: Sociedade Brasileira de Geologia - SBG, 1996. v. 2, p. 191-194.
- LEE, D. R., SALE, G. T. A method of measuring shape. *Geographical Review*, 1970. v. 4, p. 555-563.
- LEINDECKER, D. T. Uma experiência de Reforma Agrária: banhado do colégio. Município de Camaquã, RS, 1962. *Revista de História*, Porto Alegre, 1987. v. 1, p. 55-76.
- LEISINGER, K. M. Sustainable development at the turn of the century: perceptions and outlook. *International Journal of Sustainable Development*, 1998. v. 1, n. 1, p. 73-98.
- LEMOS, R. V. *et alii*. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul. Recife: EMBRAPA, Departamento Nacional de Pesquisas Agropecuária/Divisão de Pesquisa Pedológica, *Boletim Técnico*. 1973. n. 30, 431 p.
- LEPSCH, I. F., BELLINAZI Jr., R., BERTOLINI, D., ESPÍNDOLA, C. R., *Manual para Levantamento Utilitário do Meio Físico e Classificação de Terras no Sistema de*

- Capacidade de Uso*. 2. ed. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991. 175 p.
- LESER, H., RODD, H. Landscape ecology - fundamentals, aims and perspectives. In: ESSER, G., OVERDIECK, D. *Modern Ecology*, Amsterdam: Elsevier, 1991. p. 831-844.
- LINSTONE, H. A., TUROFF, M. (eds.). *The Delphi Method - Techniques and Applications*. Reading: Addison-Wesley Publishing Co. Inc., 1975. 620 p.
- LISELLA, F. S. *Environmental health planning guide*. Geneva: DIS/EHE Unit, WHO, 1977. 64 p.
- LOBÃO, S. M. F. Entradas de fotografias aéreas coloridas de médio formato em SIG (*compact disc*). In: 8º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 1996. Salvador: 1996. *Anais...* São José dos Campos: INPE.
- LORANDI, R., GONÇALVES, A. R., BERTEI, S. R. *Mapa de solos, Bacia de Drenagem do Rio Camaquã. RS, Brasil*. Mapa na escala de 1:250.000, UNISINOS/PADCT-CIAMB, 1996. Mapa (*inédito*).
- MARBLE, D. F., PEUQUET, D. J., BOYLE, A. R., BRYANT, H. W., CALKINS, H. W., JOHNSON T., ZOBRIST, A. Geographic Information Systems and Remote Sensing. In: COLWELL, R. N. *The manual of remote sensing falls church*. 1983. v. 1, n. 22, p. 923-958.
- MARTINS, L. R. Influência das Variações Holocênicas do Nível Relativo do Mar na Costa Leste, Sudeste e Sul do Brasil. In: *El manejo de ambientes y recursos costeros en america latina y el caribe*. Departamento de Assuntos Científicos y Tecnológicos, Organización dos Estados Americanos - OEA. Washington D.C., 1993. v. 2, p. 97-112.
- MATEO, J., MAURO, A. *Análise da paisagem como base para uma estratégia de organização geoambiental*. Rio Claro, 1994. 48 p.
- MCCANN, B. L., PENNOCK, D. J., VAN KESSEL, C. The development of management units for site specific farming. In: 3º INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 1996. Minneapolis, 1996. *Proceedings...* Madison: ASA/CSSA/SSSA, 1996. p. 295-302.
- MEIS, M. R. M., COELHO NETTO, A. C., OLIVEIRA, P. T. T. M. Ritmo e variabilidade das precipitações no vale do rio Paraíba do Sul, *Revista de Hidrologia e Recursos Hidricos*, n. 3, p. 43-56, 1981.

- MEISELS, A., RAIZMAN, S., KARNIELI, A. Skeletonizing a DEM into a Drainage network. *Computers and Geosciences*, v. 21, n. 1, p. 187-196, jan., 1995.
- MELTON, M. A. Na analysis of the relations among elements of climate, surface properties and geomorphology. *Technical Report*, Columbia University/Department of Geology, v. 11, 1957.
- MELTON, M. A. Geometric properties of mature drainage systems and their representation in na E₄ phase space. *Journal of Geology*, 1958, n. 66, v. 1, p. 35-56.
- MELTON, M. A. Methods of measuring the effect of environmental factors on channel proprieties. *Journal of Geophysical Research*, 1962, n. 67, p. 1485-1490.
- MENDES, C. A. B. Integração de Modelos Hidrológicos e Sistemas de Informações Geográficas: fundamentos. RBRH - *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 1, n. 1, p. 49-54, jan/jun., 1996.
- MICROSOFT. *Obtendo resultados com o Microsoft Office 97: Soluções práticas para execução de suas tarefas*. 1. ed. Ed. Microsoft, 1997. 716 p. il.
- MILANO, M. S. *Unidades de Conservação: Conceitos e Princípios de Planejamento e Gestão*. Curitiba: FUPEF, 1989. 64 p.
- MILLER, K.L. *Em busca de um novo equilíbrio. Diretrizes para aumentar as oportunidades de conservação da biodiversidade por meio do manejo biorregional*. Brasília, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, 1997. 94 p.
- MILLER, V. C. A quantitative geomorphic study of drainage basins characteristics in the Clinch Mountain area. *Technical Report*, Columbia University/Department of Geology, n. 3, 23 p., 1953.
- MMA - Ministério do Meio Ambiente. Pesquisa na Base de Dados da Legislação Federal Ambiental. 1999. Brasília: Disponível *on line* em <http://www2.ma.gov.br/scripts/port/cgmi/lfa/lfa.idc/>
- MOLDAN, B., CERNY, J. *Biogeochemistry of Small Catchments*. Chichester, John Wiley & Sons, 1994.
- MORAIS, E. J. de. *Navegação interior do Brasil*. Rio de Janeiro. 1894. 24 p.
- MUNIZ, P. B., PEDEBOS, J. R. H. *A drenagem do rio Camaquã*. Porto Alegre: UFRGS, 1980. 65 f., mapas.

- MYERS, N. *El Atlas Gaia de La Gestión del Planeta. Para quienes cuidan hoy el mundo del mañana*. Espanha: Hermann Blume. 1987. 272 p.
- MYERS, W. L., EVANS, B. M., BAUMER, G. M., HEIVLY, D. Synergism between human interpretation and digital pattern recognition in preparation of thematic maps. *Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. Amsterdam, 1989. v. 44, p. 85-96.
- NEMEROW, N. L. *Industrial Water Pollution*. Addison-Wesley, 1978.
- NEVES, N., CONDESSA, B. Projetos de investigação em curso no centro nacional de informação geográfica. In: *GIS BRASIL 96, Anais...* 1996. p. 217-226.
- OBARA, A. T. Unidades de Conservação: Conceitos e princípios de planejamento. Aula de Qualificação de Doutorado. UFSCar, São Carlos, 1994. 29 p.
- OLIVEIRA, A. M. S. Depósitos tecnogênicos associados à erosão atual. In: 6º CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 1990. Salvador. *Atas...* ABGE, 1990. v. 1, p. 411-415.
- OLIVEIRA, S. M. de, GOULART, G., FENSTERSEIFER, H. C. *Mapa de cobertura vegetal, bacia de drenagem do rio Camaquã. RS, Brasil*. Mapa na escala de 1:250.000, UNISINOS/PADCT-CIAMB, 1996. Mapa (*inédito*)
- OLSEN, E. R., RAMSEY, R. D., WINN, D. S. A modified fractal dimension as a measure of landscape diversity. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, v. 59, n. 10, p.1517-1520, 1993.
- O'NEILL, R. V., KRUMMEL, J. R., GARDNER, R. H., SUGIHARA, G. *et alii*. Indices of landscape pattern. *Landscape ecology*, Amsterdam, v. 1, n. 3, p. 153-62, 1988.
- ONU - Organização das Nações Unidas. Centro de Informação das Nações Unidas no Brasil – Rio de Janeiro. *Agenda 21: resumo da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento*. 1992, Rio de Janeiro: ONU-Cinub, 1993. 45 p.
- OTT, W. R. *Environmental Indices: Theory and Practice*. Michigan: *Ann Arbor Science*, 1978.
- PAICE, M. E. R., MILLER, P. C. H., DAY, W. Control requirements for spatially selective herbicide sprayers. *Comp. Electron. in Agriculture*, 1996. n. 14, p. 163-167.
- PELOGGIA, A. U. G. A ação do homem enquanto ponto fundamental da geologia do tecnógeno: proposição teórica básica e discussão acerca do caso do município de São Paulo. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 27, n. 3, p. 257-268, 1997.

- PEREIRA, C. A. A. O., NOGUEIRA, W. J., LOVETT, M. Sistema de informações da agência de bacia do rio das Velhas. *In: GIS BRASIL 98, CD-Rom*. 1998.
- PESTANA, M. H. D., FORMOSO, M. L. L., TEIXEIRA, E. C. Heavy metals in stream sediments from copper and gold mining areas in southern Brazil. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE*. sept. 1995, *Proceedings...* Hamburg: Heavy Metals in the Environment. 1995. v. 1, p. 307-310. II.
- PETTIJOHN, F. J. *Rocas Sedimentarias*. 3. ed. Ed. EUDEBA. 1976, 731p.
- PICKETT, S. T. A., CADENASSO, M. L. Landscape ecology: spatial heterogeneity in ecological systems. *Science*, v. 269, p. 331-334, 1995.
- PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. *Relatório sobre o desenvolvimento humanos no Brasil*. Resumo, 1996.
- RAMALHO FILHO, A., PEREIRA, E. G., BEEK, K. J. *Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras*. SUPLAN/EMBRAPA, Brasília, 1978.
- RAMBO, B. *A fisionomia do Rio Grande do Sul - Ensaio de monografia natural*. 2. ed. Porto Alegre: Selbach, 1956. 395 p.
- RASH, H. Mapping of vegetation, land cover, and land use by satellite: experience and conclusions for future project applications. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Maryland, v. 60, n. 3, p. 265-271, mar., 1994.
- REBOUÇAS, A. da C. Águas Doce no Mundo e no Brasil. *In: REBOUÇAS, A. da C., BRAGA, B., TUNDISI, J.G. (orgs.). Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. São Paulo: Escrituras Ed., 1999. p. 1-37.
- RECATALÁ, L. *Propuesta metodologica para planificación de los usos del territorio y evaluación de impacto ambiental en el ámbito mediterráneo valenciano*. Tesis (Doctoral). Valência: Universitat de Valencia/Facultad de Ciencias Biologicas, 1995. 173 p.
- RESENDE, M., CURI, N., RESENDE, S. B. DE, CORRÊA, G. F. *Pedologia: base para distinção de ambientes*. Viçosa: NEPUT, 1995. 304 p.
- RICHARDS, J. A. *Remote sensing digital image analysis: an introduction*. Berlin : Springer-Verlag, 1986. 315 p.
- RIO GRANDE DO SUL. Conselho de Recursos Hídricos do Rio Grande do Sul. Secretaria das Obras Públicas, Saneamento e Habitação. Política Estadual de Recursos Hídricos. *Lei*

- n° 10.350 de 30 de dezembro de 1994. Porto Alegre: Secretaria Executiva do CRH-RS, 1996. n. 9: 29 p.
- RIO GRANDE DO SUL. Fundação de Economia e Estatística Siegfried Emanuel Heuser. Conselho de Planejamento. *Anuário Estatístico do Rio Grande do Sul 1998*. Porto Alegre: Secretaria da Coordenação e Planejamento do Governo do Estado do Rio Grande do Sul, 1998. CD-Rom.
- RIO GRANDE DO SUL. Fundação do Meio Ambiente. 1999. Porto Alegre: FEPAM/RS. Disponível *on line* em <http://www.fepam.rs.gov.br/>.
- RITTER, P. A. Vector-based slope and aspect generation algorithm. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, v. 53, n. 8, p. 1109-11, aug., 1987.
- ROBBINS, B. D., BELL, S. S. Eagrass landscapes: a terrestrial approach to the marine subtidal environment. *Tree*, v. 9, n. 8, p. 301-304, 1994.
- RONCHI, L. H., BAECKER, C. A., MARTINS, J. Avaliação do estado da qualidade das águas e da contaminação dos sedimentos recentes do arroio João Dias após o encerramento das atividades das Minas do Camaquã - RS. In: RONCHI, L. H e LOBATO, A. O. C. (orgs.). *Minas do Camaquã: um Estudo Multidisciplinar. Capítulo*. São Leopoldo: Ed. UNISINOS. 2000. p. 241-259.
- RONCHI, L. H., STRÖBER, E. R., LOBATO, A. O. C., HANSEN, M. A. F. Ecoturismo, uma alternativa para a região das Minas do Camaquã. In: RONCHI, L. H e LOBATO, A. O. C. (orgs.). *Minas do Camaquã: um Estudo Multidisciplinar. Capítulo*. São Leopoldo: Ed. UNISINOS, 2000. p. 307-316.
- ROSÁRIO, A. M., BRENNSEN, M. A. Projeto de monitoramento de Bacias Hidrográficas através do emprego de tecnologia de geoprocessamento - Sistema de Informações Geográficas. *Revista SANARE, Revista Técnica da SANEPAR*, v. 2, n. 2, p. 21-24, out, nov, dez., 1994.
- ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. *Revista do Departamento de Geografia, FFLCH-USP*, 1992. n. 6, p. 17-29.
- ROSS, J. L. S. Geomorfologia Ambiental. In: CUNHA, S. B.da, GUERRA, A. J. T. (orgs.). *Geomorfologia do Brasil*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998. p. 351-388.
- ROTHMAN, D. S. Environmental Kuznets curves - real progress or passing the buck? A case for consumption-based approaches, *Ecological Economics*, n. 25, p. 177-194, 1998.

- ROUGHARDEN, J., RUNNING, S. W., MATSON, P. A. What does remote sensing do for ecology? *Ecology*, New York, v. 72, n. 6, p.1918-1922, dec., 1991.
- SACHS, I. *Ecodesenvolvimento, crescer sem destruir*. São Paulo: Ed. Revista dos Tribunais. 1986. 207 p.
- SACHS, I. *Estratégias de transição para o século XXI: desenvolvimento e meio ambiente*. São Paulo: Studio Nobel e Fundação de Desenvolvimento Administrativo - FUNDAP, 1993. 148 p.
- SAHOP. *Glossário de términos sobre asentamientos humanos*. México: Comision Ed. de la Subsecretaria de Asentamientos Humanos, 1978. 175p.
- SALATI, E., LEMOS, H. M de, SALATI, E. Águas e o Desenvolvimento Ambiental. In: REBOUÇAS, A. da C., BRAGA, B., TUNDISI, J. G. (orgs.). *Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. São Paulo: Escrituras Ed., 1999. p. 39-64.
- SANCHEZ, M. C., GERARDI, L. H. O. Fotointerpretação e quantificação para avaliação de transformações no uso da terra. *Geografia*, v. 15/16, n. 8, p. 143-150, out., 1983.
- SANTOS, A. P. dos, NIERO, M., LOMBARDO, M. A. *Interpretação de dados de sensoriamento remoto no uso da terra*. São José dos Campos: INPE, 1980. 318 p.
- SANTOS, I. *Textos selecionados de métodos e técnicas de pesquisa científica*. 2. ed. Rio de Janeiro: Impetus, 2000. 288p.
- SARGENT, R. J. Telemetry for a flood prevention scheme. *Water Pollution Control*, v. 85, n. 2, p. 153-159, 1986.
- SAWYER, D. R. Agricultural growth, sustainability and poverty alleviation in the Brazilian Amazon In: *Agricultural growth, sustainability and poverty alleviation in the Brazilian Amazon* : Johns Hopkins University Press, 1997. p.179-190.
- SCHOWENGERDT, R. A. *Techniques for image processing and classification in remote sensing*. Orlando: Academic Press, 1983. 249 p.
- SCHUBART, H. O. R. O zoneamento ecológico-econômico como instrumento para o desenvolvimento sustentável da Amazônia. In: D'INCAO, M. A., SILVEIRA, I. M. (orgs.). *A Amazônia e a crise da modernização. Capítulo...* Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi. 1994. p. 493-500.
- SCHUBART, H. O. R. O zoneamento ecológico-econômico e a gestão dos recursos hídricos. In: MUÑOZ, H. R (org.). *Interfaces da Gestão de Recursos Hídricos: Desafio da lei de águas de 1997*. 2. ed. *Capítulo...* Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos, 2000. p. 155-

175.

- SCHUMM, S. A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands of Perth Amboy, *Geological Society, American Bulletin*, n. 67, p. 597-646, 1956.
- SELDEN, M. *et alii. Studies in environment*. EPA 600/5 – 73 – 012^a, Washington D.C.: EPA, 1973. 113 p.
- SEMMELMANN, F. R., BORDAS, M. P., LANNA, A. E. Afinidade e semelhança de composições de material do leito e dos sedimentos fluviais em escoamento. *In: 8º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS*, 1989. Foz do Iguaçu, *Anais...* São Paulo: ABRH, 1989. v. 2, p. 392-398.
- SHANDLEY, J., FRANKLIN, J. Testing the Woodcock-Harward image segmentation algorithm in an area of southern California chaparral and woodland vegetation. *International Journal of Remote Sensing*, London, v. 17, n. 5, p. 983-1004, 1996.
- SHEPARD, F. P. Nomenclature based on sand-silty-clay rations. *Journal of Sedimentary Petrology*, Tulsa, Okla, v. 24, n. 3, 1954.
- SILVA, L. L. da. *Ecologia: manejo de áreas silvestres*. Santa Maria, 1996.
- SILVA, F., CAYE, C. E. *Lista de Aves*. Porto Alegre: Museu de Ciências da PUC, 1992. 28 p. il.
- SILVA, S., LOCH, C. Potencialidades da interpretação visual e digital de imagens orbitais na atualização do cadastro técnico rural multifinalitário. *In: 1º CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO - 1º COBRAC. Anais...* Florianópolis: UFSC/CTC, Engenharia Civil; Grupo de Trabalho de Cadastro Técnico Multifinalitário. Tomo I: CTMR, p. 46-50, ago., 1994.
- SILVA T. C. da. Zoneamento geoambiental dos Cerrados. *In: I Simpósio Ambientalista no Cerrado*. Goiana, 14 a 17 de novembro de 1995. *Contribuições para um novo modelo de desenvolvimento*. Centro de Estudos Regionais, CRE, UFG, 1995. p. 15-26.
- SILVEIRA, A. L. L. da. Ciclo Hidrológico e Bacia Hidrográfica. *In: TUCCI, C. E. M. (org.). Hidrologia: Ciência e Aplicação*. Porto Alegre: Ed. da Universidade, ABRH, EDUSP, 1993. v. 4. p. 35-51. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos).
- SIMÕES LOPES, M. O. Barragem do arroio Duro CEOI, estudo sobre modelo reduzido do descarregador de superfície. *1º Relatório Preliminar*. Porto Alegre: IPH/UFRGS, 1958. 11 f. il.
- SINGH, V. P. *Computer Models of Watershed Hydrology*. Boulder: Water Resource

- Publications, 1995.
- SKROCH, L. S. D., VIEIRA, A. J. B. Utilização do sistema CARIS para geração e manipulação de modelos digitais de altitude. *In: GIS BRASIL 98, CD-Rom*. 1998.
- SOLIANI Jr., E. *Os dados geocronológicos do Escudo Sul-Rio-Grande e suas implicações de ordem geotectônica*. Tese (Doutorado), São Paulo: Universidade de São Paulo/Instituto de Geociências, 1986. 425 f. (inédito).
- SOUZA, M. P. Metodologia de cobrança sobre os usos da água e sua aplicação como instrumento de gestão. Tese (Doutorado), São Paulo: Universidade de São Paulo/Faculdade de Saúde Pública de São Paulo, 1993. 175 p. (inédito).
- SOUZA, I. S. T. de, PITTHAN, R. O., MEDINA, A. I. de M., ARAÚLO, P. M. C. de. Manejo Integrado de Sub-bacias Hidrográficas: um modelo de planejamento ambiental. *A Água em Revista*, CPRM, ano III. n. 4, p. 59-66, 1995.
- SPANGENBERG, J. H., BONNIOT, O. Sustainability Indicators - A Compass on the Road Towards Sustainability. *Wuppertal Paper*, n. 81, 24 p. feb., 1998.
- STEINITZ, S. *The interaction between urbanization and land - Quality in environmental planning and design*. RANN, Program/National Science Foundation. Harvard University Press. 1974. 137 p.
- STONE, W. Data Summary. *American Society of Photogrammetry and Remote Sensing*. Bethesda, Md, p. 19-28, 1996.
- STRAHLER, A. N. Hypsometric (area-altitude) analysis of an erosional topography. *Geological Society, American. Bulletin*, v. 38, p. 1117-1142, 1952.
- SWAIN, P. H., DAVIS, S. M. *Remote sensing: the quantitative approach*. New York: McGraw-Hill, 1978. 395 p.
- TABACZENSKI, R. R., SOUZA, M. P., ROMA, W. N. L. A utilização do sistema de informações geográficas para o macrozoneamento ambiental. *In: GIS BRASIL 96 - II CONGRESSO PARA USUÁRIOS DE GEOPROCESSAMENTO*, 1996. *Anais...* Curitiba: 1996. p. 273-282.
- TAJIMA, M. *Pollution Load Analysis. The Study on the Environmental Management of the Hydrographic Basin of Patos and Mirim Lakes in the Federative Republic of Brazil. Water Quality Management Planning*. JICA Study Team. Tokio, Japan, 1999. 121 p. (inédito).

- TARDIVO, R., GARDIOL, M. Cartografia digital y percepción remota aplicado al estudio de cuencas hidricas en Santa Fe, Republica Argentina. *In: GIS BRASIL 96. Anais...* 1996. p. 283-289.
- TEIXEIRA JR., L. A. da R. Sistema de informações ambientais georeferenciadas: instrumento à gestão ambiental integrada. *In: GIS BRASIL 98. CD-Rom.* 1998.
- TELLES, D. A. Água na Agricultura e Pecuária. *In: REBOUÇAS, A. da C., BRAGA, B., TUNDISI, J.G. (orgs.). Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação.* São Paulo: Escrituras Ed., 1999. p. 305-338.
- TER-STEPANIAN, G. Beginning of the Technogene. *Bulletin I.A.E.G.*, n. 38, p. 133-142, 1988.
- TIMMONS, J. F. *Aspectos econômicos do manejo dos recursos naturais aplicado ao uso do solo e da água na agricultura brasileira.* Brasília: Secretaria Nacional de Produção Agropecuária/Secretaria de Recursos Naturais, 1985, 35 p.
- TOWNSHEND, J. Geoprocessing technologies for environmental analysis planning and monitoring. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO, 1990, Anais...* São Paulo: EPUSP, 1990. p. 109-117.
- TRICART, J. *Principes et Méthodes de la Geomorphologie.* Paris: Masson et Cie. 1965.
- TROIAN, F. L., HANSEN, M. A. F., FENSTERSEIFER, H. C. *Mapa de áreas de licenciamento e pesquisa mineral, bacia de drenagem do rio Camaquã - 1996. RS, Brasil.* Mapa na escala de 1:250.000, UNISINOS/PADCT-CIAMB, 1996. Mapa (inédito).
- TUCCI, C. E. M. Estimativa do Volume para Controle da Drenagem no Lote. *In: SEMINÁRIO NACIONAL DE DRENAGEM URBANA. Anais...* Curitiba: ABRH, 1997.
- TUCCI, C. E. M. (org.). *Hidrologia: ciência e aplicação.* 2. ed., Porto Alegre: Ed. da Universidade, UFRGS: ABRH, 2000, 943 p.
- TURNER, M. G. Spatial and temporal analysis of landscape patterns. *Landscape Ecology*, Amsterdam, v. 4, n. 1, p. 21-30, 1990.
- TURNER, M. G., DALE, V. H., GARDNER, R. H. Predicting across scales: theory development and testing. *Landscape Ecology*, Amsterdam, v. 3, n. 3/4, p. 245-252, 1989.
- TUROFF, M., HILTZ, S. R. *Computer Based Delphi Processes.* <http://www.tcdc.com/dmeths/dmeth5b.html>, 2000.

- UCGIS - University Consortium for Geographical Information Science. Research priorities for Geographic Information Science. *Cartography and Geographic Information Systems*, v. 23, n. 3, p. 115-127. Il., 1996.
- UDDEN, J. A. Mechanical composition of clastic sediments. *Geological Society American, Bulletin*, v. 25, p. 655-744, 1914.
- UNEP - United Nations Environment Programme. *Global Environment Outlook 2000*. London: Earthscan, 1999.
- UNESCO. *Introduction to the Use of Geographic Information Systems for Practical Hydrology*. Paris, 1994. 243 p.
- UNITED NATIONS. *Agenda 21: Programme of Action for Sustainable Development*. New York: United Nations, 1994.
- UNITED NATIONS. *Earth Summit +5, Programme for the Further Implementation of Agenda 21*. New York: United Nations, 1997.
- VAN RIET, W. ., COOKS, J. An ecological planning model. USA, *Environmental Management*, n. 14, p. 339-348, 1990.
- VARELA, E. *Aporte al ordenamento territorial desde las experiencias de la red nacional de cooperación para el ordenamento y manejo de cuencas hidrográficas – RENORDE*. Ordenamento Territorial. Conceptualización y Orientaciones: hacia um lenguaje comum. Bogotá, Colombia: Comission de Ordenamento Territorial. 1992. p. 157-169.
- VIEMANN, Jr., W., KNAPP, J. W., LEWIS, G. L., HARBAUGH, T. E. *Introduction to hydrology*. New York: Intext Educational, 1977.
- VILLELA, S. A., MATTOS, A. *Hidrologia aplicada*. 1. ed. São Paulo: Mc. Graw-Hill do Brasil, 1975. 243 p.
- VILLELA, S. M., MATTOS, A. *Hidrologia aplicada*. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1977. 245 p.
- VILLWOCK, J. A. *Contribuição a Geologia do Holoceno da Província Costeira do Rio Grande do Sul*. Dissertação (Mestrado), Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS/ Instituto de Geociências/Curso de Pós-Graduação em Geociências. 1972. 216 p. (Inédito).
- VILLWOCK, J. A., TOMAZELLI, L. J. Sea-level changes and holocen evolution in the Rio Grande do Sul coastal plain, Brazil. Special Publication 1, *In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON GLOBAL CHANGES IN SOUTH AMERICA DURING THE*

- QUATERNARY, CONGRESSO BRASILEIRO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO (ABEQUA), 8 -12 Maio. *Proceedings...* Rio de Janeiro, São Paulo, 1989. p. 192-196.
- VILLWOCK, J. A., TOMAZELLI, L. J. Holocene coastal evolution in Rio Grande do Sul, Brazil. *Quaternary of South America and Antartic Peninsula*. Rotterdam: A.A. Balkema, n. 11 p. 283-296, 1998.
- WENTHWOTH, C. K. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal of Geology*, New York: n. 30, p. 377-392, 1922.
- WIENS, J. A. Population response to patchy environments. *Annual Review of Ecological Systems*, v. 7, p. 81-129, 1976.
- WOODCOCK, C. E., HARWARD, V. J. Nested-hierarchical scene models and image segmentation. *International Journal of Remote Sensing*, London, v. 13, n. 16, p. 3167-3187, 1992.
- WORLD BANK. *Environmental considerations for the industrial development sector*. Washington D.C.: Office of Environmental Health Affairs, 1978. 86 p.
- WORLD BANK. *Expanding the Measure of Wealth..* Washington D.C.: Office of Environmental Health Affairs, 1997. 86 p.
- XAVIER DA SILVA, J. Geoprocessamento e análise ambiental. *Revista Brasileira de Geografia*, v. 54, p. 47-61, 1992.
- ZELTZER, F. (coord.) *Caderno de educação ambiental: diagnóstico ambiental da bacia de drenagem do rio Camaquã*. São Leopoldo: UNISINOS, 1996. 60 p.